

ISSN 2072-0297

# МОЛОДОЙ УЧЁНЫЙ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ



22 2019  
ЧАСТЬ I

16+

# Молодой ученый

## Международный научный журнал

### № 22 (260) / 2019

Издается с декабря 2008 г.

Выходит еженедельно

*Главный редактор:* Ахметов Ильдар Геннадьевич, кандидат технических наук

*Редакционная коллегия:*

Ахметова Мария Николаевна, доктор педагогических наук  
Иванова Юлия Валентиновна, доктор философских наук  
Каленский Александр Васильевич, доктор физико-математических наук  
Куташов Вячеслав Анатольевич, доктор медицинских наук  
Лактионов Константин Станиславович, доктор биологических наук  
Сараева Надежда Михайловна, доктор психологических наук  
Абдрасилов Турганбай Курманбаевич, доктор философии (PhD) по философским наукам (Казахстан)  
Авдеюк Оксана Алексеевна, кандидат технических наук  
Айдаров Оразхан Турсункожаевич, кандидат географических наук (Казахстан)  
Алиева Тарана Ибрагим кызы, кандидат химических наук (Азербайджан)  
Ахметова Валерия Валерьевна, кандидат медицинских наук  
Брезгин Вячеслав Сергеевич, кандидат экономических наук  
Данилов Олег Евгеньевич, кандидат педагогических наук  
Дёмин Александр Викторович, кандидат биологических наук  
Дядюн Кристина Владимировна, кандидат юридических наук  
Желнова Кристина Владимировна, кандидат экономических наук  
Жуйкова Тамара Павловна, кандидат педагогических наук  
Жураев Хусниддин Олтинбоевич, кандидат педагогических наук (Узбекистан)  
Игнатова Мария Александровна, кандидат искусствоведения  
Искаков Руслан Маратбекович, кандидат технических наук (Казахстан)  
Кайгородов Иван Борисович, кандидат физико-математических наук (Бразилия)  
Калдыбай Кайнар Калдыбайулы, доктор философии (PhD) по философским наукам (Казахстан)  
Кенесов Асхат Алмасович, кандидат политических наук  
Коварда Владимир Васильевич, кандидат физико-математических наук  
Комогорцев Максим Геннадьевич, кандидат технических наук  
Котляров Алексей Васильевич, кандидат геолого-минералогических наук  
Кошербаева Айгерим Нуралиевна, доктор педагогических наук, профессор (Казахстан)  
Кузьмина Виолетта Михайловна, кандидат исторических наук, кандидат психологических наук  
Курпаяниди Константин Иванович, доктор философии (PhD) по экономическим наукам (Узбекистан)  
Кучерявенко Светлана Алексеевна, кандидат экономических наук  
Лескова Екатерина Викторовна, кандидат физико-математических наук  
Макеева Ирина Александровна, кандидат педагогических наук  
Матвиенко Евгений Владимирович, кандидат биологических наук  
Матроскина Татьяна Викторовна, кандидат экономических наук  
Матусевич Марина Степановна, кандидат педагогических наук  
Мусаева Ума Алиевна, кандидат технических наук  
Насимов Мурат Орленбаевич, кандидат политических наук (Казахстан)  
Паридинова Ботагоз Жаппаровна, магистр философии (Казахстан)  
Прончев Геннадий Борисович, кандидат физико-математических наук  
Семахин Андрей Михайлович, кандидат технических наук  
Сенцов Аркадий Эдуардович, кандидат политических наук  
Сенюшкин Николай Сергеевич, кандидат технических наук  
Титова Елена Ивановна, кандидат педагогических наук  
Ткаченко Ирина Георгиевна, кандидат филологических наук  
Федорова Мария Сергеевна, кандидат архитектуры  
Фозилов Садриддин Файзуллаевич, кандидат химических наук (Узбекистан)  
Яхина Асия Сергеевна, кандидат технических наук  
Ячинова Светлана Николаевна, кандидат педагогических наук

*Международный редакционный совет:*

Айрян Заруи Геворковна, кандидат филологических наук, доцент (Армения)  
Арошидзе Паата Леонидович, доктор экономических наук, ассоциированный профессор (Грузия)  
Атаев Загир Вагитович, кандидат географических наук, профессор (Россия)  
Ахмеденов Кажмурат Максutowич, кандидат географических наук, ассоциированный профессор (Казахстан)  
Бидова Бэла Бертовна, доктор юридических наук, доцент (Россия)  
Борисов Вячеслав Викторович, доктор педагогических наук, профессор (Украина)  
Велковска Гена Цветкова, доктор экономических наук, доцент (Болгария)  
Гайич Тамара, доктор экономических наук (Сербия)  
Данатаров Агахан, кандидат технических наук (Туркменистан)  
Данилов Александр Максимович, доктор технических наук, профессор (Россия)  
Демидов Алексей Александрович, доктор медицинских наук, профессор (Россия)  
Досманбетова Зейнегуль Рамазановна, доктор философии (PhD) по филологическим наукам (Казахстан)  
Ешиев Абдыракман Молдоалиевич, доктор медицинских наук, доцент, зав. отделением (Кыргызстан)  
Жолдошев Сапарбай Тезекбаевич, доктор медицинских наук, профессор (Кыргызстан)  
Игисинов Нурбек Сагинбекович, доктор медицинских наук, профессор (Казахстан)  
Кадыров Кутлуг-Бек Бекмурадович, кандидат педагогических наук, декан (Узбекистан)  
Кайгородов Иван Борисович, кандидат физико-математических наук (Бразилия)  
Каленский Александр Васильевич, доктор физико-математических наук, профессор (Россия)  
Козырева Ольга Анатольевна, кандидат педагогических наук, доцент (Россия)  
Колпак Евгений Петрович, доктор физико-математических наук, профессор (Россия)  
Кожурбаева Айгерим Нуралиевна, доктор педагогических наук, профессор (Казахстан)  
Курпаяниди Константин Иванович, доктор философии (PhD) по экономическим наукам (Узбекистан)  
Куташов Вячеслав Анатольевич, доктор медицинских наук, профессор (Россия)  
Кыят Эмине Лейла, доктор экономических наук (Турция)  
Лю Цзюань, доктор филологических наук, профессор (Китай)  
Малес Людмила Владимировна, доктор социологических наук, доцент (Украина)  
Нагервадзе Марина Алиевна, доктор биологических наук, профессор (Грузия)  
Нурмамедли Фазиль Алигусейн оглы, кандидат геолого-минералогических наук (Азербайджан)  
Прокопьев Николай Яковлевич, доктор медицинских наук, профессор (Россия)  
Прокофьева Марина Анатольевна, кандидат педагогических наук, доцент (Казахстан)  
Рахматуллин Рафаэль Юсупович, доктор философских наук, профессор (Россия)  
Ребезов Максим Борисович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Россия)  
Сорока Юлия Георгиевна, доктор социологических наук, доцент (Украина)  
Узаков Гулом Норбоевич, доктор технических наук, доцент (Узбекистан)  
Федорова Мария Сергеевна, кандидат архитектуры (Россия)  
Хоналиев Назарали Хоналиевич, доктор экономических наук, старший научный сотрудник (Таджикистан)  
Хоссейни Амир, доктор филологических наук (Иран)  
Шарипов Аскар Калиевич, доктор экономических наук, доцент (Казахстан)  
Шуклина Зинаида Николаевна, доктор экономических наук (Россия)



---

---

На обложке изображен *Генри Форд* (1863–1947), американский промышленник, владелец заводов по производству автомобилей по всему миру, изобретатель, автор 161 патента США.

Легендарный бизнесмен XX века родился на ферме недалеко от Дирборна, штат Мичиган. Его родители были вполне зажиточными эмигрантами из Ирландии. Образование, оставлявшее желать лучшего, Генри получил в церковной школе. Уже взрослый Форд, составляя важные договоры, по-прежнему допускал ошибки. Однажды он даже подал в суд на газету, обозвавшую его невежественным. Но отнюдь не безграмотность Форд считал недостатком, а нежелание применять ум в жизни: «Самая трудная вещь на свете — это думать своей собственной головой. Вот, наверное, почему так мало людей этим занимаются».

Родители не одобряли его увлечения механикой и мечтали видеть Генри добропорядочным фермером. В 17 лет, когда он поступил учеником в механическую мастерскую, они считали его «почти погибшим». Через четыре года Форд вернулся домой и совмещал дневную работу на ферме с ночными бдениями над очередным изобретением. Например, чтобы облегчить отцу повседневную работу, Форд создал молотилку, которая функционировала на бензине и на которую вскоре даже нашелся покупатель. Генри продал патент на изобретение Томасу Эдисону, а потом получил работу в компании этого знаменитого предпринимателя.

В 1887 году он женился на дочери фермера Кларе Брайант, с которой и прожил всю свою жизнь. Вскоре у пары родился сын Эдсел. Клара, умная и спокойная женщина, стала настоящей помощницей неутомимому Генри. Как-то на вопрос журналистов, хочет ли он прожить еще одну жизнь, Форд ответил так: «Только если можно снова жениться на Кларе».

В 1893 году в свободное от работы время Форд сконструировал свой первый автомобиль. Руководство компании Эдисона не поддерживало увлечений сотрудника и рекомендовало отказаться от невероятных затей. Вместо этого будущий промышленник ушел с работы и стал одним из владельцев «Детройтской автомобильной компании». Но и здесь парень не задержался надолго и спустя три года покинул фирму из-за расхождений во взглядах с другими совладельцами. В это время изобретение молодого предпринимателя не пользовалось большим спросом, и, чтобы привлечь внимание клиентов, Форд разъезжал по городу

на своём автомобиле. При этом Генри часто высмеивали и обзывали «одержимым с улицы Бегли». В 1902 году Форд участвовал в автогонках и сумел опередить действующего чемпиона США. Задачей изобретателя была реклама автомобиля и демонстрация его достоинств, и он достиг желаемого результата. «Если бы у меня было 4 доллара, 3 из них я отдал бы на рекламу» — говорил он.

Успех пришёл к талантливому изобретателю в 1908 году с началом выпуска «Форда-Т». Детище Форда отличалось простой отделкой, демократичной ценой и практичностью, ведь он с самого начала стремился сделать автомобили дешевыми и доступными для рабочего класса. Даже Эрнест Хемингуэй выбрал этот автомобиль, переделанный под санитарную машину. Постепенно промышленник закупил рудники, угольные шахты и открыл новые заводы. Так Форд добился полного производственного цикла: от добычи руды до выпуска готовых машин. В итоге бизнесмен создал целую империю, которая не зависела от других компаний и внешней торговли. К 1914 году Форд выпустил 10 миллионов автомобилей, или 10 % всех автомашин мира. А еще именно на предприятии Форда впервые в США у рабочих были 8-часовая смена, 6-дневная рабочая неделя и оплачиваемый отпуск.

Но не дремали и конкуренты: на сцену вышел General Motors с кучей самых разных моделей авто, которые можно было купить в кредит. К концу 1920-х продажи «Форда-Т» катастрофически упали. На горизонте маячил призрак банкротства. Форд временно закрыл производство, распустив по домам рабочих и придумав новый автомобиль — «Форд-А», который выгодно отличался от существующих по техническим характеристикам и внешнему виду. Открылась новая страница истории успеха Генри Форда.

Сегодня Ford Motor Company — четвертая в мире по объему выпуска автомобилей за все время ее существования. После себя Генри Форд оставил автобиографию «Моя жизнь, мои достижения», в которой красочно описал методы организации труда на предприятии. Изложенные в этой книге идеи переняли многие компании, а цитаты из высказываний изобретателя остаются актуальными и сегодня.

*Екатерина Осянина, ответственный редактор*

---

---



## СОДЕРЖАНИЕ

### МАТЕМАТИКА

- Колпак Е. П., Гаврилова А. В.**  
Математическая модель возникновения культурных центров и течений в живописи ..... 1
- Колпак Е. П., Французова И. С., Евменова Е. О.**  
Математические модели опухолей молочной железы .....17
- Матвеев М. Г., Ролдугина Е. А.**  
Оценка моделей прогнозирования на основе данных о спросе .....35

### ФИЗИКА

- Згонников Е. О.**  
Численное исследование теплообмена в канале с конфузуром и наличием пульсаций .....39
- Згонников Е. О.**  
Численное моделирование теплообмена в канале с градиентом давления .....44
- Сараев А. А., Аверин И. А., Карманов А. А.**  
Особенности использования наноматериалов на основе  $\text{SiO}_2\text{-SnO}_2\text{-In}_2\text{O}_3$  в качестве чувствительных элементов .....46

### ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- Капинос И. С.**  
Современные тенденции в построении систем контроля и управления доступом .....49
- Карамануца В. А.**  
Электронная запись к врачу как компонент государственной информационной системы (ГИС) «Портал государственных услуг ПМР» ....51
- Леваков А. С., Макаренко Д. С.**  
Разработка программного модуля диагностики опухолей головного мозга с применением нейронной сети .....54

- Лысенко А. А., Штырба С. Г.**  
Автоматизация работы медицинского персонала при помощи web-приложения «Поликлиника» ... 57
- Масленников Е. В.**  
Распределенные информационные системы: особенности применения и построения .....59
- Пазухина А. П.**  
Социальная инженерия, ее техники и меры противодействия .....61
- Рыбкин Н. В.**  
Автоматизация процесса продаж на платформе NAV 2018.....62
- Скибинский И. Ю.**  
Алгоритм измерения габаритов изделий, находящихся на конвейерной ленте .....64
- Хрячков Д. С.**  
Разработка программного модуля на основе технологии Super-resolution .....66
- Штырба С. Г., Лысенко А. А.**  
Автоматизация ресторанного бизнеса: недалёкое будущее или объективная реальность?.....68
- Шулятьев В. Э.**  
Цифровизация закупок: плюсы и минусы перехода к электронным закупкам .....71

### ГЕОЛОГИЯ

- Ронжин А. А.**  
Нефтегазоконденсатные месторождения России.....73

### ЭКОЛОГИЯ

- Войцицкий И. В.**  
Сезонная динамика водных экосистем реки Битёвки .....75
- Войцицкий И. В.**  
Химический и ионный состав почв Белозерского заказника .....78

**Гармашова И. В., Колоцей Е. В., Сёмик В. В.**

Определение экологической обстановки в парке  
Екатерингоф и парке имени 9 января методами  
биоиндикации и биотестирования.....79

**Давыдова Л. Е.**

Использование паразитов рыб для оценки  
состояния региональных водных экосистем на  
примере Белгорода .....83

## СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

**Рохлова М. В.**

Оценка распространенности употребления  
зернобобовых культур студентами Московского  
государственного университета пищевых  
производств .....86

**Ширяева К. Д.**

Проблемы и перспективы развития овощеводства  
в крестьянских (фермерских) хозяйствах .....88

# МАТЕМАТИКА

## Математическая модель возникновения культурных центров и течений в живописи

Колпак Евгений Петрович, доктор физико-математических наук, профессор;  
Гаврилова Анна Васильевна, студент магистратуры  
Санкт-Петербургский государственный университет

*В работе на основе анализа развития древнегреческих полисов разработана эволюционная модель возникновения культурных центров. Учитывается постепенное изменение текущей концепции культурной самоорганизации общества, происходящее под давлением внутренних и внешних причин. Забытые в длительный период становления христианства механизмы смены течений в искусстве в античный период, восстановленные в эпоху проторенессанса, моделируются с применением аппарата обыкновенных дифференциальных уравнений. Теоретические результаты сопоставляются с статистическими данными.*

**Ключевые слова:** античность, импрессионизм, математическое моделирование, дифференциальные уравнения.

### Введение

Древнейшие цивилизации возникли V—III тысячелетиях до н.э. на территории Передней Азии. Переход от первобытного строя к цивилизации, основанной на рабстве, сопровождался созданием искусственной среды обитания человека — преобразованием окружающей среды и созданием интеллектуальной среды. Культура и религия лежали в ее основе. Искусство как один из основных элементов культуры, в те далекие времена тяготело к грандиозным монументальным геометрическим формам [6, 17, 22]. Творения древних цивилизаций, дошедшие до нас, это храмы, дворцы, культовые и инженерные сооружения и их сохранившиеся элементы. Сохранилось и много артефактов культуры, таких как расписанные сосуды, погребальные маски, настенные рельефы. Произведения живописи VI—III тысячелетий до н.э. практически не сохранились. Хорошо сохранившиеся настенные росписи гробниц и дворцов относятся уже к середине II тысячелетия до н.э. [6].

И если живопись человека в 15 тысячелетии до н.э. представляла собой хаотическое однотипное изображение животных окружающего мира [5, 6], то произведения художников II тысячелетия до н.э. в отдельных очагах цивилизаций представлены законченными сюжетами с изображением животных и человека, как главного действующего лица. Из анализа сюжетов, дошедших до нас произведений из этого периода и техники создания изображения, с уверенностью можно говорить о существовании небольших групп художников, работающих у царей. До нас не дошли имена авторов творений того времени. Имена художников, архитекторов и скульпторов или упоминания о городах, в которых они работали, пришли к нам из античного периода.

В разных частях средиземноморья и передней Азии возникали, начиная с третьего тысячелетия до н.э. вплоть до начала эпохи Возрождения, очаги культур, внесших значимый вклад в культуры всех народов. На рис. 1 отражено время интенсивного развития 18 культур, существовавших до начала эпохи Возрождения [6]. Некоторые из них существовали тысячелетия, а некоторые несколько веков. Упадок этих культур начинался с упадком экономических отношений или с возникновением длительных внешних и внутренних вооруженных конфликтов [20]. Но во все времена всегда одновременно существовали и затухающие, и развивающиеся культуры (рис. 1). Постоянно возникали и новые стили, и новые технологии в живописи, архитектуре и скульптуре. На рис. 2 отражена динамика их возникновения, согласно данным работы [6]. Символом «о» отмечены ключевые даты. Всего учтено 90 «новых технологий». Как следует из статистических данных, процесс накопления информации был необратимым (в первом приближении линейным, рис. 2), и со временем «новые технологии» в живописи, скульптуре, архитектуре и на других направлениях в культурной среде становились достоянием всех цивилизаций.



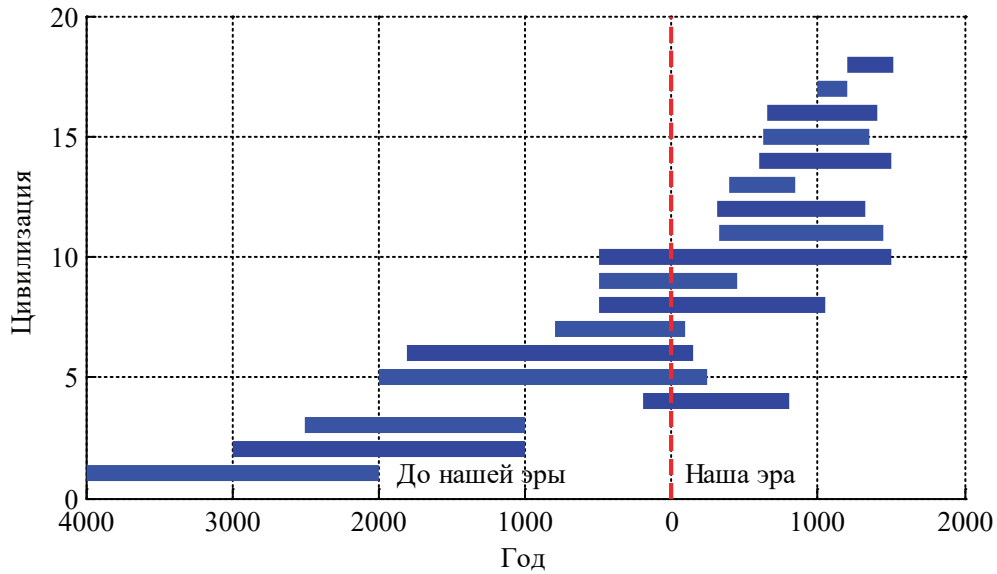


Рис. 1

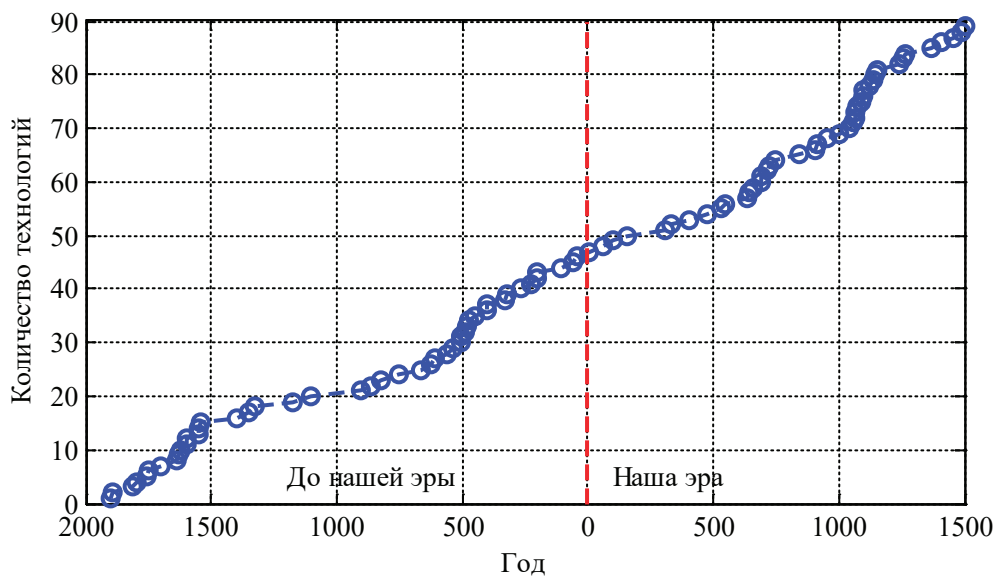


Рис. 2

Стихийное на первый взгляд развитие культурной составляющей в отдельных очагах цивилизаций в доисторические времена с созданием письменности в IV тысячелетии до н.э. становится самоорганизующимся. За счет письменных источников знания распространяются на большие территории и передаются во времени будущим поколениям. В цивилизации рождаются писатели, поэты, архитекторы, живописцы, ученые, инженеры и все те, кто изменяет культурную среду обитания человека. Наиболее интенсивные изменения в культуре начались в конце II тысячелетия — в начале I тысячелетия до н.э. в Древней Греции [5, 3, 21].

### Античный период

Корни античного периода лежат в XI—IX веках до н.э. В этот период в Средиземноморье возникают греческие города — государства, гражданами которых были востребованы произведения художников, скульпторов, архитекторов [5, 13]. В VIII — VII веках до н.э. возникают школы со своими стилями в архитектуре, скульптуре, живописи: спартанская, критская, аргосская, сиционская, ионийская [3]. Живопись этого периода представлена сосудами и вазами, расписными геометрическими фигурами. К VIII веку до н.э. в росписи сосудов художники достигли совершенства [3, 21]. Изменяется и тематика изображений. На вазы наносятся орнаменты, изображения птиц, животных, фантастических

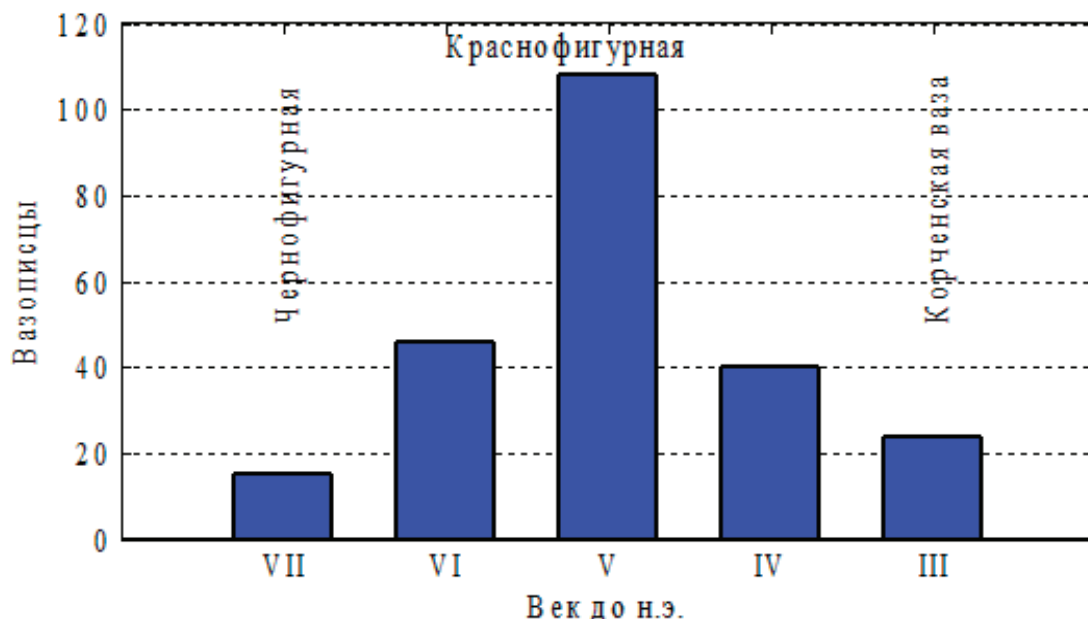


Рис. 3

существ. В VI веке до н.э. орнамент на вазах исчезает, преобладающим становится мифологический сюжет. В V веке до н.э. важнейшим образом в живописи становится человек. Меняется и технология нанесения рисунка. От чернофигурной вазописи, когда черный рисунок наносится на оранжевый фон вазы, происходит переход к краснофигурной вазописи — оранжевый рисунок переносится на черный фон вазы. На рис. 3 отражено изменение основных этапов вазописи в античный период: число работающих художников в VII—III веках до н.э. [21]. Как следует из статистических данных на изменение стиля в вазописи уходило около 200 лет. Интерес в обществе к вазописи стал пропадать, начиная с V века до н.э. Некоторые работы вазописцев сохранились до наших дней и находятся в музеях мира. Работы Евфрония (VI век до н.э.) — «Смерть Сарпедона» (Нью-Йорк, Метрополитен-музей), «Геракл и Антея» (Париж, Лувр), «Играющие гетеры» (Санкт-Петербург, Государственный Эрмитаж).

В VI—V веках до н.э. живописцы и скульпторы создают сочинения об искусстве (Теодор — VI век до н.э., Полтклет — V век до н.э., Пифей — IV век до н.э.). Писатели составляют биографии художников, философы описывают их работы (Дурид Самосский — IV век до н.э.). Известны имена около 400 древнегреческих живописцев и вазописцев и около 1200 имен скульпторов, работавших в Древней Греции [18, 19, 21]. Наибольшее число скульпторов и живописцев были греками. Но в античный период появились и художники в городах Сирии, Египта, Малой Азии, Испании и Португалии [7]. По данным работы [21] в Древней Греции было не менее 50 центров, объединяющих несколько городов, в которых работали живописцы, скульпторы и архитекторы. И как минимум 25 центров, которые постоянно функционировали на протяжении нескольких веков в более чем 300 городах Греции (Александрия, Афины, Коринф, Парос, Рим, Фивы и др.). В табл. 1 приведены географические названия 10 культурных центров и время их функционирования.

Таблица 1

Центр	Время функционирования (века до н.э.)
Афины	VII — I
Аргос	VII — II
Сикион	VI — III
Беотия	VI — III
Атика	V — I
Галикарнас	V — II
Делос	VII — II
Коринф	VI — I
о. Родос	VI-I
Дельфы	VII — II

Таблица 2

Сюжет	Доля произведений
Мифологический	0.33
Портрет	0.22
Исторический	0.17
Аллегория	0.15
Жанровый	0.13

В VII–VI веках до н.э. в живописи сформировались различные жанры. В культурных центрах мастера живописи готовят специалистов по раскраске кораблей, театральных декораторов, копиистов, карикатуристов, пейзажистов, портретистов, мастеров натюрмортов и миниатюр [19, 21]. Из литературных источников известно о существовании произведений живописи: «Летящая Ника» Аглафона из Фасоса (VI в до н.э.), «Артемиды на грифоне» Аренона из Коринфа (VII в до н.э.), «Битва магнезийцев с царем Кандавлом» Буларха из Самоса (VII в до н.э.), «Рождение Афины» Клеанфа из Коринфа (VII в до н.э.). IV веком до н.э. датируются портрет «Атлета Диоксиппа» Алкимаха из Афин, портрет «Воина со щитом» Антидота, «Александр Македонский мальчик» Антифила из Египта, «Жертвоприношение быка» и «Доблесть» Аристолая, «Свадьба Александра и Роксаны» Аэтиона из Ионии. В табл. 2 приведены оценочные данные по количеству произведений, посвященных пяти жанрам (учтено 198 произведений). Как следует из этой оценки, наибольший интерес в обществе вызывали произведения на мифологические темы.

Художники регулярно встречаются между собой, знакомятся с работами коллег, устраивают выставки. Организуются конкурсы, многочисленные любители живописи приобретают произведения художников, а меценаты оказывают материальную поддержку, цари приглашают художников работать во дворцах: тиран Элатаи Мнасон (IV в. до н.э.), царь Диметрии Полиоркет (IV в. до н.э.), император Веспасиан (IV в. до н.э.), тиран Аристрат (IV в. до н.э.). Произведения искусства распространяются по всем государствам [13, 18, 19, 21].

С начала V века до н.э. Греция ведет войны с Персией, а затем возникают внутренние греческие военные конфликты, длившиеся до середины IV века до н.э. Войны, длившиеся около 150 лет, нанесли большой урон экономике Греции. После объединения греческих государств в конце IV века до н.э. началось военное вторжение греков во главе с Александром Македонским в Переднюю Азию. Попытка Македонского создать империю из разных народов с разным культурным наследием была обречена на неудачу [13, 20]. Создаваемое государство распалось сразу после его смерти.

Итог длительных войн — Греция потеряла значительную часть генетического фонда в лице юношей, не вернувшихся на родину. А за 200 лет «военного мышления» окончательно изменилось направление культурного развития Греции, нанесло невосполнимый ущерб культуре древнегреческих государств. На рис. 4 отражено распределение доли деятелей культуры (учтено 3200 имен) по векам с VII по I век до н.э. Как следует из анализа статистических данных и исторических событий того времени, начиная с IV века до н.э. начинается упадок греческой культуры, вызванный,

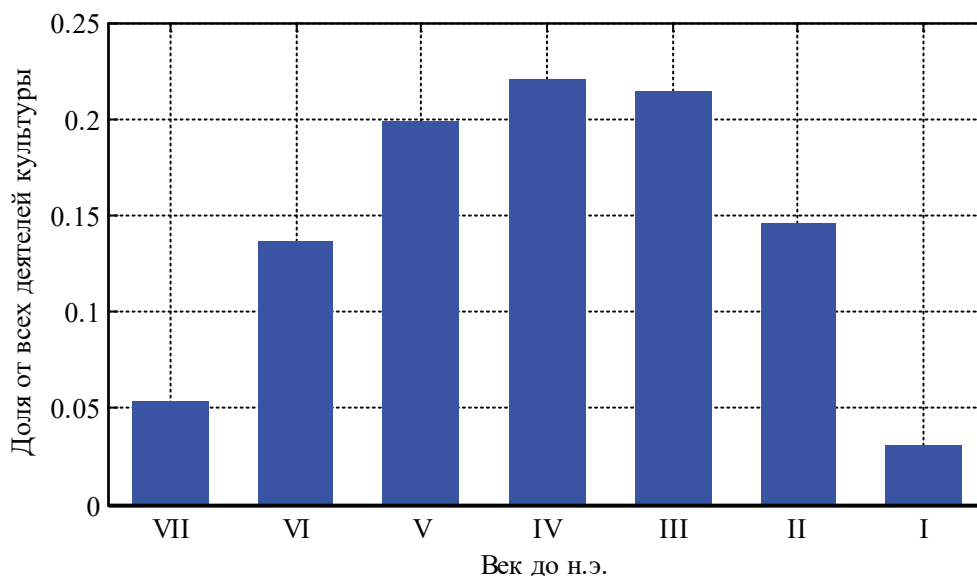


Рис. 4



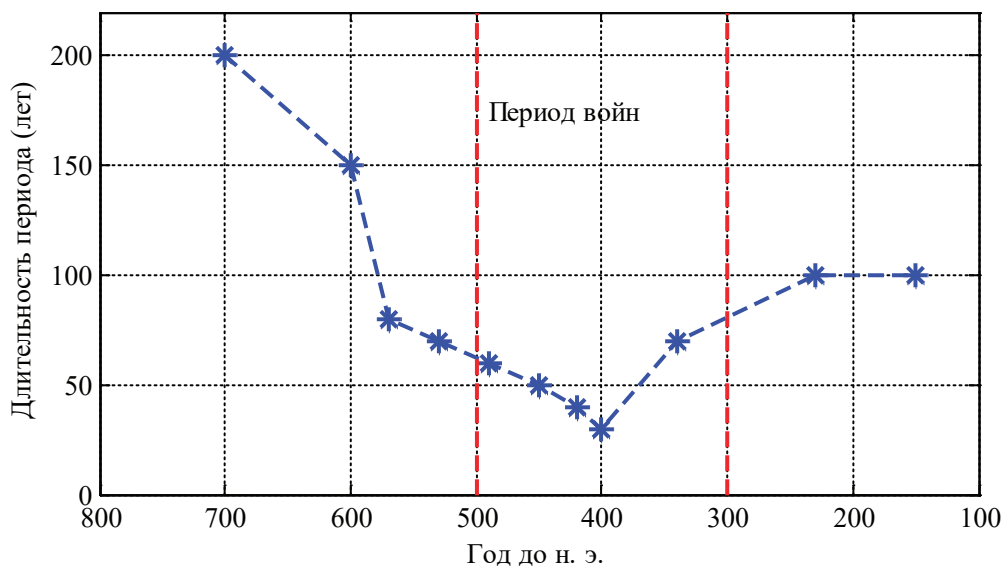


Рис. 5

прежде всего, длительными войнами. Падение интереса к искусству сопровождалось и падением уровня мастерства художников. Медленно происходит смена технологий, манер письма, сюжетов произведений. Наступает застой в творчестве. На рис. 5 отображена длительность 11 периодов в творчестве художников, архитекторов, скульпторов [19]. Символом «\*» отмечены даты их окончания, вертикальными пунктирными линиями выделен период непрерывных войн. Наиболее быстро развитие живописи происходило с VI по IV до н.э. Начиная с 400-х годов до н.э. время поиска новых форм и техник в живописи удлиняется, начинается застой (рис. 4–5).

Во II веке до н.э. римляне завоевали Грецию, стали вывозить произведения искусства в Рим. Храмы и памятники стали постепенно разрушаться. Начинается процесс потери культурного наследия, создававшегося несколько веков, и его забвение. Центр эллинского искусства перемещается в Рим [13, 18, 21].

**Математическая модель возникновения центров культуры**

На рубеже XI–IX веков до н.э. на территории Древней Греции возникают школы живописи в городах Греции [3, 21]. Художники, работающие в городах, и их ученики постепенно под влиянием спроса на произведения искусства в разных городах-государствах постепенно переезжают в разные города Греции и ее ближайших соседей. Постепенно на какое-то время возникают центры культуры, которые под влиянием внешних и внутренних факторов погибают и со временем возрождаются вновь уже в другом качестве. Для их устойчивого существования необходимы стабильная экономика, востребованность произведений искусства обществом и художники, способные обеспечить потребности общества. Эти три фактора не всегда возникали одновременно, а когда это и происходило, то происходило случайным образом во времени.

Введем количество предметов живописи  $N$ , которое в возникшем центре культуры создано на текущий момент времени. Будем считать, что скорость создания новых предметов живописи пропорциональна их количеству, но ограничена возможностями культурной и экономической среды, в которых они создаются. Тогда за уравнение эволюции культурного центра примем дискретный аналог логистического уравнения [10]:

$$\begin{aligned}
 N^1 &= N^0, \\
 N^k &= N^k + \mu N^k \left(1 - \frac{N^{k+1}}{K}\right) - \nu N^{k+1}, \quad k = 2, 3, \dots, n,
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

где  $\mu$  — удельная скорость накопления произведений,  $K$  — количество произведений, которое может быть создано,  $\nu$  — доля созданных произведений, которые перемещаются в другие центры,  $k$  — дискретное время.

При заданном значении  $N^1$  все значения  $N^k$  определяются из соотношения

$$N^{k+1} = \frac{(1 + \mu)N^k}{1 + \nu + \mu N^k / K}, \quad k = 2, 3, \dots, n.$$

Эта последовательность имеет две стационарные точки:

$$N^\infty = K(1 - \nu / \mu), \text{ если } \nu < \mu,$$

и  $N^\infty = 0$ , если  $\mu < \nu$ .

Это соответствует физическому смыслу: если ценности в центре будут убывать быстрее, чем воспроизводятся, то культурный центр придет в упадок.

Введем  $m$  центров, каждый из которых может создавать материальные ценности согласно уравнению (1) самостоятельно:

$$N_i^k = N_i^k + \mu_i N_i^k \left( 1 - \frac{N_i^{k+1}}{K_i} \right), \quad i = 1, 2, 3, \dots, m, \tag{2}$$

То есть значения удельных скоростей накопления произведений  $\mu_i$  и их возможные максимальные значения  $K_i$  для каждого центра свои. Эти условия подразумевают, что максимально возможное производимое количество ценностей и скорость их производства зависят от экономического состояния центра и его культурного уровня.

Как следует из анализа статистических данных, культурные центры в Древней Греции возникали в отдельных местах и постепенно распространялись во времени по городам-государствам [19]. Примем, что распространение ресурсов в момент времени  $k$  происходит только из центра с максимальным значением  $N_{i_{\max}}^k$  ( $i_{\max}$  — номер такого центра) и только в центр с минимальным значением  $N_{i_{\min}}^k$  ( $i_{\min}$  — номер этого центра). Тогда для этих двух центров уравнения (2) принимают вид

$$\begin{aligned} N_{i_{\max}}^{k+1} &= N_{i_{\max}}^k + \mu_{i_{\max}} N_{i_{\max}}^k \left( 1 - \frac{N_{i_{\max}}^{k+1}}{K_{i_{\max}}} \right) - \nu N_{i_{\max}}^{k+1}, \\ N_{i_{\min}}^{k+1} &= N_{i_{\min}}^k + \mu_{i_{\min}} N_{i_{\min}}^k \left( 1 - \frac{N_{i_{\min}}^{k+1}}{K_{i_{\min}}} \right) + \nu N_{i_{\max}}^{k+1}. \end{aligned} \tag{3}$$

Для остальных центров выполняются соотношения (2).

К соотношениям (2) и (3) необходимо добавить начальные данные:

$$N_i^1 = N^0, \quad N_i^1 = 0 \quad i = 2, 3, \dots, m,$$

которые допускают наличие в начальный момент времени только одного центра.

Заселение территории Древней Греции разными племенами происходило не по какому-то разработанному плану, а случайным образом. Жители поселений имели разное представление об окружающем мире, разный уровень инженерных и сельскохозяйственных знаний, разные возможности в создании материальных ценностей. Поэтому параметры  $\mu_i$  и в (2) и (3) выбирается случайным образом из диапазона  $(0, \mu)$ , а параметры  $K_i$  — из диапазона  $(0, K)$ , где  $\mu$  и  $K$  заданные значения. Параметр  $\nu$  принимается равным 0,2, то есть допускается за один временной шаг передать до 20 % материальных ценностей из одного центра в другой.

По данным [21] на территории Древней Греции и на близких к ней территориях было не менее 300 культурных центров. С учетом этого значения в расчетах было принято, что максимальное число центров к концу I века до н. э. могло достигнуть 500. Поэтому результаты моделирования приведены для  $m = 500$ , при этом один временной шаг соответствует одному году, а одному веку соответствуют 100 шагов. На рис. 6 отражены результаты расчетов для 5 000 выборов случайных значений  $\mu_i$  и  $K_i$  ( $\mu = 1, K = 100$ ). Сплошная линия соответствует среднему значению возникших центров, а пунктирные линии соответствуют минимальным и максимальным значениям, полученным при моделировании.

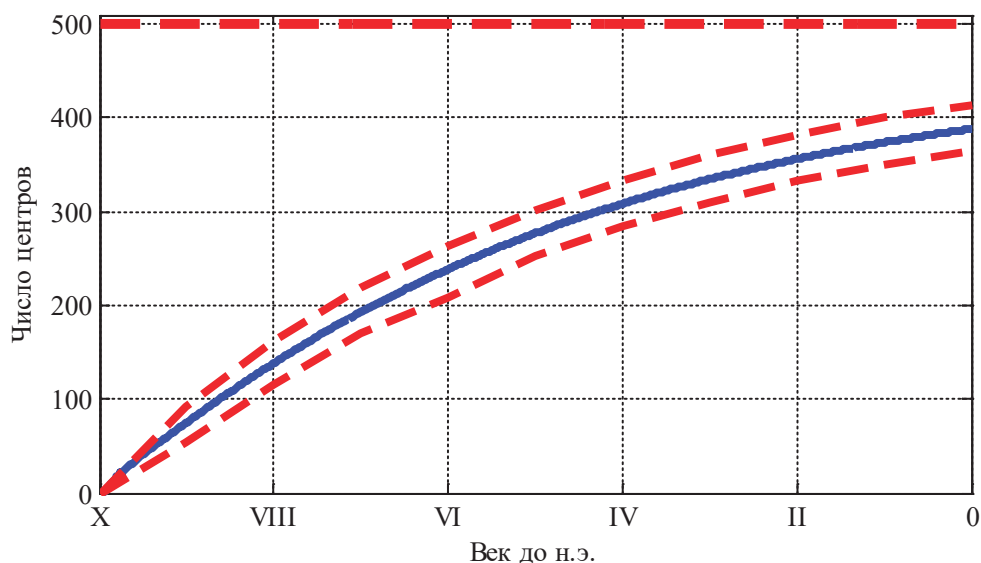


Рис. 6

Как следует из полученных результатов, при выбранном наборе параметров из 500 центров в 24 % из них материальные ресурсы через 1000 единиц времени в рамках модели (2) — (3) производиться не будут. В 2 % будет создано только 11 % от максимально возможного в центре, в 4 % — 31 %, в 8 % — 50 %, в 18 % — 70 %, в 44 % — 90 %. То есть около 50 % центров будут высоко развитыми.

Будем считать, что центры расположены на двумерной территории. Примем, что система центров, в которых могут возникнуть школы на территории, является дискретной. Каждому центру припишем двойной номер в виде индексов  $i, j$  так, что  $N_{ij}$  будет означать число произведений в этом центре. На каждом такте из центра, в котором максимальное значение  $N_{ij}$  доля произведений  $v$  перемещается в центр, в котором минимальное значение  $N_{lm}$  в  $k$ -й дискретный момент времени

$$N_{ij}^{k+1} = N_{ij}^k + \mu_{ij} N_{ij}^k \left( 1 - \frac{N_{ij}^{k+1}}{K_{ij}} \right) - v_{ij} N_{ij}^k,$$

$$N_{lm}^{k+1} = N_{lm}^k + \mu_{lm} N_{lm}^k \left( 1 - \frac{N_{lm}^{k+1}}{K_{lm}} \right) + v_{ij} N_{ij}^k,$$

а для всех остальных центров

$$N_{ij}^{k+1} = N_{ij}^k + \mu_{ij} N_{ij}^k \left( 1 - \frac{N_{ij}^{k+1}}{K_{ij}} \right).$$

Общее количество предметов, созданных на текущий момент времени подсчитывается как сумма произведений всех центров

$$S^k = \sum_{i,j=1}^{n,m} N_{ij}^k.$$

Влияние экономической деградации и военного давления на культуру учтем следующим образом. Будем считать, что в момент времени  $m$  начинается уменьшение скорости производства за счет внешних факторов

$$N_{ij}^{k+1} = \frac{(1 + \mu_{ij}) N_{ij}^k}{(1 + \mu_{ij} N_{ij}^k / K_{ij})} - d_{ij} N_{ij}^k$$

и за счет внутренних причин

$$\mu_{ij} = \mu_{ij}^m e^{-\gamma(k-m)} \quad (k = m, m+1, \dots).$$

То есть в этой модели из-за внешнего давления происходит уничтожение части произведений на величину  $d_{ij} N_{ij}^k$ , при этом  $d_{ij} < 1$ , поскольку уничтожить все материальные ресурсы мгновенно невозможно. А из-за внутренних причин происходит постепенное уменьшение удельной скорости создания произведений. На рис. 7–8 представлены результаты численного моделирования для случая 25x25 центров. Параметры  $K_{ij}$  выбирались случайным образом для всех центров из диапазона  $(0, K)$ , параметры  $\mu_{ij}$  — из диапазона  $(0.01, 0.1)$ , параметры  $d_{ij}$  — из диапазона  $(0.001, 0.01)$ . «Деградация» началась после достижения  $S(k)$  значения 350. Значение  $v$  принималось равным 0.2. Для 25000

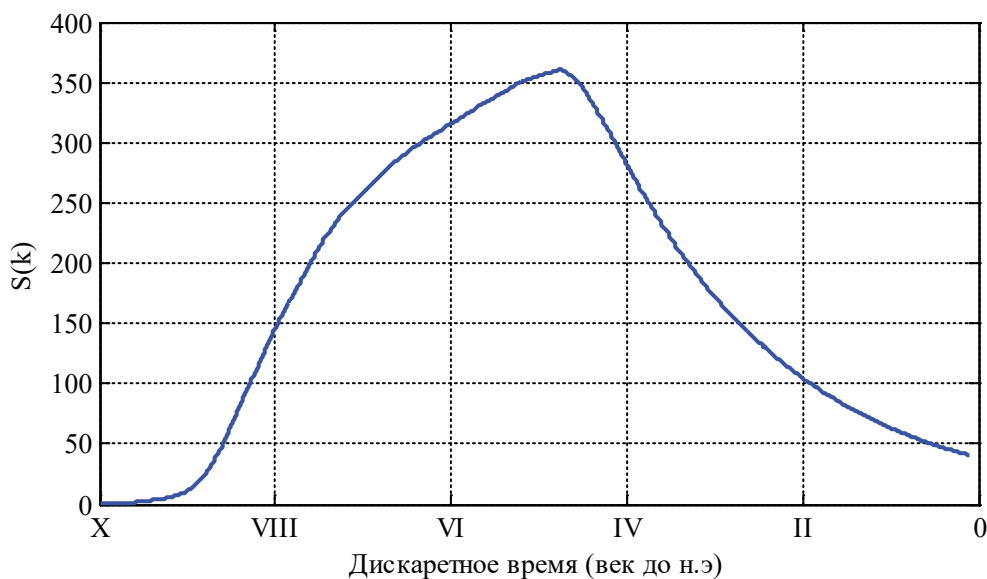


Рис. 7





Рис. 8

экспериментов со случайным выбором параметров в каждом эксперименте на рис. 7 отражено изменение  $S(k)$  в зависимости от  $k$  по школе веков (один век соответствует 100 тактам), а на рис. 8 отражено распределение числа случаев по времени (по шкале веков) достижения максимума  $S(k)$ .

Таким образом, предложенная дискретная модель, основанная на случайном перемещении ресурсов от наиболее развитого центра к менее развитому центру и случайном распределении возможностей центров, качественно отражает эволюцию культурного пространства Древней Греции.

**Возрождение**

После падения Римской империи в IV веке на ее месте возникли две империи: Западная и Восточная Римская империи. В искусстве Западной империи, в основном, фигурировали предметы быта. А в искусстве Восточной империи преобладали иконы, мозаики, фрески [11, 12]. Центром творческих сил христианского мира стала Византия. Основные силы были направлены на создание икон и роспись стен культовых сооружений. Очень быстро сложились каноны, диктовавшие что и как изображать, по которым не допускалось привносить художнику свое видение событий. И все творчество художников было ограничено веками этими канонами.

Отход от канонов начинается в конце XIII века художниками эпохи проторенессанса [6]. Постепенно происходят качественные изменения во взглядах художников, появляются новые идеи в живописи, совершенствуется техника исполнения, происходит переосмысливание наследия античности. Накопленное новое знание и осознание значимости творений прошлого, длившееся более ста лет, приводит к появлению к концу XIV века группы художников, отказывающихся

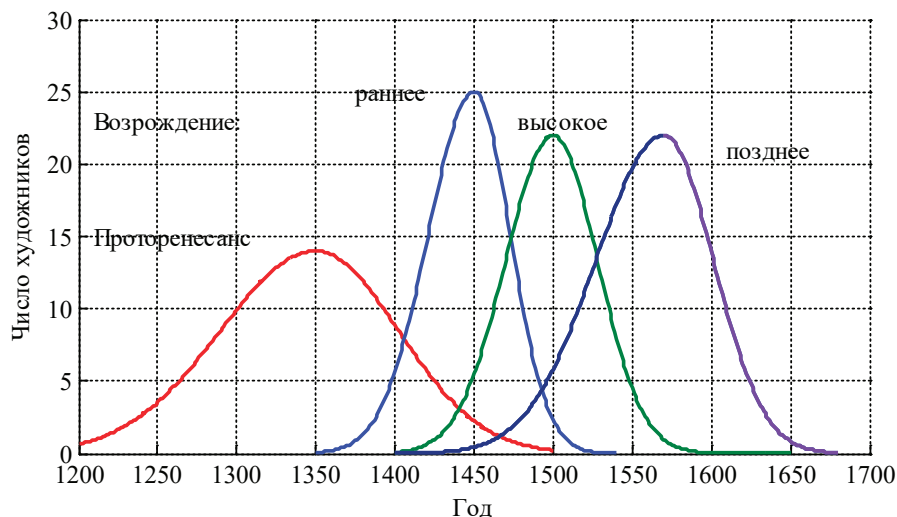


Рис. 9

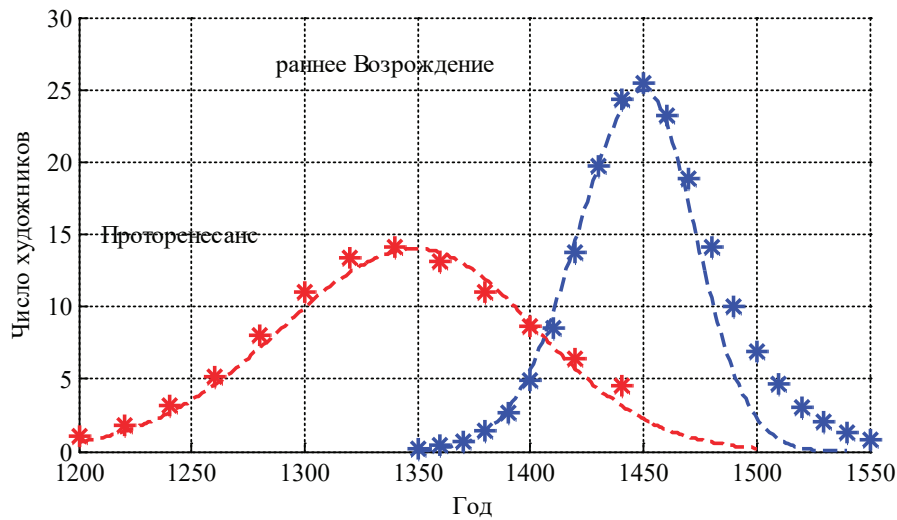


Рис. 10

от многовековых канонов. Начинается возрождение живописи, отражающей все стороны человеческого общества, человека как личности. Эпоха Возрождения делится на три периода: раннее, высокое и позднее [6]. Каждый период возникал в недрах предыдущего. На рис. 9 отражено изменение числа художников каждого периода во времени.

**Эпидемическая модель.** Как показывает анализ статистических данных по численности художников и числа созданных ими картин в каждый из периодов можно описать на основе модели эпидемий [8]

$$\begin{aligned} \frac{dN}{dt} &= -\gamma NN_{activ}, \\ \frac{dN_{activ}}{dt} &= \gamma NN_{activ} - \beta N_{activ}, \end{aligned} \tag{4}$$

где  $N$  — число художников, которые готовы уйти от канонов соответствующего периода,  $N_{activ}$  — число художников, активно работающих в соответствующем периоде,  $\gamma$  и  $\beta$  — параметры. На рис. 10 отражено расчетное число художников (пунктирная линия) и статистические данные, отмеченные символом «\*» для проторенессанса ( $N_{activ}(t=1200)=1$ ,  $N(t=1200)=120$ ,  $\gamma=0.0006$ ,  $\beta=0.04$ ) и раннего Возрождения ( $N_{activ}(t=1350)=1$ ,  $N(t=1350)=240$ ,  $\gamma=0.00065$ ,  $\beta=0.09$ ). Подбор параметров осуществлялся из условия минимума среднеквадратичного отклонения расчетных значений от статистических данных.

Эволюции проторенессанса определялась числом художников, степенью их увлеченности новыми идеями, скоростью ухода в новые направления. Это зависело от общего состояния культурной среды и востребованности общества в реализованных новых произведениях. В модели (4) это отражено в параметрах  $\gamma$  и  $\beta$  и начальном числе художников

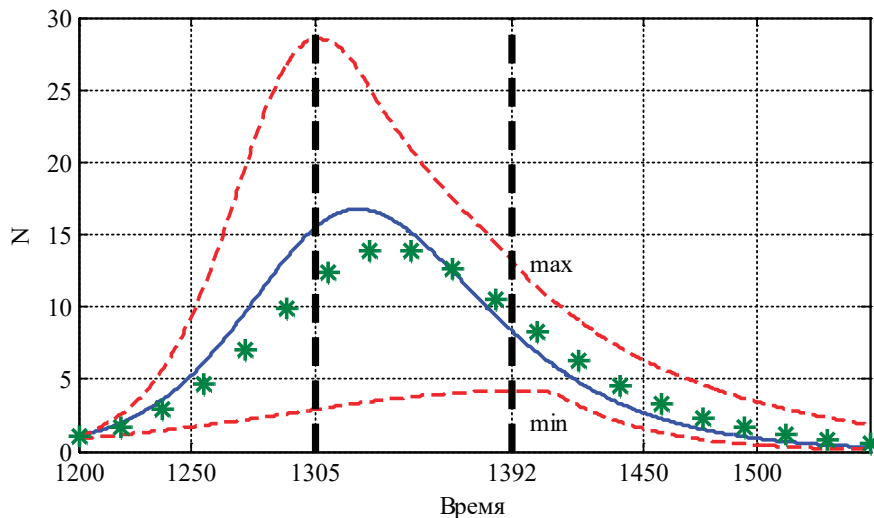


Рис. 11

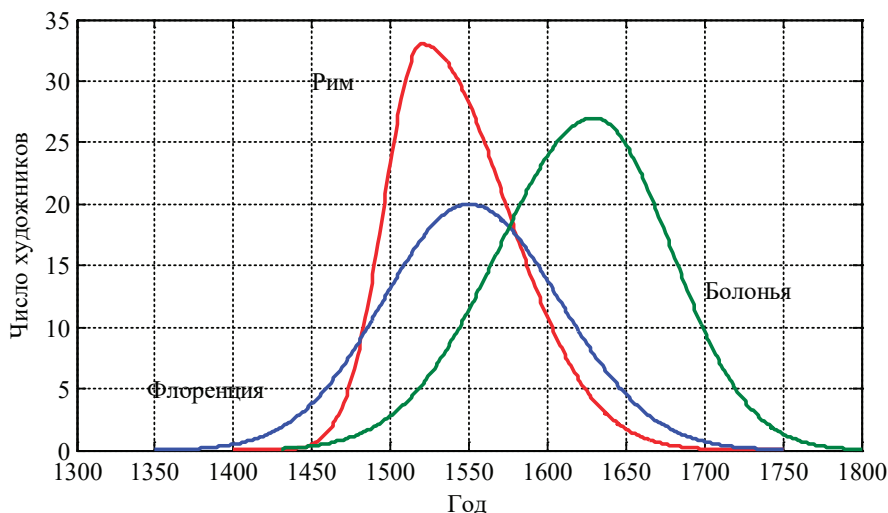


Рис. 12

ков  $N$ . Будем считать, что эти параметры могли отличаться от приведенных выше (базовых) на 10 %. Тогда при каждом наборе этих параметров будет получена своя зависимость  $N(t)$ . Выбор этих отклонений параметров случайным образом позволит при большом числе экспериментов оценить границы изменения функции  $N(t)$ , найти усредненную траекторию и оценить интервал достижения максимума функции  $N(t)$ . На рис. 11 для 20 000 экспериментов отражена траектория наиболее вероятного быстрого подъема проторенессанса (тах, пунктирная линия), наиболее медленного (тiп, пунктирная линия). Сплошной линией отмечена усредненная траектория, символом «\*» отмечены статистические данные. Диапазон достижения экстремума  $N(t)$  ( $t \in [1305, 1392]$ ) отмечен вертикальными пунктирными линиями. Таким образом, в полученной оценке эволюционной траектории пик проторенессанса мог наступить в любой период XIV века.

В эпоху Возрождения в разных городах Италии возникали школы художников [2, 6]. На рис. 12 отражена динамика изменения числа действующих на текущий момент художников в Риме, Болонье, Флоренции. Как следует из этих данных школы художников как организованные структуры необходимые обществу в основных городах Италии стали возникать уже в период высокого Возрождения. Период их существования определялся и периодом интереса общества к создаваемым произведениям.

Насыщение общества произведениями искусства эпохи Возрождения длилось около 200 лет. В недрах позднего Возрождения зарождаются новые течения такие, как барокко, рококо, академизм [1, 2, 4, 6]. Изменение числа работающих в этих направлениях художников от времени отражено на рис. 13. Для барокко статистические данные отмечены символом «\*». Для стиля рококо на рис. 14 отражена динамика созданных произведений, учтено 2 500 картин разных художников. Пунктирная линия соответствует логистической кривой ( $K = 2650$ ,  $\mu = 0.046$ ), статистические данные отмечены символом «\*».

**Модель ресурсная.** Течения и стили в живописи начиная с эпохи проторенессанса постоянно возникают в недрах основного стиля, существующего на текущий момент [1]. Постепенно число художников нового стиля или течения в живописи увеличивается до некоторого значения, а потом начинает уменьшаться (рис. 3, 9, 13). Стиль в XII-XVIII веках существовали несколько десятилетий, а течения и несколько столетий. На таких временных интервалах происходила смена поколений художников. Изменялись экономические отношения и социальная структура общества. Молодые художники в новых условиях существования общества с изменившимися за десятилетия интересами начинали искать новые подходы в живописи, которые воспринимались с интересом в обществе. Постепенно происходит смена поколений и художников и любителей живописи, интерес к существующим стилям начинает угасать. Поскольку интерес к искусству всегда существовал, с доисторических времен, то в обществе всегда существует большая группа лиц, которые готовы поддержать новый стиль и морально, и материально. Начинает развиваться новое направление (течение).

Поскольку направления сменяют друг друга, то припишем последовательно сменяющимся направлениям номер  $i \in [1, 2, \dots, n]$ , где  $n$  — число направлений. Течение с номером  $i$  возникает в развитом течении с номером  $i-1$  и в нем зарождается течение с номером  $i+1$ .

Примем, что течение  $i$  характеризуется числом художников  $N_i$  и числом любителей этого направления  $M_i$ . Примем, что увеличение числа художников происходит только в том случае, если есть любители живописи. Часть художников может переходить в новое направление, а в старое не переходит, поскольку интерес к старому направлению угасает.

Группу художников конкретного направления можно рассматривать как популяцию, численность которой увеличивается до некоторого порогового значения. В первом приближении можно принять, что скорость увеличения численности с учетом миграции описывается уравнением [10]



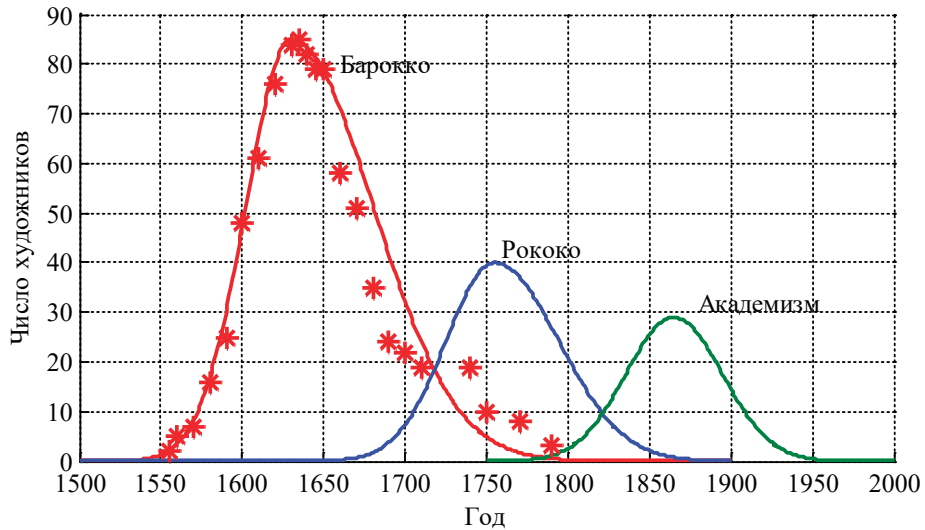


Рис. 13

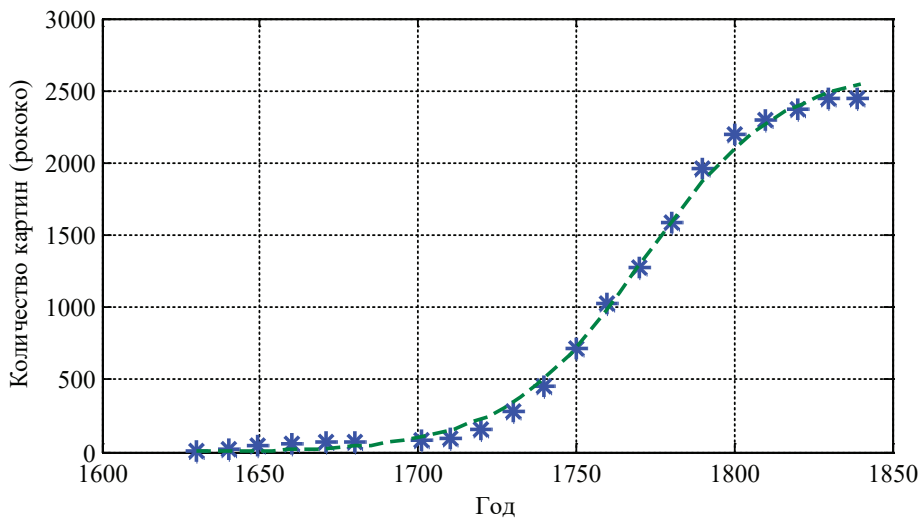


Рис. 14

$$\frac{dN}{dt} = \mu N \left( 1 - \frac{N}{K} \right) - \nu N, \tag{5}$$

где  $\mu$  — удельная скорость роста популяции при малой ее численности,  $K$  — максимальное количество особей,  $\nu$  — доля особей, покидающих популяцию.

Модель (5) не учитывает влияние лиц, поддерживающих конкретное течение. Учет влияния поклонников учитывается в модели

$$\begin{aligned} \frac{dN}{dt} &= \mu N \left( \frac{M}{b+M} - \frac{N}{K} \right) - \nu N, \\ \frac{dM}{dt} &= -\gamma \mu N \frac{M}{b+M}, \end{aligned} \tag{6}$$

где  $M$  — число поклонников.

В качестве начальных условий принимаются

$$N(t=0) = N^0, \quad M(t=0) = M^0,$$

где  $N^0$  — малая величина по сравнению с  $K$ , а  $K$  — по сравнению с  $M^0$ .

При малых значениях  $N^0$  первое уравнение в линейном приближении принимает вид

$$\frac{dN}{dt} = \left( \mu \frac{M^0}{b+M^0} - \nu \right) N.$$

При выполнении условия  $v < \mu \frac{M^0}{b + M^0}$  (при малой доли участников покидающих течение) численность художников будет увеличиваться. Но, поскольку число любителей постоянно уменьшается, то численность художников начнет со временем уменьшаться.

В модели (6) в отсутствие любителей (при  $M = 0$ ) численность художников будет уменьшаться. При большом числе любителей (при  $M \rightarrow \infty$ ) их численность не влияет на скорость роста числа художников и их численность описывается уравнением (5). Численность любителей  $M$  при большом их числе на момент начала формирования течения значительно не увеличивается, поскольку с одной стороны течение морально начинает устаревать, а с другой стороны и часть культурного общества новое течение отвергает. Поэтому численность любителей со временем не увеличивается и постоянно убывает.

Модель рождения и гибели направлений представлена следующей системой дифференциальных уравнений [10]

$$\begin{aligned} \frac{dN_1}{dt} &= \mu_1 N_1 \left( \frac{M_1}{b_1 + M_1} - \frac{N_1}{K_1} \right) - v_1 N_1, \\ \frac{dM_1}{dt} &= -\gamma_1 \mu_1 N_1 \frac{M_1}{b_1 + M_1}, \\ \frac{dN_i}{dt} &= \mu_i N_i \left( \frac{M_i}{b_i + M_i} - \frac{N_i}{K_i} \right) - v_i N_i + v_{i-1} N_{i-1}, \quad (i=2, \dots, n), \\ \frac{dM_i}{dt} &= -\gamma_i \mu_i N_i \frac{M_i}{b_i + M_i}. \end{aligned}$$

В качестве начальных условий принимаются

$$\begin{aligned} M_i(t=0) &= M_i^0, \\ N_1(t=0) &= N_1^0, \quad N_i(t=0) = 0 \quad (i=2, \dots, n). \end{aligned}$$

Эти начальные данные подразумевают, что в начальный момент времени художники формируют только первое течение, а остальных течений еще нет. В то же время в обществе всегда есть группа лиц, которые в какой-то момент смогут заинтересоваться новым течением.

На рис. 15 для случая  $n=3$  отражено изменение функций  $N_1(t)$ ,  $N_2(t)$  и  $N_3(t)$  от времени при «базовых» значениях параметров:  $\mu_1=0.15$ ,  $\mu_2=0.10$ ,  $\mu_3=0.04$ ,  $v_1=0.002$ ,  $v_2=0.010$ ,  $v_3=0.020$ ,  $\gamma_1=0.06$ ,  $\gamma_2=0.15$ ,  $\gamma_3=0.15$ ,  $K_1=150$ ,  $K_2=140$ ,  $K_3=400$ ,  $b_1=2.8$ ,  $b_2=4.2$ ,  $b_3=2.0$ . Принималось, что в начальный момент времени (при  $t=0$ ):  $M_1=30$ ,  $M_2=40$ ,  $M_3=20$ ,  $N_1=0.1$ ,  $N_2=0$ ,  $N_3=0$ .

Оценка возможной эволюции одного течения осуществлялась следующим образом: решение уравнений (6) строилось при различных значениях констант, отличающихся от «базовых» не более чем на 10 %, выбранных случайным образом. На рис. 16 для случая 10 000 экспериментов отражена «средняя» зависимость  $N_1(t)$  от времени (сплошная линия), и зависимости с максимальными значениями  $N_1(t)$  (max) и минимальными (min). Вертикальными линиями отмечены временные границы достижения максимального значения функции  $N_1(t)$  в этих экспериментах. Время достижения максимума лежит в диапазоне шириной около 20 единиц времени при 150 единицах времени существования течения. Численное моделирование осуществлялось в среде программирования математического пакета MatLab [9].

## Импрессионизм

В XIX веке произошел качественный скачок в создании сюжетов и технике исполнения. Возникает новое направление, отказавшееся от канонов эпохи Возрождения, стилей и направлений из него выросших. Таким течением стал импрессионизм, принеший новые техники и подходы в искусстве [14, 16]. Наиболее известными его представителями являются такие художники, как Ван Гог (1853–1890), Клод Моне (1840–1926), Камилль Писсаро (1830–1903), Огюст Ренуар (1841–1870), Эдгар Дега (1834–1917) [16]. Родиной течения принято считать Францию. Истоки импрессионизма лежат в борьбе романтизма с классическими канонами в живописи. В своей несогласии с общепринятыми нормами искусства, желании найти новые формы и свежие идеи в живописи, художники объединились в свою собственную группу, став своеобразным «ядром» нового течения. Несмотря на то, что первые выставки художников терпели неудачи, число их последователей росло, а импрессионизм получил распространение по всей Европе, охватив поэзию, театр, литературу.

Пик творчества импрессионистов приходится на 1890-е годы. За 15 лет художники от первоначального неприятия общественностью пришли к огромной славе, что в свою очередь привело и к финансовому успеху. В тот период в новом течении участвуют сотни художников таких стран, как Голландия, Великобритания, Италия, Испания, Бельгия, США. С распространением импрессионизма начинают формироваться и группы его ценителей. Среди них известные писатели (Аристид Брюан, Эмиль Золя, Ги де Мопасан), критики (Теодор Дюре, Феликс Фенон, Матье Жеффруа, Эмиль Бержера), коллекционеры и владельцы галерей (Поль Гаше, Гастон Бернхейм, Поль Дюран-Рюэль). Спад интереса к импрессионизму начался в конце XIX века [16].

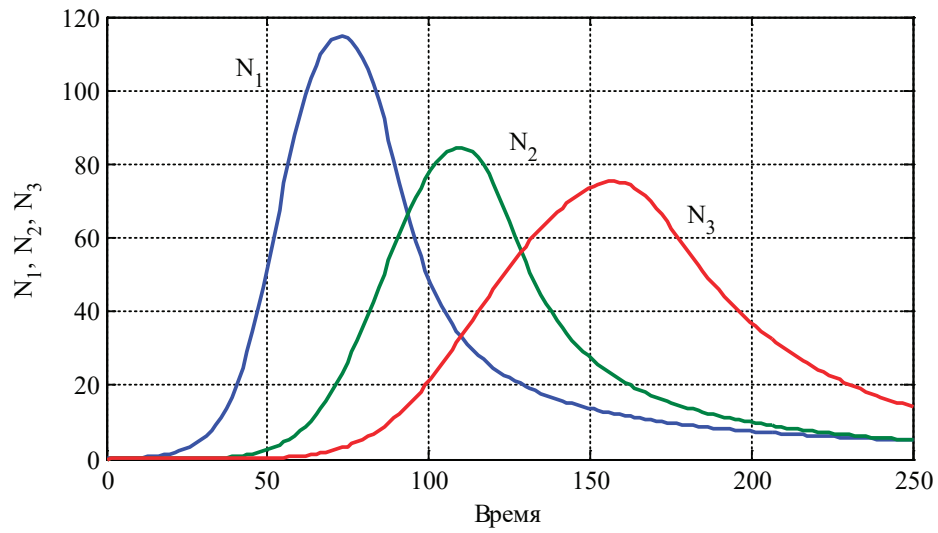


Рис. 15

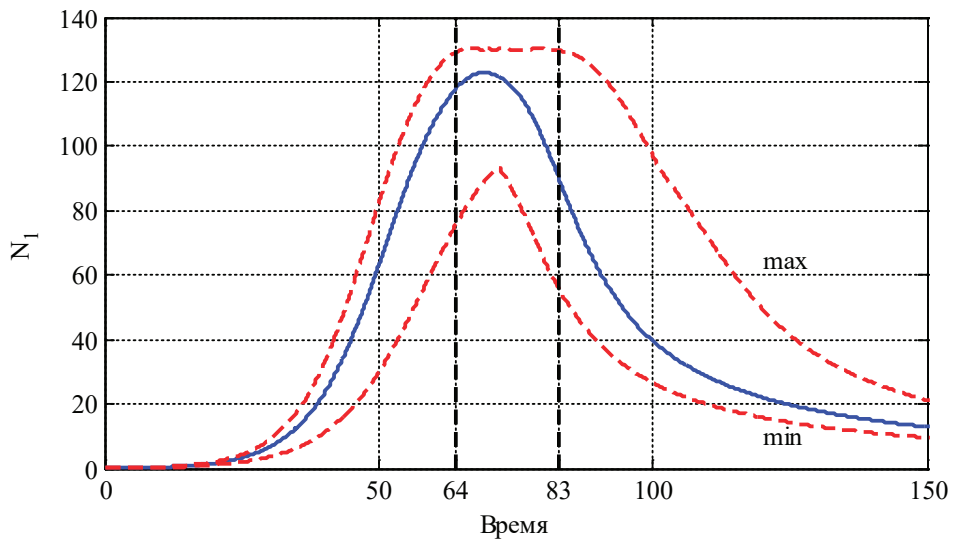


Рис. 16

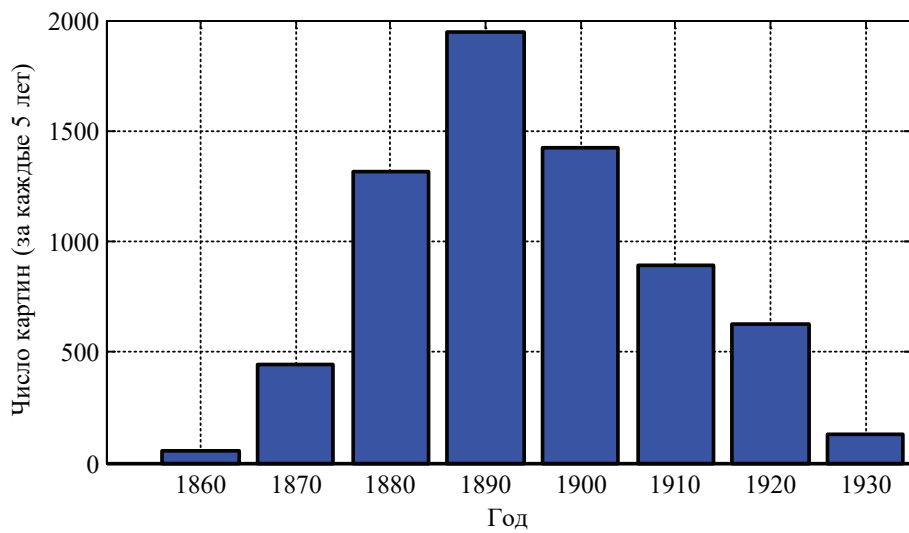


Рис. 17

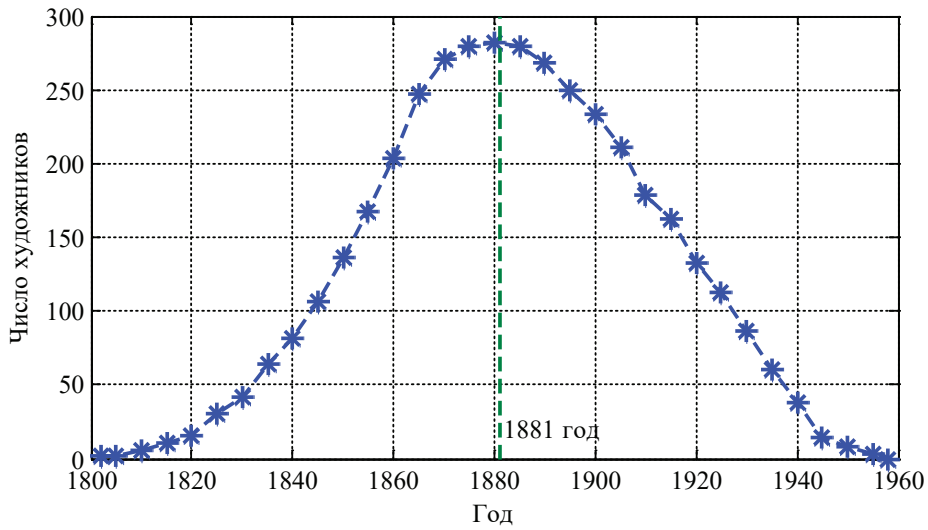


Рис. 18

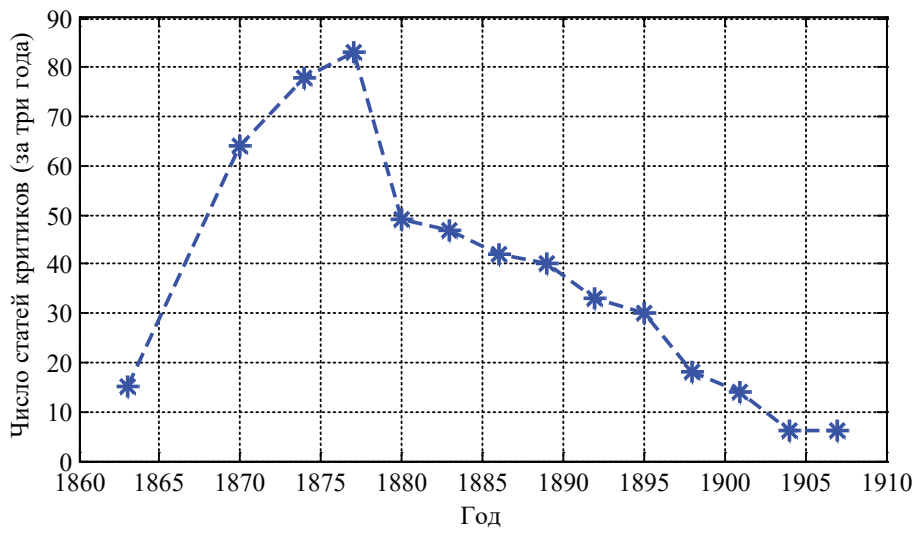


Рис. 19

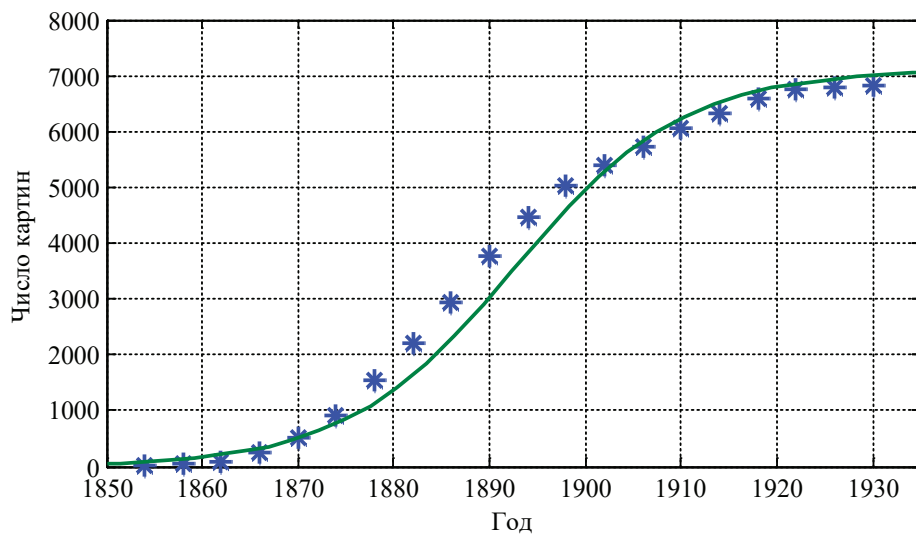


Рис. 20

На рис. 17 показано распределение 6833 картин импрессионистов по годам за каждые 10 лет. Распределение числа действующих художников приведено на рис. 18. Экстремум в этой зависимости приходится на 1881 год. На рис. 19 отражено изменение числа публикаций, посвященных импрессионистам [15] в сумме за каждые три года (учтено 580 публикаций). Как следует из статистических данных интерес к новому течению у специалистов стал угасать одновременно с уменьшением числа художников этого течения (рис. 17–18).

Изменение числа написанных картин во времени из 6833 учтенных, отражено на рис. 20. Эта зависимость описывается логистическим уравнением:

$$\frac{dx}{dt} = \mu x \left( 1 - \frac{x}{K} \right).$$

Аппроксимирующей зависимости ( $\mu = 0.12$ ,  $K = 7100$ ) на рис. 20 соответствует сплошная линия, статистические данные отмечены символом «\*». Интерес к импрессионизму ценителей живописи можно оценить по числу публикаций (рис. 19), посвященных этому течению, общее количество которых описывается логистической зависимостью с удельной скоростью  $\mu = 0.15$ . Близкие значения удельных скоростей роста этих зависимостей можно рассматривать как совместную заинтересованность и зрителей, и художников в создании новых произведений. Со временем художники начинают находить новые решения, для зрителей течение становится морально устаревшим, и оно начинает угасать.

### Модель возникновения нового течения на примере импрессионизма

Будем считать, что есть некоторое предельное значение числа художников, ниже которого численность популяции художников не сможет увеличиваться и будет убывать. Эта нижняя граница зависит от экономического благосостояния и культурного уровня страны, от востребованности обществом произведений живописи. То есть малочисленная популяция художников для общества может погибнуть.

Введем две группы художников численностью  $u_1$  и  $u_2$  каждая. Первая группа художников работает по общепринятым канонам. У части участников этой группы возникают новые идеи, и они постепенно образуют новую группу с новыми подходами в живописи. Примем, что переход во вторую группу происходит за счет влияния участников второй группы на участников первой группы. С учетом этих предположений модель возникновения новой группы представлена задачей Коши для системы двух обыкновенных уравнений

$$\begin{aligned} \frac{du_1}{dt} &= \mu u_1 (u_1 - \alpha)(1 - u_1) - \beta u_1 u_2 \\ \frac{du_2}{dt} &= -\beta(b - u_1)u_2 \end{aligned} \tag{7}$$

где  $\mu$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $b$  — параметры.

В первом уравнении  $\alpha$  рассматривается как граница численности первой группы, ниже которой начнется непрерывное уменьшение ее численности. Этот параметр должен удовлетворять неравенствам  $0 \leq \alpha < 1$ . Слагаемое  $\beta u_1 u_2$  — скорость перехода участников первой группы во вторую за счет их агитации участниками второй группы. Слагаемое  $\beta b u_2$  во втором уравнении рассматривается как скорость ухода части участников второй группы из группы, вызванная разочарованием новым направлением.

К системе уравнений (7) добавляются начальные условия при  $t = 0$ :

$$u_1 = 1, u_2 = u_2^0,$$

где  $u_2^0 \ll 1$ . Эти условия подразумевают, что формирование новой группы начинается в начальный момент времени с малой ее численности. Численность первой группы принята равной единице.

Система уравнений (7) имеет четыре стационарные точки.

- $u_1 = 0, u_2 = 0$ .

В этой стационарной точке собственные значения матрицы правой части уравнений (7) будут отрицательными:  $\lambda_1 = -\mu\alpha$ ,  $\lambda_2 = -\beta b$  и, соответственно, эта точка будет устойчивой.

- $u_1 = \alpha, u_2 = 0$ .

В этой стационарной точке  $\lambda_1 = \mu\alpha(1 - \alpha) > 0$ ,  $\lambda_2 = -\beta(b - \alpha)$ . Поскольку одно из собственных значений положительное, то эта стационарная точка будет неустойчивой.

- $u_1 = 1, u_2 = 0$ .

В этой точке  $\lambda_1 = -\mu(1 - \alpha) < 0$ ,  $\lambda_2 = -\beta(b - 1)$ . Неравенство  $b > 1$  обеспечивает отрицательность собственных значений и устойчивость этой стационарной точки. В противном случае (при  $b < 1$ ) эта точка будет неустойчивой.

- $u_1 = b, u_2 = \frac{\mu}{\beta}(b - \alpha)(1 - b)$ .

Эта точка реализуется, если параметр  $b$  удовлетворяет условиям  $\alpha < b < 1$ . Матрица Якоби правой части уравнений (7)



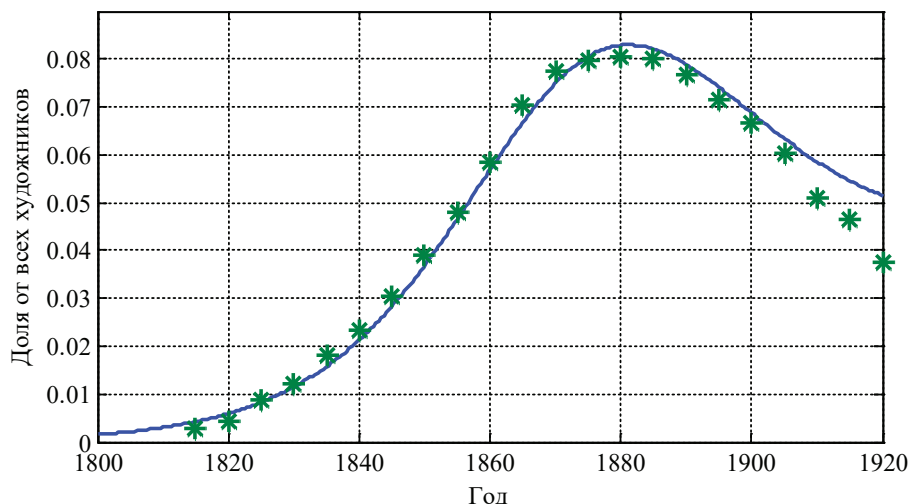


Рис. 21

$$J = \begin{pmatrix} \mu b(1 + \alpha - 2b) & -\beta b \\ \beta b u_2 & 0 \end{pmatrix}$$

будет иметь собственные значения с отрицательной вещественной частью, если выполняется условие  $1 + \alpha - 2b < 0$ . Накладываемые условия на параметр  $b$ , которые обеспечивают устойчивость существования двух групп, не что иное, как требование достаточно быстрой убыли художников второй группы. На рис. 21 для случая  $\mu=0.10$ ,  $\alpha=0.1$ ,  $\beta=0.28$ ,  $b=0.75$  отражена зависимость  $u_2(t)$ . Статистические данные (импрессионизм, рис. 18), в предположении наличия в первой группе 3 500 художников отмечены символом «\*». В рамках этого результата следует, что около 8 % художников от общего числа представляли новое течение, а на начальном этапе их число составляло около 0.1 % от общего количества художников.

### Заключение

Модель возникновения культурных центров, разработанная на основе анализа античного периода, описывает начальный этап возникновения центров живописи, архитектуры и скульптуры, распространения информации в культурном слое и ее передачи в будущее. Модель учитывает смену культурного направления эволюции общества на иные направления, вызванную внешними и внутренними причинами.

Разработанные модели возникновения течений отражают начальный этап формирования нового течения, и согласуется со статистическими данным по трем эпохам Возрождения, и таким течениями как барокко, рококо, академизм. Она представляет собой модель хищник-жертва с учетом эффекта Олли для популяции жертвы. В роли хищника выступают художники нового направления, а в роли жертвы — художники, которых может заинтересовать новое направление. Процесс формирования нового направления, как следует из анализа статистических данных, можно рассматривать на основе обоюдного интереса к новому и художников, и членов социального общества. Поэтому в качестве «жертвы» в модели могут выступать и члены общества, поддерживающие новое направление.

### Литература:

1. Аксенова А.С. История искусств. Просто о важном. Стили, направления течения / А.С. Аксенова. — М.: Эксмо, 2019. — 208 с.
2. Андреев А.Н. Живопись и живописцы главнейших европейских школ / А.Н. Андреев. — СПб.: тип. Вольфа, 1857. — 579 с.
3. Виппер Б.Р. Искусство Древней Греции / Б.Р. Виппер. — М.: Изд-во В. Шевчук, 2017. — 560 с.
4. Даниэль С.М. Рококо: от Ватто до Фрагонара / С.М. Даниэль. — СПб.: Издательская группа «Азбука-классика», 2010. — 336 с.
5. Дмитриева Н.А. Краткая история искусств. Вып. 1. От древнейших времен по XVI век. Очерки / Н.А. Дмитриева. — М.: Искусство, 1985. — 319 с.
6. Искусство. Всемирная история / Под ред. С. Фарсинга. — М.: ООО «Магма», 2015. — 576 с.
7. Каптерева Т.П. Античное искусство Испании и Португалии / Т.П. Каптерева. — М.: Изобразительное искусство, 1997. — 200с.

8. Колесин И.Д. Принципы моделирования социальной самоорганизации / И.Д. Колесин. — СПб.: Изд-во «Лань», 2013. — 288 с.
9. Колпак Е.П. Вычисления в Matlab: учебное пособие / Е.П. Колпак. — Казань: Изд-во «Бук», 2016. — 184 с.
10. Колпак Е.П. Математические модели одиночной популяции / Е.П. Колпак, Е.А. Ефремова. — Казань: Изд-во «Бук», 2017. — 122 с.
11. Колпакова Г. Искусство Византии. Ранний и средний периоды / Г. Колпакова. — СПб.: Издательская группа «Азбука-классика», 2010. — 528 с.
12. Куглер Ф. Руководство к истории живописи со времен Константина Великого / Ф. Куглер. — М.: тип. Гречева, 1872. — 911 с.
13. Куманецкий К. История культуры Древней Греции Рима / К. Куманецкий. — М.: Высш. шк., 1990. — 351 с.
14. Мосин И.Г. Мировое искусство (Мастера итальянского Возрождения) / И.Г. Мосин. — СПб.: ООО «СЗКЭО Кристалл», 2006. — 224 с.
15. Оейтерсверд О. Импрессионисты перед публикой / О. Оейтерсверд. — М.: Издательский дом «Рип-холдинг», 2016. — 287 с.
16. Ревалд Дж. История импрессионизма / Дж. Ревалд. — М.: Мир энциклопедий Аванта+, Астрель, Э АСТ. 2012. — 470 с.
17. Семенов В. Первобытное искусство: Каменный век. Бронзовый век / В. Семенов. — СПб.: Азбука-классика, 2008. — 592 с.
18. Суриков И.Е. История и культура Древней Греции: Энциклопедический словарь / И.Е. Сурикова, В.С. Ленская, Е.И. Соломатина, Л.И. Тараушвили. — М.: Языки славянских культур, 2009. — 792 с.
19. Тараушвили Л.И. Искусство Древней Греции / Л.И. Тараушвили. — М.: Языки славянских культур, 2004. — 336 с.
20. Тойнби А.Д. Исследование истории. Возникновение, рост и распад цивилизаций / А.Д. Тойнби. — М.: АСТ: АСТ Москва, 2009. — 670 с.
21. Чубова А.П. Античные мастера. Скульпторы и живописцы / А.П. Чубова, Г.И. Конькова, Л.И. Давыдов. — Л.: Искусство, 1986—251 с.
22. Энциклопедия искусства Древнего мира / М.: ОЛМА-ПРЕСС Образование, 2002. — 352 с.

## Математические модели опухолей молочной железы

Колпак Евгений Петрович, доктор физико-математических наук, профессор;  
Французова Инна Сергеевна, аспирант;  
Евменова Елизавета Олеговна, студент магистратуры  
Санкт-Петербургский государственный университет

### Введение

Среди всех злокачественных новообразований у женщин около 20–25% составляют заболевания молочной железы. Такую же долю составляют смертные случаи. По последним статистическим данным из-за демографического подъема и геронтологической ситуации в мире к 2030 году смертность в результате онкологических заболеваний увеличится на 45%, а число новых случаев заболеваний онкологией увеличится на 27%. По данным Всемирной Организации Здравоохранения (ВОЗ) только в 2015 году от онкологических заболеваний погибло 8,8 млн человек.

В 2017 году на 100 000 женского населения приходилось около 450 больных с установленным диагнозом рака молочной железы. Рак молочной железы занимает первое место из всех онкологических заболеваний среди женского населения страны. Темпы роста числа больных начиная с 1990-х годов составляют около 3.5% в год на 100 больных жителей женского населения Российской Федерации, а число больных в возрастной когорте до 35 лет увеличивается на 4.0% в год. Это заболевание является прогрессирующим в большинстве стран мира. В некоторых странах темпы роста доходят до 6% в год. На развитие заболеваний влияют различные причины: наследственность, сопутствующие заболевания, внешние физические факторы, депрессия, масса тела, географическое место жительства [1]. Достоверное знание этих причин позволит снизить риск заболевания. Непосредственное лечение заболеваний осуществляется различными методами [2–5], но единого мнения о наиболее эффективном методе на сегодняшний день нет. Хирургический метод — как в самостоятельном варианте, так и в комбинации с лучевой терапией, химиогормонотерапией, таргетной терапией — является основой лечения рака молочной железы химиотерапией [6]. В этом направлении при наличии хорошей математической модели можно спланировать варианты лечения и оценить его временные интервалы [7].

Онкологические заболевания являются трудноизлечимыми, с высоким уровнем смертности. Несмотря на достижения медицины в лечении онкологических заболеваний, эффективные программы выявления больных рост числа больных остановить не удастся. Нет и эффективных методов лечения по некоторым специализациям заболевания. Для решения задачи защиты здоровья населения необходимы усилия в различных областях науки и практики. В этом направлении математическое моделирование позволяет оценить возможные методы лечения заболеваний. Доступность основных статистических данных по онкологическим заболеваниям в России и ее регионах обеспечивается изданиями Госкомстата РФ [8] и федерального государственного учреждения Московский научно-исследовательский онкологический институт им. П.А. Герцена [9].

### Статистика онкологических заболеваний

Наибольшая смертность от различных заболеваний на протяжении последних 50 лет приходится на заболевания системы кровообращения (47% от всех смертей). Второе место занимают онкологические заболевания — 17%. На рис. 1 из расчета на 100 000 населения показано изменение смертности от всех причин заболеваний, от заболеваний системы кровообращения и новообразований. Статистическим данным с 1970 по 2017 год соответствует символ \*. Смертность за 1970 год по всем классам причин считается равной 1. Растущую с 1970 по 2004 год смертность от всех заболеваний и от заболеваний системы кровообращения удалось остановить только к 2004 году, а затем и постоянно ее уменьшать. Смертность от новообразований, выросшую за 30 лет в 1.4 раза, уменьшить, начиная с 2004 года, не удастся. Ее уровень не изменяется последние 20 лет.

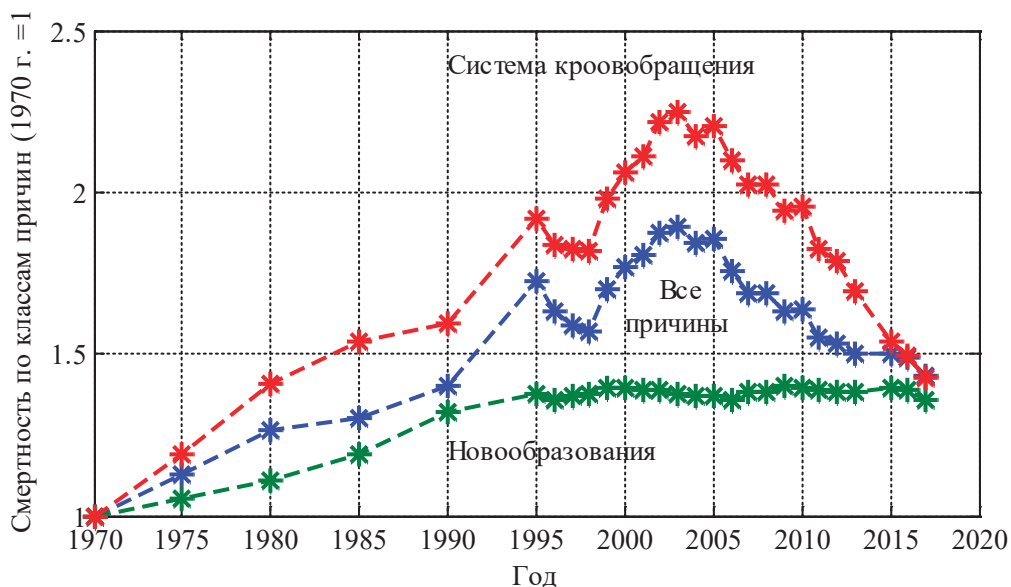


Рис. 1

Институт Герцена в статистических данных выделяет группу лиц, впервые поставленных на учет и стоящих на учете на конец года. Динамика изменения числа лиц в этих группах (относительно числа лиц в 1970 г.) приведена на рис. 2. Статистическим данным соответствует символ \*. Рост числа лиц, стоящих на учете, и лиц впервые заболевших происходит по экспоненциальной зависимости  $y = a \exp(\mu t)$  с показателем  $\mu = 0.030$  для стоящих на учете, и с  $\mu = 0.016$  для заболевших впервые.

Болезни с наибольшими смертностями и темпами роста числа больных у женщины являются заболевания репродуктивной системы и онкологические заболевания. Среди онкологических заболеваний к наиболее опасным и быстро увеличивающимся числом больных относятся опухоли молочной железы. Темпы роста числа больных в этих группах отражены на рис. 3. Как следует из рис. 3 группа больных молочной железой увеличивается приблизительно на 3.5 % в год, а по отношению ко всему женскому населению — на 0.15 % в год. При таких темпах роста число женщин с онкологическим заболеванием молочной железы к 2030 будет около 1 % всего женского населения страны.

Возрастная структура онкологических больных (молочная железа) отражена на рис. 4. Пунктирная линия соответствует нормальному распределению.  $f(x) = 13.5e^{-(1-x/62)^2/0.11}$ . На рис. 5 отражена возрастная структура смертности. Пунктирная линия соответствует нормальному распределению.  $f(x) = 13.5e^{-(1-x/67)^2/0.1}$ . Как следует из анализа этих данных около половины больных относятся к лицам трудоспособного возраста.

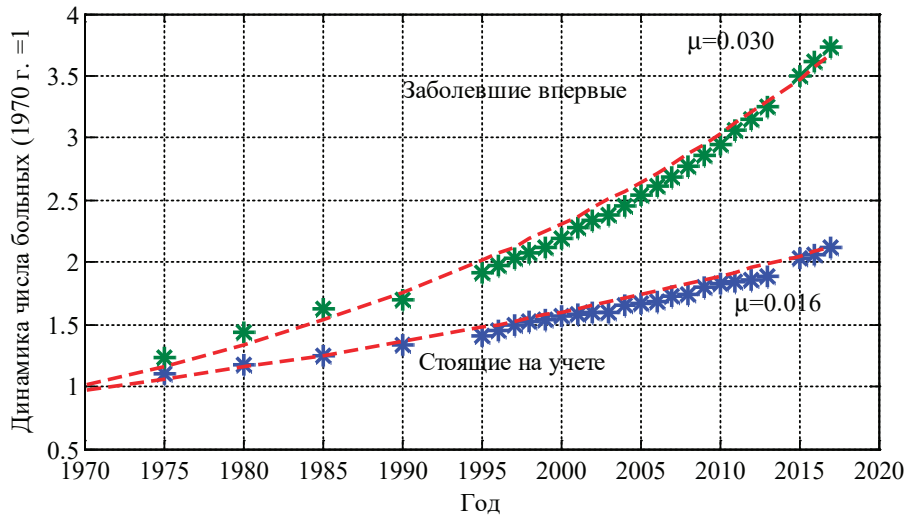


Рис. 2

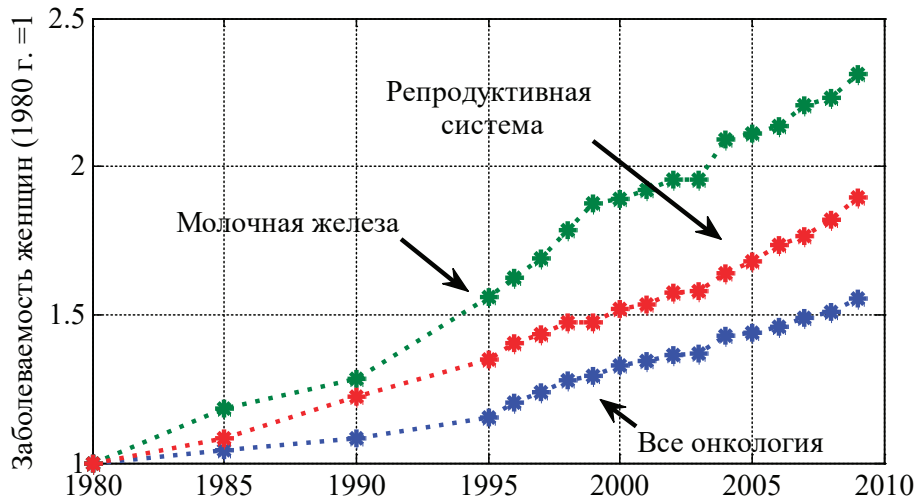


Рис. 3

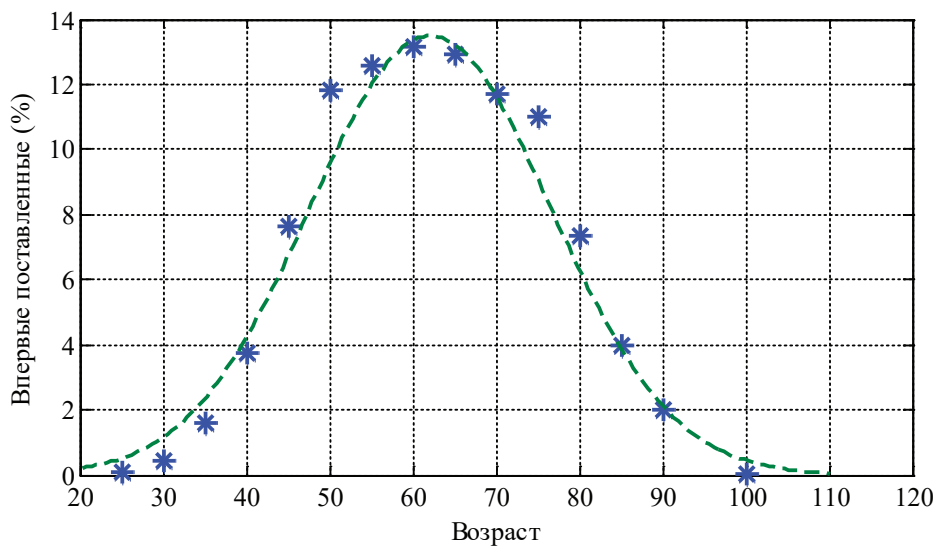


Рис. 4

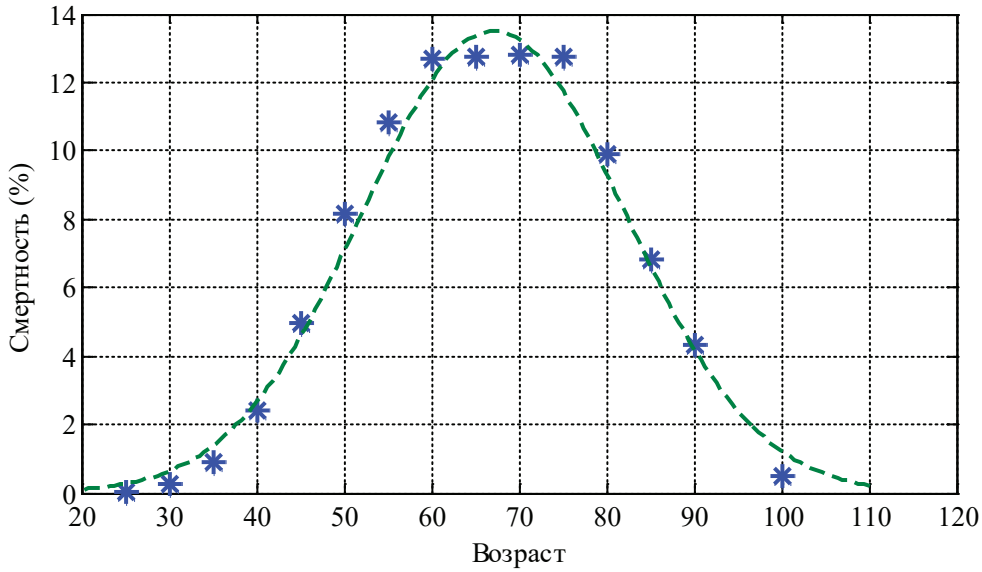


Рис. 5

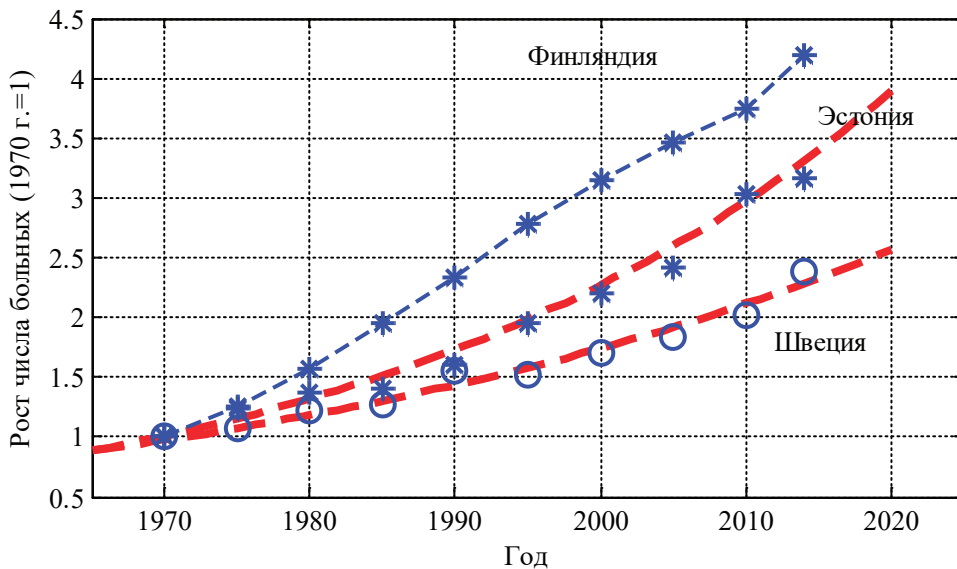


Рис. 6

При постановке первичного диагноза у 50 % больных обнаруживаются первая и вторая стадии из четырех стадий заболеваний, у 25 % третья и 20 % четвертая. 2 % больных после постановки диагноза отказываются от лечения, а 7 % лечение существующим методам противопоказано.

Рак является прогрессирующим заболеванием в большинстве стран мира. В некоторых странах темпы роста достигают до 6 % в год. В 57 странах Европы рост числа больных раком молочной железы изменяется от 0.045 до 0.200 больных в год при среднем значении 0.082 среднеквадратичном отклонении 0.029. Динамика числа больных с 1970 по 2015 год в Финляндии, Эстонии и Швеции отражена на рис. 6. Символом «\*» отмечены статистические данные. Число больных на 1970 год принято равным единице. Пунктирными линиями для Эстонии и Швеции отмечены экспоненциальные зависимости с показателями 0.019 для Швеции и с показателем 0.027 для Эстонии. Число больных в Финляндии растет с постоянной скоростью 0.09 человек в год.

На развитие заболеваний влияют различные причины: наследственность, сопутствующие заболевания, внешние физические факторы, депрессия, масса тела, географическое место жительства [1]. Достоверное знание этих причин позволит снизить риск заболевания. Непосредственное лечение заболеваний осуществляется различными методами [7], но единого мнения о наиболее эффективном методе на сегодняшний день нет. Хирургический метод — как в самостоятельном варианте, так и в комбинации с лучевой терапией, химиогормонотерапией, таргетной терапией — является основой лечения рака молочной железы химиотерапией [7]. Наиболее распространенными методами лечения являются: хирургическое (50 % случаев), комбинированное (32 %), лучевое (11.1 %).



### Строение тканей

Основной структурной единицей живого вещества является клетка — само регулируемая, самовоспроизводящаяся и само сохраняющаяся система. Как физическая система клетка представляет собой сложную систему биополимеров, отделенных от внешней среды мембраной. Межклеточное взаимодействие обеспечивает функциональную кооперацию контактирующих клеток — согласованность действия клеток в многоклеточном организме. Между клетками большинства тканей образуются микроскопические каналцы, по которым происходит перетекание вещества из одной клетки в другую. Это обеспечивает выравнивание градиентов концентрации веществ. Каналы могут закрываться на разные промежутки времени. Закрытие каналов навсегда приводит к изоляции клетки с выходом ее из-под контроля координирующих пролиферацию команд.

Процесс деления клеток сложен, состоит из нескольких циклов, регулируется каскадом команд. Каждая новая клетка делится определенное число раз с последующим самоуничтожением. Нарушение механизма самоуничтожения у части клеток приводит к их постепенному накоплению с последующим образованием «опухоли». То есть, процесс роста опухоли обусловлен избыточным воспроизводством клеток. В опухолях возникают зоны некроза на некотором расстоянии от кровеносных сосудов, по которым происходит снабжение клеток питанием. Рост опухоли сопровождается уменьшением сосудистой сети на единицу объема. Это также является фактором, увеличивающим клеточные потери и размер некротической зоны.

Наиболее цитируемой моделью опухоли является предположение о возникновении опухолевых клеток из одной клетки. Это предполагает однородность опухоли на протяжении всего времени ее роста. Однако по мере роста изменяются структурные и функциональные свойства клеток опухоли, появляется способность метастазированию, изменяется способность реагировать на гормональное влияние и химические препараты. То есть первичный клон опухолевых клеток дает начало множеству субклонов, отличающихся в функциональном отношении: реакцией на иммунный ответ, способностью к расселению, способностью к метастазированию, устойчивостью к лучевой и лекарственной терапии (рис. 7).

### Строение молочной железы

Ткань молочной железы состоит из конусообразных долей. Каждая доля состоит из собственных долек, от которых проходят молочные протоки, заканчивающиеся млечными порами. Молочные протоки представляют собой полые нити, стенки которых состоят из эпителиальной ткани. Система из долек, молочных протоков и пор позволяет производить кормление грудью. При протоковом раке молочной железы некоторые клетки эпителиальной ткани протоков мутируют, становясь постоянно делящимися, и начинают делиться, заполняя собой просвет протока молочной железы [10, 11]. Описанная опухоль классифицируется как образование низкой степени злокачественности, которая при прогрессировании заполняет собой протоковый просвет. В этом случае опухоль развивается только в протоке, не проникая в другие ткани. Питательные вещества опухолевые клетки, как и здоровые клетки эпителия, получают через кровеносные сосуды [12, 13].

Злокачественные новообразования характеризуется активным делением клеток, сопровождающимся вытеснением нормальных клеток и накоплением атипичных. При внутрипротоковом РМЖ рост атипичных тканей происходит непосредственно внутри самих протоков. Атипичные клетки быстро делятся, и затем происходит их десквамация в полость протоков молочной железы. Клетки опухоли не поражают стенки протоков и могут распространяться внутри вдоль них.

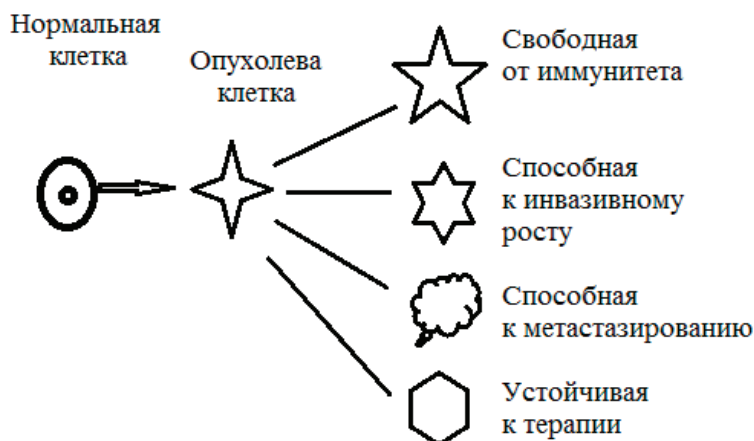


Рис. 7

Первые математические модели опухолей молочной железы были разработаны в 1950-е годы. В 1956 г. V. P. Collins предложил экспоненциальную модель развития опухоли. L. von Bertalanffy в 1957 году предложил строить модели развития рака молочной железы с учетом размеров и обменных процессов внутри самой опухоли. А. К. Laird в 1964 году при описании роста РМЖ впервые использовал модель Гомперца. J. A. Spratt с группой ученых в 1993 году впервые предложили логистическую модель роста новообразования молочной железы. В основе современных моделей лежит предположение о случайном смещении всех взаимодействующих клеток опухоли за счет диффузии или учитывается диффузионное движение и гидродинамическое смещение, вызванное избыточным внутренним давлением при росте опухоли [16–21]. В работе предлагается диффузионная модель, в которой учитываются только три типа клеток — «опухолевые» (делящиеся), «нормальные» и «некротические».

**Математическая модель зарастания протоки молочной железы**

Проток молочной железы рассматривается как цилиндрическая трубка длиной  $l$  с радиусом  $R$ , в которой находятся клетки эпителия и клетки опухоли с линейными плотностями  $N_C$  и  $N_N$ , соответственно. Распространение опухоли вдоль протока происходит за счет диффузии клеток опухоли, тогда как клетки эпителия не распространяются по протоку. Клетки опухоли оказывают угнетающее влияние на клетки эпителия. Геометрический объем функционально пространства, в котором происходит рост опухолевых клеток принимается равным единице. Поскольку радиус трубки значительно меньше ее длины, геометрической моделью протока является отрезок длиной  $l$ . Математическая модель роста опухоли представлена краевой задачей для системы двух дифференциальных уравнений в частных производных

$$\frac{\partial N_C}{\partial t} = \mu_1 N_C (1 - N_C - N_N) + D \frac{\partial N_C}{\partial x^2},$$

$$\frac{\partial N_N}{\partial t} = \mu_2 N_N (1 - N_C - N_N) - \gamma N_C N_N,$$

где  $t$  — время,  $x$  — пространственная координата.

К системе уравнений (1) добавляются условия на границах отрезка при  $x = 0$  и  $x = l$ :

$$\frac{\partial N_C}{\partial x} = 0, \quad \frac{\partial N_N}{\partial x} = 0,$$

и начальные условия при  $t = 0$ :

$$N_N = 1, \quad N_C = \delta \text{ при } x = 0 \text{ и } N_C = 0 \text{ при } x > 0.$$

Граничные условия соответствуют свободному росту опухоли вдоль отрезка. Начальные условия предполагают, что при  $t = 0$  в функциональном пространстве находятся «здоровые» клетки, а в точке  $x = 0$  появляется небольшое количество опухолевых клеток. Поскольку объем функционального пространства, в котором находятся клетки, принят за единицу, то там, где пространство полностью заполнено клетками (при выполнении равенства  $N_C + N_N = 1$ ), их рост прекращается. В этой модели предполагается, что опухолевые клетки оказывают стрессовое влияние на «здоровые» клетки со скоростью  $\gamma N_C N_N$ .  $\mu_1$  и  $\mu_2$  — удельные скорости роста опухолевых и здоровых клеток соответственно.

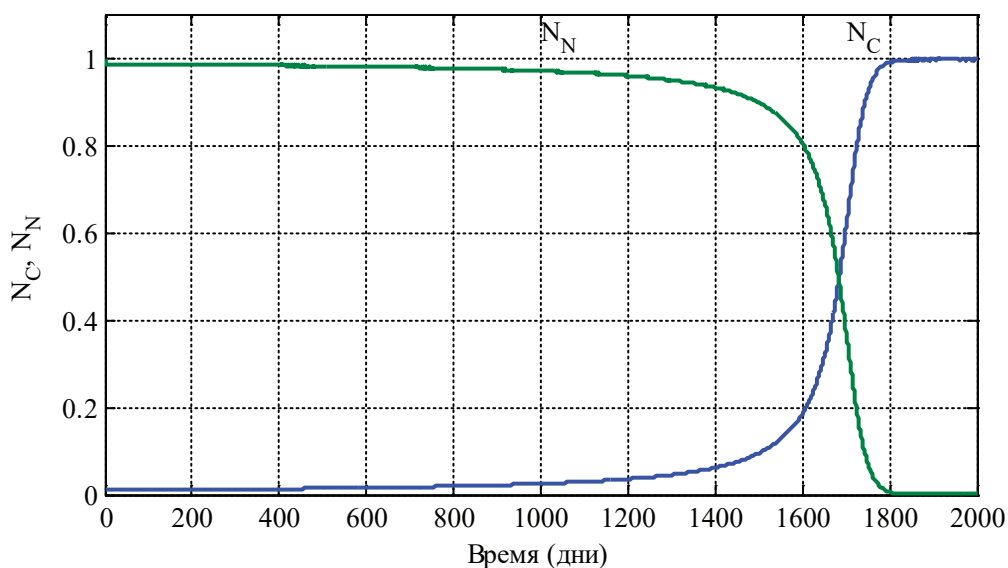


Рис. 8. Зависимость функций  $N_C = N_C(t)$  и  $N_N = N_N(t)$  при  $\mu_1 = 1.25, \mu_2 = 1, \gamma = 0.05$ .

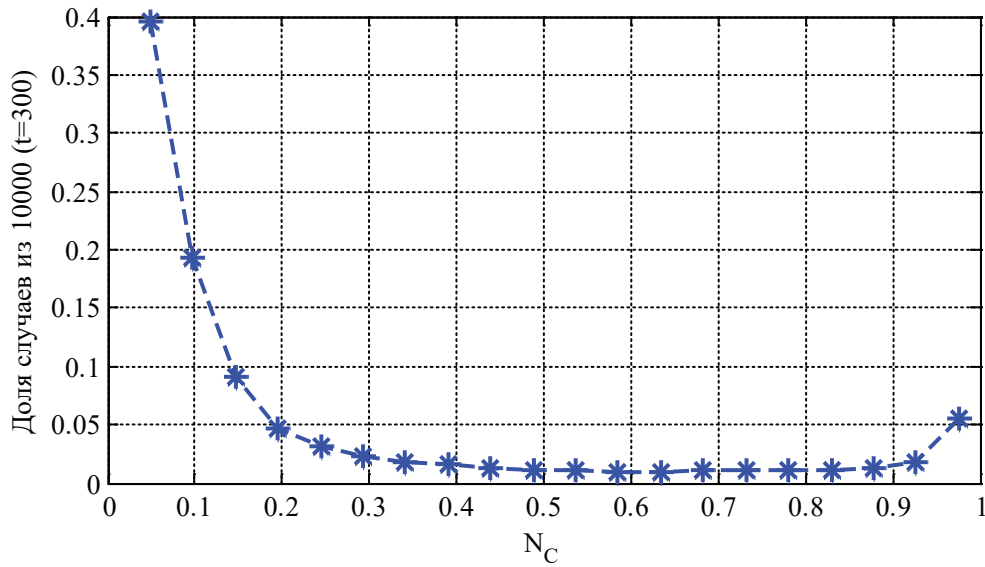


Рис. 9. Распределения значений  $N_C(t)$  в момент времени  $t = 300$  в зависимости от числа случаев

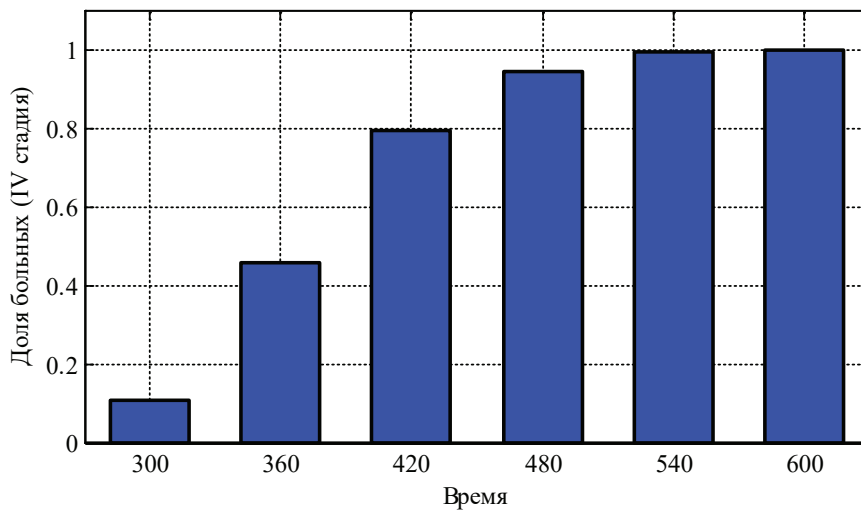


Рис. 10. Динамика числа «больных» в четвертой стадии

**Локальная модель**

В этой модели считается, что  $N_C$  и  $N_N$  общее количество клеток на отрезке. С учетом этого из (1) при  $D=0$  следует система обыкновенных дифференциальных уравнений

$$\begin{aligned} \frac{dN_C}{dt} &= \mu_1 N_C (1 - N_C - N_N), \\ \frac{dN_N}{dt} &= \mu_2 N_N (1 - N_C - N_N) - \gamma N_C N_N \end{aligned} \tag{2}$$

с начальными условиями

$$N_N(0) = 1, N_C(0) = \delta, \text{ где } \delta \text{ — малая величина.}$$

Для матрицы Якоби правой части системы уравнений (2) справедливо выражение

$$J = \begin{pmatrix} \mu_1(1 - 2N_C - N_N) & -\mu_1 N_C \\ -(\mu_2 + \gamma)N_N & \mu_2(1 - N_C - 2N_N) - \gamma N_C \end{pmatrix}.$$

Система уравнений (2) имеет три стационарные точки.

1.  $N_C = 0, N_N = 0$ .

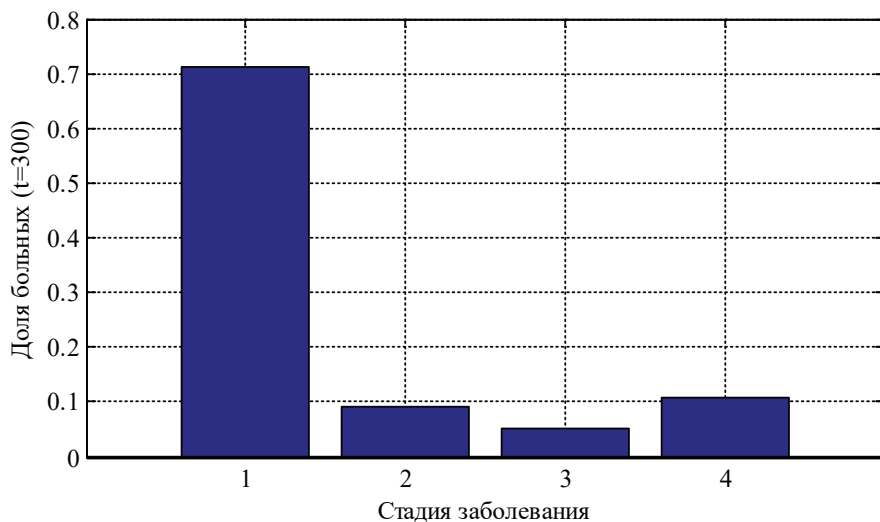


Рис. 11. Распределение «больных» по стадиям в момент времени  $t = 300$

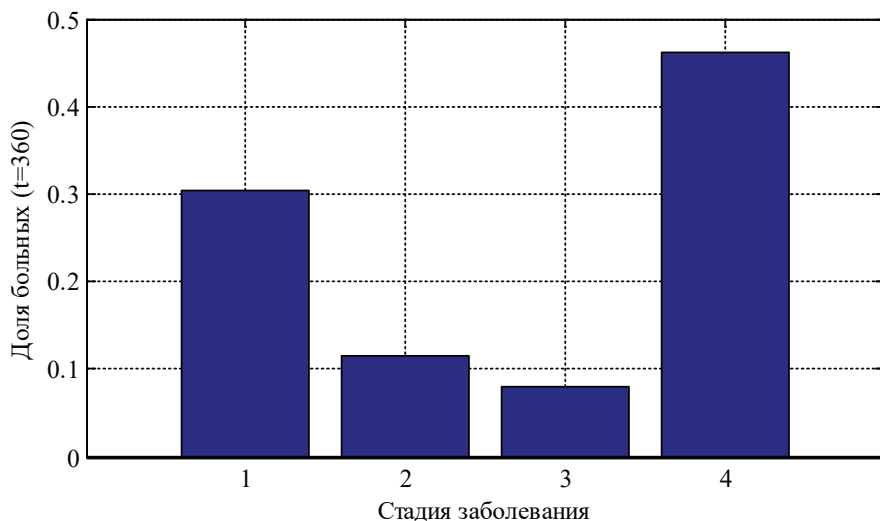


Рис. 12. Распределение «больных» по стадиям в момент времени  $t_0 = 360$

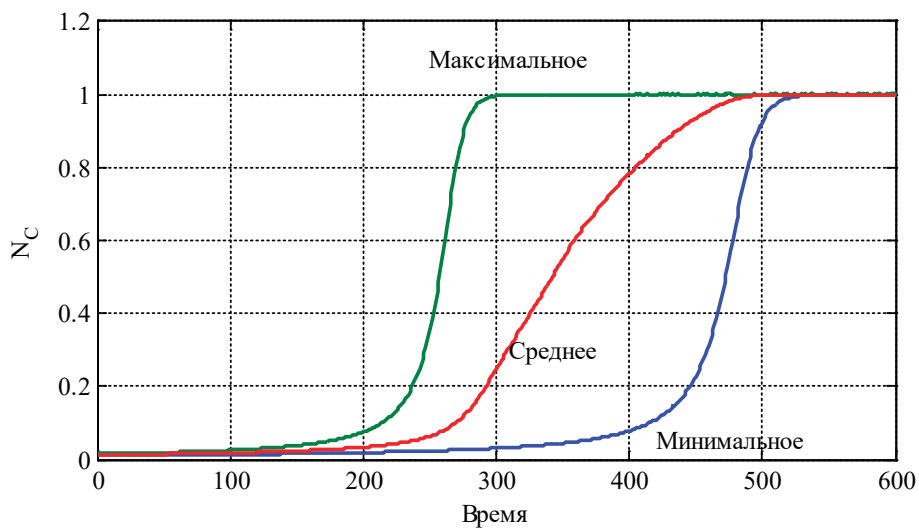


Рис. 13. «Статистический» диапазон изменения  $N_c(t)$

В этой точке оба собственных значения  $\lambda_1 = \mu_1$  и  $\lambda_2 = \mu_2$  матрицы  $J$  положительные. Поэтому в соответствии с теоремой Ляпунова об устойчивости стационарных точек эта стационарная точка будет неустойчивой.

$$2. N_C = 1, N_N = 0.$$

В этой точке оба собственных значения  $\lambda_1 = -\mu_1$  и  $\lambda_2 = -\gamma$  матрицы  $J$  отрицательные. Отрицательность собственных значений обеспечивает устойчивость этой стационарной точки.

$$3. N_C = 0, N_N = 1.$$

В этой точке  $\lambda_1 = 0$  и  $\lambda_2 = -\mu_2$ . Поскольку одно собственное значение равно нулю, то из линейного приближения устойчивость этой стационарной точки не следует.

Из уравнений (2) следует, что

$$\frac{1}{\mu_1 N_C} \frac{dN_C}{dt} - \frac{1}{\mu_2 N_N} \frac{dN_N}{dt} = \gamma N_C N_N.$$

Поскольку правая часть этого равенства является положительной функцией, то скорость роста функции  $N_C = N_C(t)$  должна быть положительной. Поэтому третья стационарная точка должна быть неустойчивой.

Решение системы уравнений (2) осуществлялось с применением численных методов. На рис. 8 для случая  $\mu_1 = 1.25$ ,  $\mu_2 = 1$ ,  $\gamma = 0.05$  отражено изменение функций  $N_C = N_C(t)$  и  $N_N = N_N(t)$  во времени. Принято, что  $\mu_1 > \mu_2$  поскольку считается, что удельная скорость опухолевых клеток выше, чем нормальных [13, 14]. Полученный результат соответствует клиническому этапу роста опухоли около пяти лет (1700 дней).

### Модель статистики заболеваемости

Скорость зарастания протока у каждого больного индивидуальна. Примем, что в модели (2) это отражается в различных значениях параметров  $\mu_1$ ,  $\mu_2$  и  $\gamma$ . Пусть  $\mu_1^0$ ,  $\mu_2^0$ ,  $\gamma^0$  минимальные значения этих параметров («базовые»), которые могут быть у «больного». Примем, что для остальных «больных» эти параметры распределены случайным образом:

$$\mu_i = \mu_i^0 (1 + \varepsilon \delta_i), \quad \gamma = \gamma^0 (1 + \varepsilon \delta_\gamma) \quad (i = 1, 2),$$

где  $\delta_1$ ,  $\delta_2$  и  $\delta_\gamma$  случайные числа из промежутка  $(0, 1)$ ,  $\varepsilon$  — положительная величина, характеризующая степень отклонения параметров от «базовых».

Тогда интегрирование уравнений  $n$  раз (для  $n$  больных) позволит оценить вероятную статистику степени заболеваемости. По степени заболеваемости «больных» разделим на четыре группы. В заданный момент времени  $t = t_*$  в первую группу относятся «больные», у которых  $0 < u(t_*) \leq 0.25$ , во вторую —  $0.25 < u(t_*) \leq 0.5$ , в третью —  $0.5 < u(t_*) \leq 0.75$ , в четвертую —  $0.75 < u(t_*) \leq 1$ .

На рис. 9 приведено распределения значений  $N_C(t)$  в момент времени  $t = 300$  в зависимости от числа случаев из 10 000 для случая  $\mu_1^0 = 2$ ,  $\mu_2^0 = 1$ ,  $\gamma^0 = 0.1$ . На рис. 10 показано изменения числа случаев четвертой стадии в долях от 10 000 случаев во времени. На рис. 11 приведено распределение больных по стадиям в момент времени  $t_0 = 300$ , а на рис. 12 в момент времени  $t_0 = 360$ . На рис. 13 отражено изменение среднего значения  $N(t_0)$  для 10 000 экспериментов (среднее), а также минимального и максимального для каждого из 10 000 случаев в каждый момент времени.

### Модель лечения

Лечение опухолей осуществляется с применением различных методов: хирургическое вмешательство, химиотерапия, радиоиммунотерапия, криогенная и таргетная технологии [10]. Но основным методом является хирургический метод с последующей химиотерапией [7]. Поскольку хирургическое вмешательство является практически «мгновенным», по сравнению со временем проведения последующей химиотерапии, то в работе рассматривается вариант только химиотерапии.

В клинической практике лечение начинается в момент постановки диагноза. То есть на момент достоверного обнаружения опухоли. По данным [7] в клинической практике опухоль, достигая 75 %-80 % размеров опухоли летального исхода, считается достоверно определяемой. Хирургическое вмешательство с последующей химиотерапией обеспечивают послеоперационную без рецидивной выживаемости от 5 лет и выше [22]. Химиотерапия осуществляется периодическим введением лекарств до прекращения заболевания, определяемого диагностическими методами [2, 23, 24].

В модели предполагается, что препараты действуют непосредственно только на опухолевые клетки, уничтожая их. При этом одна часть препаратов расходуется на уничтожение опухолевых клеток, а вторая распадается или отторгается организмом [25], не вступая в реакцию уничтожения опухолевых клеток. С учетом этих предположений модель (2) химиотерапии принимает вид



$$\begin{aligned} \frac{dN_C}{dt} &= \mu_1 N_C (1 - N_C - N_N) - \alpha N_C Drug, \\ \frac{dN_N}{dt} &= \mu_2 N_N (1 - N_C - N_N) - \gamma N_C N_N, \\ \frac{dDrug}{dt} &= f(t) - \beta N_C Drug - \gamma_d Drug. \end{aligned} \tag{3}$$

Третье уравнение в (3) описывает изменение концентрации *Drug* химиопрепаратов. Слагаемое  $\beta N_C Drug$  в этом уравнении — скорость расхода препаратов при уничтожении опухолевых клеток,  $\gamma_d Drug$  — скорость распада лекарств [26],  $f(t)$  — программа введения препаратов. В первом уравнении  $\alpha N_C Drug$  — скорость гибели опухолевых клеток под действием препаратов.  $\alpha$ ,  $\gamma$  и  $\gamma_d$  — постоянные коэффициенты, характеризующие скорости реакций.

Расход лекарств подсчитывается по формуле  $I = \int_0^t f(t) dt$ .

При постоянном действии препаратов таким, что  $f(t) = D_0$  в стационарной точке системы уравнений (3)

$$N_C = 0, N_N = 1, Drug = \frac{1}{\gamma_d} D_0 \tag{4}$$

собственными значениями матрица Якоби правой части уравнений (3) будут

$$\lambda_1 = -\alpha Drug, \lambda_2 = -\mu_2, \lambda_3 = -\gamma_d.$$

То есть эта стационарна точка будет устойчивой.

В стационарной точке

$$N_C = 1, N_N = 0, Drug = \frac{D_0}{\beta + \gamma_d} \tag{5}$$

одно из собственных значений матрицы Якоби  $\lambda_1 = -\gamma$ , а два других находятся как решение уравнения

$$\lambda^2 + (\alpha Drug + \mu_1 + \beta + \gamma_d)\lambda + (\alpha Drug + \mu_1)(\beta + \gamma_d) - \alpha \beta Drug = 0,$$

корни которого либо отрицательные, либо комплексно сопряженные с отрицательной вещественной частью.

Таким образом, стационарное состояние (4) с малым количеством опухолевых клеток может быть устойчивым только в случае постоянного действия препаратов. Также будет устойчивым и стационарное состояние (5) с малым количеством нормальных клеток при небольшом количестве препаратов. То есть модель (3) описывает случаи функционирования организма только при постоянном применении лекарств. Аналогичные результаты в случае многократного введения лекарств получены в [27].

Программа «лечения»  $f(t)$  начинается в момент времени  $t = t_*$ , когда функция  $N_C = N_C(t)$  достигнет пороговое значение  $N_*$  (уровень диагностического определения заболевания), и прекращается при выполнении условия  $N < N_{\min}$  (уровень диагностического определения окончания заболевания). При выполнении последнего условия пороговое значение  $N_*$  уменьшается в два раза. То есть считается, что повторное обнаружение роста опухолевых клеток будет определено при меньших ее размерах, чем при первом обнаружении. Поэтому пороговое значение  $N_*$  для функции  $N_C = N_C(t)$  для рецидива уменьшается.

На рис. 14 для случая  $\beta = 0.055$ ,  $\gamma_d = 0.5$ ,  $\alpha = 0.055$ ,  $N_* = 0.8$ ,  $N_{\min} = 0.015N_*$  отражено изменение функций  $N_C = N_C(t)$  и  $Drug = Drug(t)$  во времени. Функция  $f(t)$  задавалась следующим образом:

$$\begin{aligned} f(t) &= 1.5 \cos((t - t_*)/33), \text{ если } \cos((t - t_*)/32) > 0, \\ f(t) &= 0, \text{ если } \cos((t - t_*)/32) \leq 0. \end{aligned}$$

Этот вариант соответствует случаю ежедневной терапии в течении 100 дней с последующим возобновлением ее через 100 дней, если опухоль начнет новый рост.

### Автоволновое решение

Эволюционные уравнения могут иметь автоволновые решения на бесконечной прямой [18]. В этом случае решение уравнений (1) ищется в виде функции, зависящей от одного аргумента  $z = x - vt$ :  $N_N = N_N(x - vt)$ ,  $N_C = N_C(x - vt)$ . Такое решение должно удовлетворять системе уравнений

$$\begin{aligned} D \frac{d^2 N_C}{dz^2} + v \frac{dN_C}{dz} + \mu_1 N_C (1 - N_C - N_N) &= 0, \\ v \frac{dN_N}{dz} + \mu_2 N_N (1 - N_C - N_N) - \gamma N_C N_N &= 0. \end{aligned} \tag{6}$$

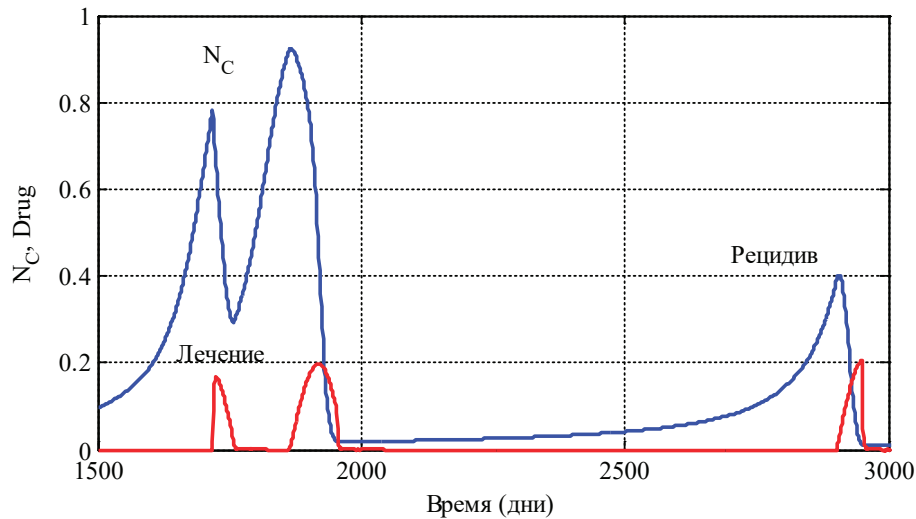


Рис. 14. Зависимость функций  $N_C = N_C(t)$  и  $Drug = Drug(t)$  при  $\mu_1=1.25$ ,  $\mu_2=1$ ,  $\gamma=0.05$ ,  $\beta=0.055$ ,  $\gamma_d=0.5$ ,  $\alpha=0.055$ .

В окрестности точки  $z = -\infty$  должны выполняться условия  $N_C = 1$ ,  $N_N = 0$ .

Малые возмущения  $\delta N_C$  и  $\delta N_N$  в окрестности этой стационарной точки такие, что  $|\delta N_C| \ll 1$  и  $0 < \delta N_N \ll 1$ , в линейном приближении удовлетворяют системе уравнений

$$D \frac{d^2 \delta N_C}{dz^2} + v \frac{d \delta N_C}{dz} - \mu_1 \delta N_C - \mu_1 \delta N_N = 0,$$

$$v \frac{d \delta N_N}{dt} - \gamma \delta N_N = 0.$$

Характеристическими значениями этой системы линейных уравнений будут

$$\lambda_{1,2} = \frac{-v \pm \sqrt{v^2 + 4\mu_1 D}}{2D}, \quad \lambda_3 = \frac{v}{\gamma}.$$

В окрестности этой точки функция  $N_C(z)$  должна убывать, а функция  $N_N(z)$  возрастать. Среди трех характеристических значений два положительные и одно отрицательное. Поэтому можно построить решение системы уравнений (6), удовлетворяющее этим условиям в окрестности точки  $z = -\infty$ .

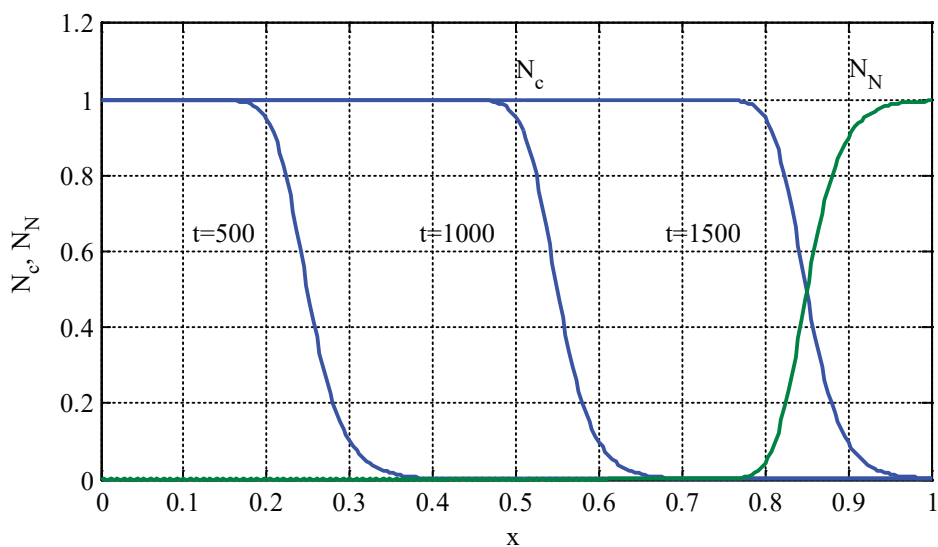


Рис. 15. Зависимость функции  $N_C(x)$  в моменты времени  $t = 500, 1000, 1500$  и функции  $N_N(x)$  в момент времени  $t = 1500$ .

При  $z = +\infty$  должны выполняться условия

$$N_C = 0, \quad N_N = 1.$$

Малые возмущения  $\delta N_C$  и  $\delta N_N$  в окрестности этой стационарной точки такие, что  $0 < \delta N_C \ll 1$  и  $|\delta N_N| \ll 1$ , в линейном приближении должны удовлетворять системе уравнений

$$D \frac{d^2 \delta N_C}{dz^2} + v \frac{d \delta N_C}{dz} = 0,$$

$$v \frac{d \delta N_N}{dz} - \mu_2 \delta N_N - (\gamma + \mu_2) \delta N_C = 0.$$

Характеристические значениями этой системы линейных уравнений будут

$$\lambda_1 = \frac{\mu_2}{v}, \quad \lambda_2 = -\frac{v}{D}, \quad \lambda_3 = 0.$$

Среди трех характеристических значений одно положительное и одно отрицательное. В окрестности этой точки функция  $N_C(z)$  должна возрастать, а функция  $N_N(z)$  убывать. Поэтому можно построить решение системы уравнений (6), удовлетворяющее этим условиям в окрестности точки  $z = +\infty$ . Таким образом, система уравнений (1) может иметь автоволновое решение. Причем скорость его распространения не ограничена снизу.

Решение системы нелинейных разрешающих уравнений (1) осуществлялось с применением метода конечных разностей. Вариант значений констант выбирался исходя из опубликованных в [26, 28] данных. Для случая  $\mu_1 = 1.25$ ,  $\mu_2 = 1$ ,  $D = 0.000015$ ,  $\gamma = 0.05$  на рис. 15 отображена зависимость функции  $N_C(x)$  в моменты времени  $t = 500, 1000, 1500$ , а функции  $N_N(x)$  только в момент времени  $t = 1500$ . Единица измерения по оси абсцисс соответствует сантиметрам. Как следует из этого результата решение разрешающей системы уравнений представляет собой автоволну, распространяющуюся с постоянной скоростью. Решение строилось с применением метода сеток [20]. Результаты решения при 250 и 500 отрезках разбиения интервала интегрирования отличались не более чем на 2 % в максимальных отклонениях.

Как следует из полученных результатов при заданных удельных скоростях роста опухолевых и нормальных клеток и коэффициенте подвижности опухолевых клеток размер опухоли 0.9 см достигается в момент времени  $t = 1500$ . Этот размер считается диагностическим определяемым на основе клинических исследований [8].

### Модель протокового рака молочной железы

В модели новообразования в протоке молочной железы учитывает три типа клеток: нормальные, делящиеся и некротические клетки. Делящимися клетками считаются клетки с нарушенным механизмом апоптоза, которые постоянно делятся. Некротические клетки — погибшие клетки, не несущие функциональной нагрузки. Предполагается, что делящиеся клетки оказывают стрессовое влияние на нормальные клетки [14, 15], а некротические — на нормальные и делящиеся. В отсутствие делящихся и некротических клеток в функциональном пространстве находятся только нормальные клетки. Появление делящихся или некротических клеток должно приводить в конечном итоге к гибели и нормальных, и делящихся клеток, если не учитываются факторы, влияющие на гибель делящихся клеток и на удаление из функционального пространства некротических клеток. Размер функционального пространства, в котором находятся только нормальные клетки, или только некротические клетки, принимается равным единице. То есть считается, что в отсутствие некротических и делящихся клеток концентрация нормальных клеток равна единице, такой же будет после гибели нормальных и делящихся клеток концентрация некротических клеток.

Период удвоения делящихся клеток по разным оценкам составляет от 3 до 120 дней. Однако эти оценки получены в клинической практике на очень коротком промежутке наблюдения за ее ростом. Критическая масса достигается по данным [21] при 40 удвоениях. Таким образом, удельная скорость роста опухоли в предположении ее экспоненциального роста может изменяться от 0.001 до 0.25 1/день. Делящиеся клетки имеют меньшую потребность в факторах роста, определяющих скорость их роста, чем нормальные клетки. Соответственно и удельная скорость роста нормальных клеток будет меньше, чем делящихся клеток. Сопrotивление опухолевому росту оказывают лимфоциты, которые могут уничтожить небольшое количество делящиеся клетки.

У делящихся клеток нарушен механизм формирования механических контактов, силы адгезии с окружающими клетками малы, по сравнению с нормальными, они свободно распространяются в зоне их формирования. Поэтому подвижностью нормальных и некротических клеток по сравнению с подвижностью делящихся можно пренебречь. Перемещение делящихся клеток происходит по градиенту их концентрации в направлении их меньшей концентрации.

С учетом всех этих факторов математическая модель роста новообразования имеет вид

$$\frac{\partial u_1}{\partial t} = D \Delta u_1 + \mu_1 u_1 (1 - u_3) - \alpha_1 L u_1,$$

$$\frac{\partial u_2}{\partial t} = \mu_2 u_2 (1 - u_2 - u_3) - \gamma_2 u_1 u_2,$$

(7)

$$\frac{\partial u_3}{\partial t} = (1 - u_2 - u_3)(\gamma_2 \mu_1 u_2 + \alpha_1 L u_1),$$

$$\frac{\partial L}{\partial t} = v_L (L_0 - L) - \alpha_2 L u_1.$$

В этих уравнениях  $u_1$ ,  $u_2$  и  $u_3$  — концентрации нормальных, делящихся и некротических клеток,  $L$  — концентрация лимфоцитов,  $L_0$  — концентрация лимфоцитов в отсутствие делящихся и некротических клеток. Слагаемое  $\mu_1 u_1 (1 - u_3)$  в первом уравнении в (7) является скоростью размножения делящихся клеток, которая ограничена численностью некротических клеток, слагаемое  $\alpha_1 L u_1$  — скорость уничтожения делящихся клеток лимфоцитами. Во втором уравнении в (8)  $\mu_2 u_2 (1 - u_2 - u_3)$  — скорость размножения нормальных клеток при условии занятия части функционального пространства некротическими клетками,  $\gamma_2 \mu_1 u_2$  — скорость гибели нормальных клеток при контакте их с делящимися клетками. Скорость увеличения численности некротических клеток пропорциональна скоростям гибели нормальных и делящихся клеток, но их рост прекращается, если они заполняют все функциональное пространство. В четвертом уравнении  $\alpha_2 L u_1$  — скорость уменьшения численности лимфоцитов, уничтожающих делящиеся клетки.  $\mu_1$ ,  $\mu_2$ ,  $\gamma_2$ ,  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  — постоянные величины, характеризующие скорости взаимодействия клеток,  $v_L$  — скорость поступления лимфоцитов. Предполагается, что нормальные и некротические клетки в функциональном пространстве не перемещаются, делящиеся клетки перемещаются по градиенту их концентрации ( $D$  — параметр характеризующих их подвижность), а лимфоциты поступают во все точки функционального пространства.

К системе уравнений (7) добавляются граничные и начальных условия. В качестве граничных условий принимаются условия Неймана. Считается, что в начальный момент времени концентрация некротических клеток равна нулю, концентрация делящихся клеток равна единице во всех точках функционального пространства. Небольшое количество делящихся клеток возникает в малой окрестности точки с координатами  $(x_0, y_0, z_0)$  в функциональном пространстве.

### Локальная модель

Модель представлена системой обыкновенных дифференциальных уравнений

$$\frac{du_1}{dt} = \mu_1 u_1 (1 - u_3) - \alpha_1 L u_1,$$

$$\frac{du_2}{dt} = \mu_2 u_2 (1 - u_2 - u_3) - \gamma_2 \mu_1 u_2,$$

$$\frac{du_3}{dt} = (1 - u_2 - u_3)(\gamma_2 \mu_1 u_2 + \alpha_1 L u_1),$$

$$\frac{dL}{dt} = v_L (L_0 - L) - \alpha_2 L u_1.$$

В качестве начальных условий принимаются

$$u_1 = \delta u_1, \quad u_2 = 1, \quad u_3 = 0, \quad L = L_0,$$

где  $\delta u_1 \ll 1$ . То есть считается, что в начальный момент времени возникает небольшое количество делящихся клеток.

Система уравнений (9) имеет две стационарные точки, в которых  $u_1 = 0$ :

$$u_1 = 0, \quad u_2 = 1, \quad u_3 = 0, \quad L = L_0,$$

соответствующая отсутствию делящихся и некротических клеток, и

$$u_1 = 0, \quad u_2 = 0, \quad u_3 = 1, \quad L = L_0,$$

соответствующая полному замещению в функциональном пространстве делящихся и нормальных клеток некротическими.

В первой стационарной точке из (8) с точностью до величин второго порядка малости для первого, второго и четвертого уравнений, и с точностью до величин второго порядка малости следуют уравнения для возмущений  $\delta u_1$ ,  $\delta u_2$ ,  $\delta u_3$  и  $\delta L$

$$\frac{d\delta u_1}{dt} = (\mu_1 - \alpha_1 L_0) \delta u_1,$$

$$\frac{d\delta u_2}{dt} = -\gamma_2 \delta u_1 - \mu_2 \delta u_2 - \mu_2 \delta u_3,$$

$$\frac{d\delta u_3}{dt} = -(\delta u_2 + \delta u_3)(\gamma_2 + \alpha_1 L_0) \delta u_1,$$

$$\frac{d\delta L}{dt} = -\alpha_2 L_0 \delta u_1 - v_L \delta L.$$

При выполнении неравенства  $\mu_1 < \alpha_1 L_0$  правые части этой системы уравнений будут отрицательными. То есть малые возмущения решения в окрестности первой стационарной точки будут убывающими функциями и, соответственно, эта стационарная точка будет устойчивой. То есть увеличение числа делящихся клеток может происходить только в случае выполнения условия  $\mu_1 > \alpha_1 L_0$

Во второй стационарной точке уравнения для возмущенного состояния положения равновесия приводятся к виду

$$\frac{d\delta u_1}{dt} = -\alpha_1 L_0 \delta u_1,$$

$$\frac{d\delta u_2}{dt} = -\mu_2 (\delta u_2 + \delta u_3) \delta u_2 - \gamma_2 \delta u_1 \delta u_2,$$

$$\frac{d\delta u_3}{dt} = -\alpha_1 L_0 (\delta u_2 + \delta u_3) \delta u_1,$$

$$\frac{d\delta L}{dt} = -v_L \delta L - \alpha_2 L_0 \delta u_1.$$

Из первого и четвертого уравнений следует, что  $\delta u_1$  и  $\delta L$  будут убывающими функциями. Из второго и третьего уравнений следует, что

$$\frac{d(\delta u_2 + \delta u_3)}{dt} = -(\delta u_2 + \delta u_3)(\mu_2 \delta u_2 + \alpha_1 L_0 \delta u_1) - \gamma_2 \delta u_1 \delta u_2.$$

Поскольку в окрестности этой стационарной точки возмущения  $\delta u_1$  и  $\delta u_2$  должны быть положительными, то из этого уравнения следует, что сумма  $\delta u_2 + \delta u_3$  со временем стремится к нулю независимо от знака возмущения  $\delta u_3$ . То есть, эта стационарная точка устойчивая.

На рис. 16 отражены зависимости функций  $u_1(t)$ ,  $u_2(t)$  и  $u_3(t)$  от времени при значениях постоянных  $\mu_1 = 1.2$ ,  $\mu_2 = 1$ ,  $\gamma_2 = 1$ ,  $\alpha_1 = 1.5$ ,  $\alpha_2 = 0.2$ ,  $v_L = 1$ ,  $L_0 = 1.2$  и начальных данных при  $t = 0$ :  $u_1 = 0.0001$ ,  $u_2 = 1$ ,  $L = L_0$ . Время соответствует годам.

### Автоволновое решение

Решение уравнений (8) на бесконечной прямой ищется в виде функции, зависящей от аргумента  $z = x - vt$ . То есть в виде волны, распространяющейся от  $x = -\infty$  к  $x = +\infty$  со скоростью  $v$ . С учетом этого система уравнений (7) для такого решения принимает вид

$$v \frac{du_1}{dz} = - \left( D \frac{d^2 u_1}{dz^2} + \mu_1 u_1 (1 - u_3) - \alpha_1 L u_1 \right),$$

$$v \frac{du_2}{dz} = - (\mu_2 u_2 (1 - u_2 - u_3) - \gamma_2 u_1 u_2),$$

$$v \frac{du_3}{dz} = - (1 - u_2 - u_3) (\gamma_2 u_1 u_2 + \alpha_1 L u_1),$$

$$v \frac{dL}{dz} = - (v_L (L_0 - L) - \alpha_2 L u_1).$$

К этой системе уравнения добавляются граничные условия

при  $z = -\infty$ :

$$u_1 = 0, u_2 = 0, u_3 = 1, L = L_0; \tag{10}$$

при  $z = +\infty$ :

$$u_1 = 0, u_2 = 1, u_3 = 0, L = L_0. \tag{11}$$

В окрестности точки  $z = -\infty$  в первом приближении с точностью до величин второго порядка малости для первого, второго и третьего уравнений и второго порядка для третьего уравнения в (8) эта система уравнений приводится к виду

$$v \frac{d\delta u_1}{dz} = -D \frac{d^2 \delta u_1}{dz^2} + \alpha_1 L_0 \delta u_1,$$

$$v \frac{d\delta u_2}{dz} = \mu_2 \delta u_2 (\delta u_2 + \delta u_3) + \gamma_2 \delta u_1 \delta u_2,$$

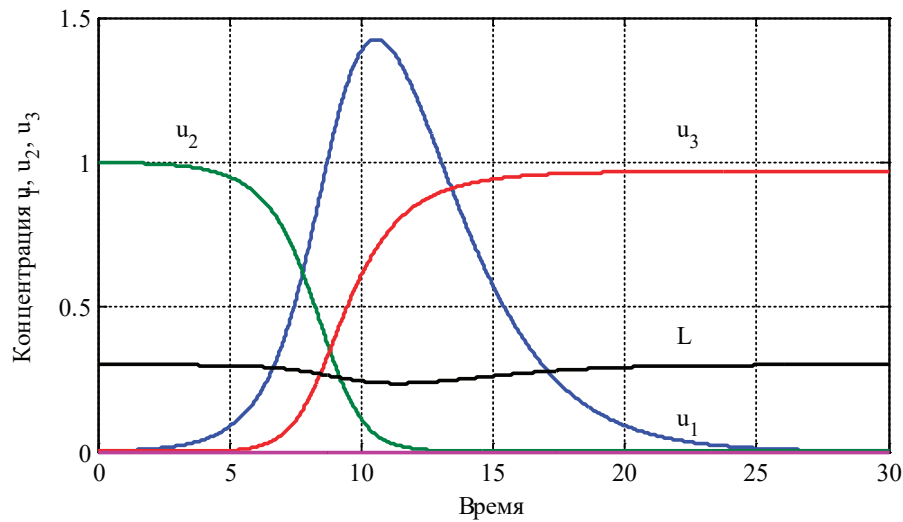


Рис. 16. Зависимость функций  $u_1(t)$ ,  $u_2(t)$  и  $u_3(t)$  от времени

$$v \frac{d\delta u_3}{dt} = (\delta u_2 + \delta u_3)(\gamma_2 \delta u_1 \delta u_2 + \alpha_1 L_0 \delta u_1),$$

$$v \frac{d\delta L}{dt} = v_L \delta L + \alpha_2 L_0 \delta u_1,$$

где  $\delta u_1$ ,  $\delta u_2$ ,  $\delta u_3$  малые по сравнению с единицей, а  $\delta L$  по сравнению с  $L_0$  величины. Как следует из второго, третьего и четвертого уравнений  $\delta u_2$ ,  $\delta u_3$  и  $\delta L$  в окрестности этой точки будут возрастающими функциями. Характеристическое уравнение первого уравнения

$$D\lambda^2 + v\lambda - (\gamma_1 + \alpha_1 L_0) = 0$$

имеет корни противоположных знаков. Поэтому в окрестности этой точки можно построить решение, на котором  $\delta u_1$  будет убывающей функцией.

В окрестности точки  $z = \infty$  в первом приближении с точностью до величин второго порядка малости система уравнений (8) приводится к виду

$$D \frac{d^2 \delta u_1}{dz^2} + v \frac{d\delta u_1}{dt} + (\mu_1 - \alpha_1 L_0) \delta u_1 = 0,$$

$$\frac{d\delta u_2}{dt} = \gamma_2 \delta u_1 + \mu_2 \delta u_2 + \gamma_3 \delta u_3,$$

$$\frac{d\delta u_3}{dt} = 0,$$

$$\frac{d\delta L}{dt} = \alpha_2 L_0 \delta u_1 + v_L \delta L.$$

В окрестности этой точки функции  $\delta u_2$  и  $\delta L$  возрастающие функции,  $\delta u_3$  не изменяется. Характеристическое уравнение первого уравнения

$$D\lambda^2 + v\lambda + (\mu_1 - \alpha_1 L_0) = 0$$

будет иметь вещественные корни противоположных знаков, если выполняется неравенство  $v^2 > 4D(\mu_1 - \alpha_1 L_0)$ . В этом случае в окрестности этой точки можно построить решение, на котором  $\delta u_1$  будет убывающей функцией. Таким образом, при выполнении условия

$$v > 2\sqrt{D(\mu_1 - \alpha_1 L_0)} \tag{12}$$

может существовать автоволновое решение уравнений (7), удовлетворяющее условиям (10) и (11). Полученная количественная оценка существования автоволнового решения в рамках модели злокачественной опухоли протока молочной железы естественно сопоставлять со скоростью роста опухоли вдоль протока. При этом эта скорость тем выше, чем выше удельная скорость роста делящихся клеток, и тем меньше, чем больше скорость их уничтожения лимфоцитами.



### Ограниченный отрезок

Для случая распространения делящихся клеток на отрезке длины  $l$  к системе уравнений (7) добавляются граничные условия

при  $x = 0$  и  $x = l$ :

$$\frac{\partial u_1}{\partial x} = 0, \quad (13)$$

и начальные условия при  $t = 0$ :

$$u_1(x) = \varepsilon \delta(0). \quad (14)$$

Система уравнений (7) при этих граничных условиях имеет стационарное решение

$$u_1(x) = 0, \quad u_2(x) = 1, \quad u_3(x) = 0, \quad L = L_0. \quad (15)$$

При малых возмущениях  $\delta u_1$ ,  $\delta u_2$ ,  $\delta u_3$ ,  $\delta L$  этого положения равновесия первое уравнение в (8) с точностью до величин второго порядка малости принимает вид

$$\frac{\partial \delta u_1}{\partial t} = D \frac{\partial^2 \delta u_1}{\partial x^2} + (\mu_1 - \alpha_1 L_0) \delta u_1.$$

Этому уравнению при рассматриваемых начальных условиях удовлетворяет функция

$$\delta u_1 = \frac{\varepsilon}{2\sqrt{\pi D t}} e^{\alpha(t,x)},$$

где

$$\alpha(t,x) = -\frac{1}{4Dt} \left( x - 2\sqrt{D(\mu_1 - \alpha_1 L_0)t} \right) \left( x + 2\sqrt{D(\mu_1 - \alpha_1 L_0)t} \right).$$

Как следует из анализа этого решения при выполнении неравенства  $\mu_1 > \alpha_1 L_0$  в линейном приближении распространение делящихся клеток на отрезке происходит со скоростью  $v = 2\sqrt{D(\mu_1 - \alpha_1 L_0)}$ . Положение равновесия (15) в этом случае будет неустойчивым.

Система уравнений (8) при этих граничных условиях имеет стационарное решение

$$u_1(x) = 0, \quad u_2(x) = 0, \quad u_3(x) = 1, \quad L = L_0.$$

При малых возмущениях этого положения равновесия первое уравнение в (7) в линейном приближении приводит к виду

$$\frac{\partial \delta u_1}{\partial t} = D \frac{\partial^2 \delta u_1}{\partial x^2} - (\gamma_1 + \alpha_1 L_0) \delta u_1.$$

Решение этого уравнения при граничных условиях (14) при любых малых начальных положительных значениях  $\delta u_1$  будет убывающей функцией времени. То есть это положение равновесия будет устойчивым.

Численное решение системы уравнений (7) при этих граничных условиях при  $x = 0$  и  $x = l$

$$\frac{\partial u_1}{\partial x} = 0$$

и начальных условиях

$$u_1(x) = \varepsilon \delta(0), \quad u_2(x) = 1, \quad u_3(x) = 0, \quad L = L_0$$

строилось с применением метода сеток. Осуществлялась дискретизация системы уравнений (7) по пространственным и временным переменным. Полученная система нелинейных уравнений решалась с применением метода простой итерации. Итерационный процесс на каждом временном шаге прекращался, если была достигнута заданная точность на двух соседних итерациях. Для отрезка единичной длины решение на 200 и 500 отрезках разбиения совпадало с точностью, не превышающей 1 % в точках максимальных отклонений. Шаг  $\tau$  по временной переменной выбирался из условия  $D \frac{\tau}{h^2} < 0.1$ , где  $h$  — шаг по пространственной переменной. Результаты решения для случая  $\mu_1 = 1.25$ ,  $\mu_2 = 1$ ,  $\gamma_1 = 0.1$ ,  $\gamma_2 = 1.2$ ,  $\gamma_3 = 0.2$ ,  $\alpha_1 = 0.4$ ,  $\alpha_2 = 0.2$ ,  $v_L = 1$ ,  $L_0 = 1.2$  представлены на рис 17 в виде зависимостей  $u_1(x)$  в момент времени  $t = 25$ , и зависимостей  $u_1(x)$ ,  $u_2(x)$  и  $u_3(x)$  в момент времени  $t = 50$ . Скорость распространения делящихся клеток вдоль отрезка оценивается по расстоянию между точками максимума в зависимостях  $u_1(x)$  отнесенное к промежутку между временами их достижения. В расчетах она практически совпадает с теоретической ее оценкой (12) следующей из условия существования автоволнового решения ( $v = 0.018$ ). Этот результат согласуется аналогичными результатами, полученными при моделировании различных биохимических реакций.

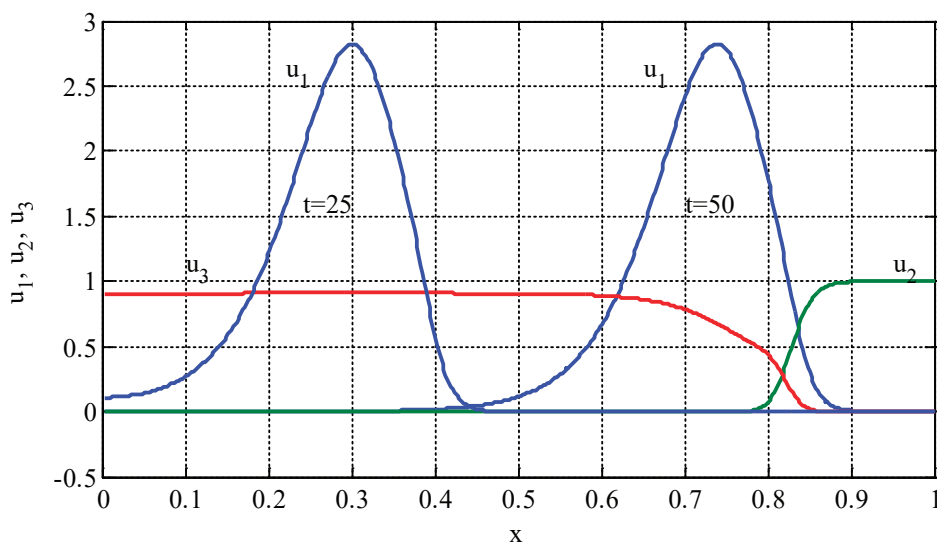


Рис. 17

### Заключение

Анализ статистических данных динамике числа больных, показывает увеличение крупы риска больных злокачественными опухолями молочной железы на 3–4 % в год в большинстве стран Европы, включая Российскую Федерацию. Число больных онкологическими заболеваниями женщин может достигнуть 1 % к 2020 году. Разработанные математические модели позволяют оценить различные программы лечения и дать оценку экономических затрат на лечение и профилактику заболеваний.

### Литература:

1. Kolpak E. P, Frantsuzova I. S. Causes of morbidity and mortality from breast cancer // Eurasian Journal of Analytical Chemistry. — 2017. — Т. 12. — № 5b. С. 779–791.
2. Абакушина Е. В., Абакушин Д. Н., Анохин Ю. Н. Экспериментальные и клинические подходы к радиоиммунотерапии в онкологии // Сибирский онкологический журнал. — 2014. — № 3. С. 56–64.
3. Клименко Ш. М., Хаджиматова А. И., Целуйко С. С. Оценка изменения морфологических и иммуногистохимических характеристик карцином молочной железы при проведении неoadъювантной системной терапии // Опухоли женской репродуктивной системы. — 2018. — Том 14. — № 1. С. 12–19.
4. Кухарев Я. В., Стахеева М. Н., Дорошенко А. В., Литвяков Н. В., Бабышкина Н. Н., Слонимская Е. М., Чердынцева Н. В. Связь иммунологических показателей с эффективностью неoadъювантной химиотерапии у больных раком молочной железы // Сибирский онкологический журнал. — 2013. — № 2 (56). С. 50–57.
5. Чернов В. И., Брагина О. Д., Синилкин И. Г., Тицкая А. А., Зельчан Р. В. Радиоиммунотерапия в лечении злокачественных образований // Сибирский онкологический журнал. — 2016. Том 15. — № 2. С. 101–106. DOI: 10.21294/1814-4861-2016-15-2-101-106.
6. Трофимова О. П., Волкова Н. В., Назаренко А. В., Колядина И. В., Хайленко В. А., Ткачев С. И., Прямыкова Ю. И., Тимошкина Е. В., Зайченко О. С., Болдырева В. А., Воротников И. К., Алиева С. Б., Борисова Т. Н., Глебовская В. В., Иванов С. М. Результаты лечения больных ранним раком молочной железы по методу ускоренного частичного облучения после органосохраняющих операций. Опыт ФГБУ «НМИЦ онкологии им. Н. Н. Блохина» Минздрава России // Опухоли женской репродуктивной системы. — 2017. — Том 13. — № 4. С. 10–18.
7. Пак Д. Д., Болотина Л. В., Сухотько А. С. Современные принципы комплексного лечения генерализованного рака молочной железы (обзор литературы и анализ собственного материала) // Сибирский онкологический журнал. — 2013. — № 5 (59). С. 54–58.
8. Российский статистический ежегодник. 2014: Стат.сб./Росстат. М., 2014. — 693 с.
9. Состояние онкологической помощи населению России в 2014 году. М.: МНИОИ им. П. А. Герцена филиал ФГБУ «НМИРЦ» Минздрава России, 2015. — 236 с.
10. Пак Д. Д., Рассказова Е. А., Данилова Т. В. Подтипы рака молочной железы // Опухоли женской репродуктивной системы. — 2012. — № 3–4. С. 13–18.

11. Стенина М. Б., Царева Е. В., Жаров А. А., Тюлядин С. А. Инфильтрирующие опухоль лимфоциты: биологическая суть и клиническое значение при раке молочной железы // Российский онкологический журнал. — 2016. — № 21 (1–2). DOI: 10.18821/1028–9984–2016–21–1–92–100.
12. Лаптев с. А., Корженевская М. А., Имянитов Е. Н. Молекулярно-генетический «портрет» рака молочной железы // Ученые записки СПбГМУ им. акад. И. П. Павлова. — 2017. — № 24(2). С. 12–22. DOI: 10.24884/1607–4181–2017–24–2–12–22.
13. Иванов В. Г. Эпидемиологические факторы риска, ранняя диагностика рака молочной железы // Лекции по фундаментальной и клинической онкологии. / Под ред. В. М. Моисенко, А. Ф. Урманчеевой, К. П. Хансона. СПб: ООО Издательство Н-Л., 2004. — 704. С. 213–221.
14. Моисеенко В. М. «Естественная история» рака молочной железы // Эпидемиологические факторы риска, ранняя диагностика рака молочной железы // Лекции по фундаментальной и клинической онкологии. / Под ред. В. М. Моисенко, А. Ф. Урманчеевой, К. П. Хансона. СПб: ООО Издательство Н-Л., 2004. — 704. С. 198–212.
15. Harald Weedon-Fekjær, Bo H Lindqvist, Lars J Vatten, Odd O Aalen, Steinar Tretli Breast cancer tumor growth estimated through mammography screening data // Breast Cancer Research 2008, 10: R41 (doi:10.1186/bcr2092).
16. John Carl Pane'ita A Mathematical Model of Breast and Ovarian Cancer Treated with Paclitaxel // Mathematical biosciences. — 1997. — № 146. С. 89–113.
17. Franks S. J., Byrne H. M., King J. R., Underwood J. C. E., Lewis C. E. Modelling the early growth of ductal carcinoma in situ of the breast // J. Math. Biol. 2003. — № 47 С. 424–452. DOI: 10.1007/s00285–003–0214-x.
18. Кузнецов М. Б., Колобов А. В. Исследование влияния антиангиогенной монотерапии на прогрессию гетерогенной опухоли с помощью методов математического моделирования // Компьютерные исследования и моделирование. — 2017. — Т. 9. — № 3 С. 487–501. DOI: 10.20537/2076–7633–2017–9–3–487–501.
19. Колобов А. В., Кузнецов М. Б. Математическое моделирование роста малоинвазивной опухоли с учетом инактивации антиангиогенным препаратом фактора роста эндотелия сосудов // Компьютерные исследования и моделирование. — 2015. — Т. 7. — № 2. С. 361–374.
20. Wise S. M., Lowengrub J. S., Frieboes H. B., Cristini V. Three-dimensional multispecies nonlinear tumor growth—I. Model and numerical method // J Theor Biol. — 2008. № 253(3). С. 524–543. doi:10.1016/j.jtbi.2008.03.027.
21. Ying Chen, John S. Lowengrub Tumor growth in complex, evolving microenvironmental geometries: A diffuse domain approach // J Theor Biol. — 2014. — № 361. С. 14–30. doi:10.1016/j.jtbi.2014.06.024.
22. Башлык В. О., Хаджиматова Ш. М., Криворотько П. В., Артемьева А. С., Кудайбергенова А. Г. Клеточная плотность и пролиферативная активности в промежуточных биоптатах рака молочной железы при неoadъювантной химиотерапии // Злокачественные опухоли. — 2016. — № 4-S1 (21). С. 136
23. Бабушкина Н. А., Глумов В. М., Кузина Е. А. Применение математического моделирования для оценки эффективности противоопухолевых вирусных вакцин // Проблемы управления. — 2017. — № 3. С. 49–56.
24. Andrey, Z.V. Konstantin, G.G. Simulation of targeted transport for drug substances part 1: A single administration // Siberian Journal of Oncology. — 2017. — № 16 (1). С. 59–65. DOI: 10.21294/1814–4861–2017–16–1–59–65.
25. Terisse Brocato, Prashant Dogra, Eugene J. Koay, Armin Day, Yao-Li Chuang, Zhihui Wang, Vittorio Cristini Understanding Drug Resistance in Breast Cancer with Mathematical Oncology // Curr Breast Cancer Rep. — 2014. № 6. С. 110–120. DOI 10.1007/s12609–014–0143–2.
26. Hildur Knútsdóttir, Eiríkur Pálsson, Leah Edelstein-Keshet Mathematical model of macrophage-facilitated breast cancer cells invasion // Journal of Theoretical Biology. — 2014. — № 357. С. 184–199. http://dx.doi.org/10.1016/j.jtbi.2014.04.031 0022–5193.
27. Zaborovskiy A. V., Gurevich K. G. Modeling of targeted drug delivery part II. Multiple drug administration // Siberian journal of oncology. — 2017. — № 16(2). С. 36–41. DOI: 10.21294/1814–4861–2017–16–2–36–41.
28. Jan Lankelma, Rafael Fernández Luque, Henk Dekker, Wim Schinkel, Herbert M. Pinedo A Mathematical Model of Drug Transport in Human Breast Cancer // Microvascular Research. — 2000. № 59. С. 149–161. doi:10.1006/mvres.1999.2218, http://www.idealibrary.com on.

## Оценка моделей прогнозирования на основе данных о спросе

Матвеев Михаил Григорьевич, доктор технических наук, профессор;  
Ролдугина Елена Андреевна, студент  
Воронежский государственный университет

В данной статье оцениваются модели прогнозирования спроса на наборе из 3 классов продуктов (SKU) через 3 последовательных периода продолжительностью 28 дней.

- Оценивались следующие модели:
- экспоненциальное сглаживание
  - ARIMA

– модель Prophet

Используются в основном два показателя точности прогнозирования: среднеквадратическая ошибка и средняя абсолютная процентная ошибка.

Сначала стоит обсудить результаты прогнозирования спроса на каждый класс продукции по отдельности. Начнем с первого (SKU1).

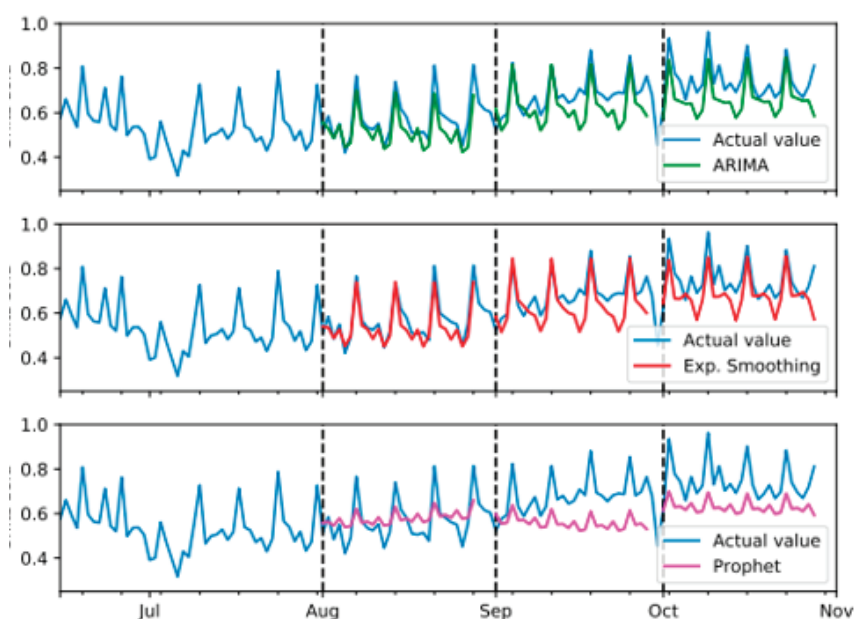


Рис. 1. Результаты оценки прогнозирования первого класса продуктов — SKU1

Таблица 1. Результаты прогнозирования SKU1

	Эксп. сглаживание		ARIMA		Prophet	
	MAPE	RMSE	MAPE	RMSE	MAPE	RMSE
Период 1	5.918	0.042	8.536	0.062	10.907	0.077
Период 2	9.459	0.079	10.176	0.083	17.506	0.139
Период 3	9.327	0.087	10.917	0.095	14.426	0.129

Как из рисунка, так и из таблицы видно, что наилучшими моделями были модели ARIMA и экспоненциального сглаживания, которые дают довольно похожие прогнозы, однако метод сглаживания имеет несколько лучшие результаты. Обе модели хорошо адаптированы к недельной сезонности в прогнозе первого периода, немного меньше в других периодах, возможно, потому, что они чрезмерно приспособлены к модели сезонности, которая немного изменилась в более поздние периоды тестирования. Обе модели недооценили наклон тренда во

втором и третьем периоде, а именно модель сглаживания во втором периоде, скорее всего потому, что она выбрала достаточно низкий параметр тренда  $\beta = 0.06$ . Прогнозы модели Prophet, похоже, также адаптированы к сезонности, но несколько затухают. Во втором периоде модель Prophet предсказывала тенденцию к снижению, в то время как на самом деле она увеличивалась, что привело к худшему результату.

Для всех периодов была выбрана модель ARIMA порядка  $(1, 1, 2) \times (1, 1, 1)_7$ , которая хорошо работала

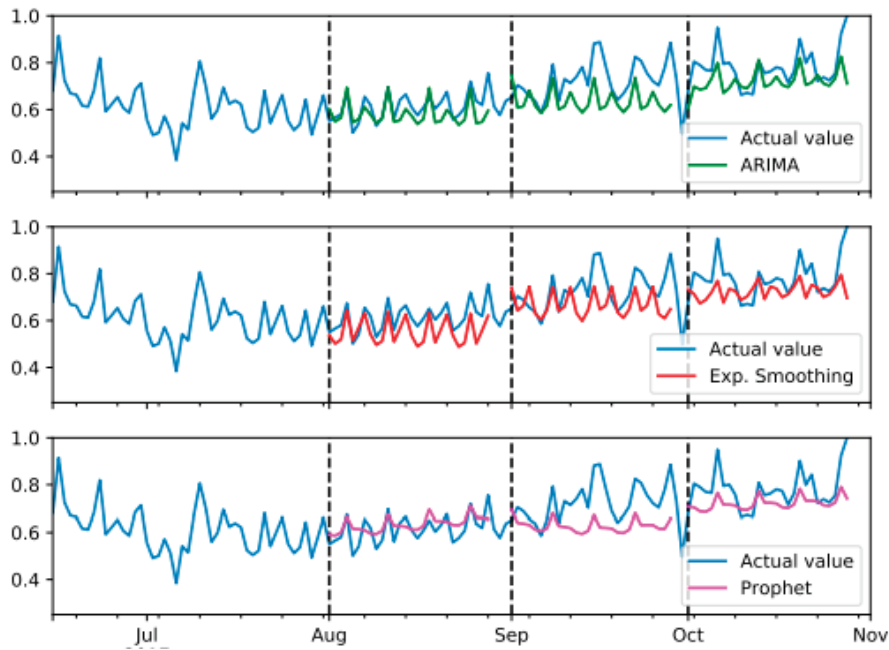


Рис. 2. Результаты оценки прогнозирования первого класса продуктов — SKU2

Таблица 2. Результаты прогнозирования SKU2

	Эксп. сглаживание		ARIMA		Prophet	
	MAPE	RMSE	MAPE	RMSE	MAPE	RMSE
Период 1	10.072	0.076	7.227	0.060	6.954	0.052
Период 2	10.744	0.112	13.106	0.133	12.630	0.126
Период 3	8.532	0.094	8.662	0.091	8.129	0.087

в первом и третьем периодах тестирования. Параметры метода экспоненциального сглаживания выбирались всегда немного по-разному для каждого периода. Для первого периода было  $\alpha \sim 0.01, \beta \sim 0.95, \varphi \sim 0.95, \gamma_r \sim 0.04$  и  $\gamma_w \sim 0.34$ , для второго  $\alpha \sim 0.11, \beta \sim 0.49, \varphi \sim 0.92, \gamma_r \sim 0.04$  и  $\gamma_w \sim 0.42$ , а третий  $\alpha \sim 0.17, \beta \sim 0.74, \varphi \sim 0.92, \gamma_r \sim 0.04$  и  $\gamma_w \sim 0.26$ , поэтому тенденция и недельный сезонность параметров поменялся, но это всегда приводило к хорошим оценкам. В среднем модель Prophet давала наиболее точные прогнозы с небольшим отрывом.

Закончим оценку каждого продукта с классом продукта 3 (SKU3). SKU3 — это класс, состоящий из популярных напитков, что может быть причиной того, что исторические данные показывают повторяющуюся еженедельную сезонность. В первый период тестирования все модели, похоже, хорошо вписываются в сезонность. Однако во втором тестовом периоде разница между минимумами и максимумами серии выросла, и в начале сентября наблюдается небольшое падение уровня (возможно, потому, что в это время заканчиваются летние каникулы). Ни одна из моделей этого не предсказывала.

Возможно, некоторые классы продуктов потребуют моделей, скорректированных для этих «праздничных» эффектов. Для SKU3, модели ARIMA заказов  $(1, 1, 2) \times (1, 1, 1)_7, (1, 1, 1) \times (1, 1, 1)_7, (1, 1, 2) \times (0, 1, 1)_7$  были выбраны

для каждого периода соответственно. Модель ARIMA  $(1, 1, 1) \times (1, 1, 1)_7$ , выбранная для второго периода, имела самый высокий MAPE из них, возможно, было бы лучше, если бы процесс выбора модели выбрал ту же модель для всех периодов. Метод экспоненциального сглаживания дает аналогичные результаты для обеих ARIMA в первые два периода. Но параметры  $\alpha \sim 0.32, \beta \sim 0.08, \varphi \sim 0.95, \gamma_r \sim 0.54$  и  $\gamma_w \sim 0.04$ , выбранные для третьего периода, привели к MAPE 17.7%. Параметры показывают признаки чрезмерной подгонки, так как компонент уровня довольно высок, а компонент тренда низок.

Теперь рассмотрим остатки предлагаемых методов прогнозирования, поскольку мы хотим генерировать сценарии спроса для кадастровых моделей, используя распределение, оцененное по среднему значению выборки и дисперсии выборки остатков.

Для оценки возможных автокорреляций остатков можно использовать график автокорреляции. Пример графика автокорреляции можно увидеть на рисунке 4 который был создан из остатков ARIMA и моделей экспоненциального сглаживания, выбранных для прогнозирования спроса в первом периоде тестирования для SKU1. На графике видно, что остатки модели экспоненциального сглаживания значительно коррелируют, в то время как остатки модели ARIMA практически не коррелируют.

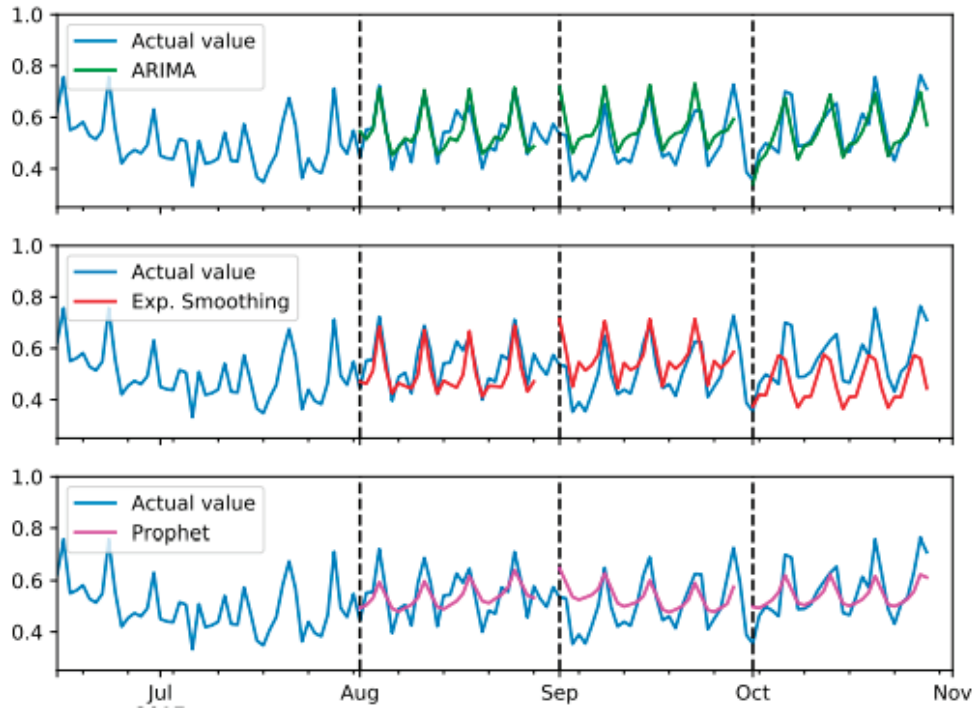


Рис. 3. Результаты оценки прогнозирования первого класса продуктов — SKU3

Таблица 3. Результаты прогнозирования SKU3

	Эксп. сглаживание		ARIMA		Prophet	
	MAPE	RMSE	MAPE	RMSE	MAPE	RMSE
Период 1	9.438	0.067	7.677	0.051	10.245	0.066
Период 2	15.991	0.088	16.248	0.087	15.372	0.089
Период 3	17.712	0.127	8.320	0.06	9.686	0.071

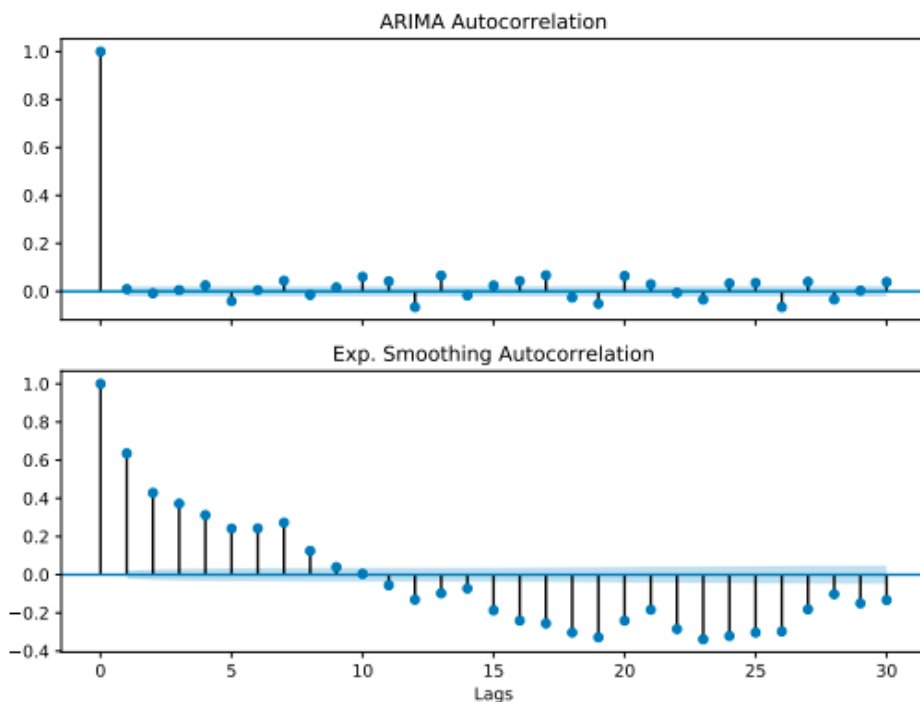


Рис. 4. Автокорреляционные графики остатков моделей ARIMA и экспоненциального сглаживания



Другим вариантом обнаружения автокорреляции является тест Лjung-Бокса.

Таблица 4. Тест Лjung-Бокса

	SKU1	SKU2	SKU3
ARIMA	0.15	0.32	0.28
Smoothing	~ 0	~ 0	~ 0

В таблице 4 приведены р-значения статистики теста Лjung-Бокса для первых 14 лагов, рассчитанные на основе остатков моделей, выбранных для прогнозирования спроса в первом периоде тестирования для всех SKU. Согласно таблице, можно отклонить гипотезу о том, что

остатки экспоненциальных моделей сглаживания независимы. Относительно высокие р-значения модели ARIMA предполагают, что мы не можем отвергнуть гипотезу о том, что ее остатки независимы.

Таблица 5. Тест Шапиро-Уилка

	SKU1	SKU2	SKU3
ARIMA	0.84	0.85	0.89
Smoothing	0.90	0.91	0.94

Другим важным свойством остатков является нормальность, поскольку подход к генерации сценариев предполагает, что остатки от нормального распределения. Для этого будет использоваться тест Шапиро-Уилка, который имеет нулевую гипотезу о том, что тестируемая выборка исходит из нормального распределения. Таблица 5 содержит р-значения остатков моделей, используемых для прогнозирования первого периода, по тесту Шапиро-Уилка. Можно увидеть высокие р-значения в строках каждой модели, что означает, что нельзя отклонить гипотезу о том, что остатки из нормального распределения.

Данные модели были оценены как визуально, так и с помощью оценок точности, а также были оценены остатки моделей с помощью статистических тестов. Экспоненци-

альное сглаживание и ARIMA работают лучше, чем в библиотека Prophet. Метод экспоненциального сглаживания имеет лучшие средние оценки точности, но некоторые из его прогнозов имели признаки чрезмерной подгонки. Кроме того, остаточная автокорреляционная оценка показала, что модель (или, скорее, выбор параметра) может быть дополнительно улучшена. Средний MAPE моделей ARIMA немного выше, но его средний RMSE (вычисленный из масштабированных рядов) точно такой же. Однако оценка показала, что ее остатки, вероятно, не коррелируют и могут быть из нормального распределения. Из-за его хорошей «в среднем» производительности во всех оценочных частях модель ARIMA была выбрана в качестве модели для генерации сценариев спроса для моделей запасов.

#### Литература:

1. Подкорытова О. А., Соколов М. В. Анализ временных рядов: учебное пособие для бакалавриата и магистратуры. — 2-е изд. — М.: Юрайт, 2018. — 267 с.
2. Саркисян с. А., Каспин В.И., Лисичкин В.А., Минаев Э. С, Пасечник Г.С.. Теория прогнозирования и принятия решений. — М.: «Высш. школа», 1977. — 351 с.
3. Анализ временных рядов с помощью python // habr.com. URL: <https://habr.com/ru/post/207160/> (дата обращения: 15.05.2019).

## ФИЗИКА

### Численное исследование теплообмена в канале с конфузором и наличием пульсаций

Згонников Евгений Олегович, студент  
Самарский государственный технический университет

*В работе представлены результаты численного исследования теплообмена в канале с конфузорной секцией с воздействиями пульсаций. Исследовано влияние пульсаций на основные параметры потока при разных числах Рейнольдса.*

*Вычислен коэффициент теплоотдачи, показано изменение критериев Стантона и Струхала по длине канала с конфузором.*

**Ключевые слова:** теплообмен, турбулентный поток, критерий Стантона, критерий Струхала, пульсации.

#### Введение

Задача исследование теплообмена и повышения энергоэффективности теплообменников представляет интерес для многих ученых. Направление исследования теплообмена с воздействиями является одним из самых актуальных на сегодняшний день. Данное направление применяется во многих областях физики и термодинамике.

#### Постановка задачи

Рассматривается турбулентное течение воздуха в плоском рабочем канале с конфузорным участком и установленным пульсатором в виде периодически перекрывающейся заслонки.

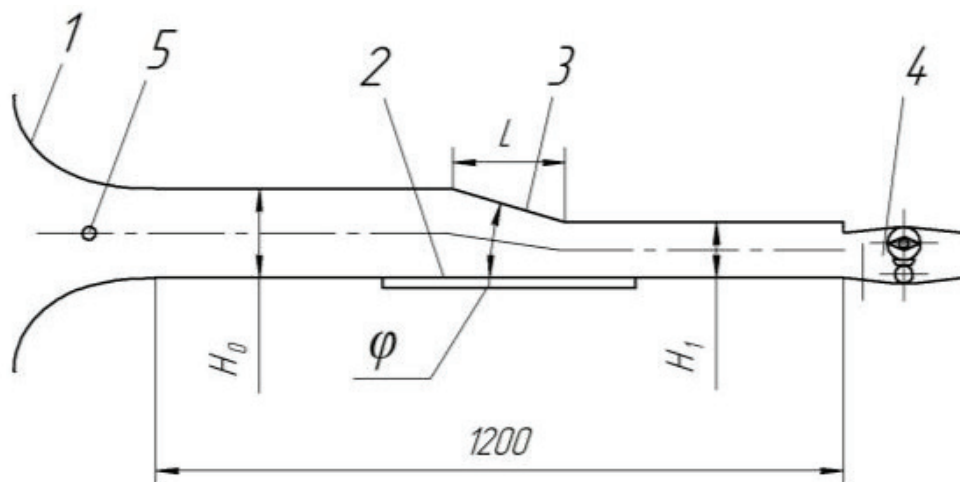


Рис. 1. Экспериментальная установка с конфузором:

1. Вход; 2. Теплообменная стенка; 3. Конфузорный участок; 4. Пульсатор; 5. Термометр) [1]

С помощью интернет-ресурсов Onshape [2] и Simscale [3] производилось создание геометрии расчетной области (Рис. 2) и моделирование на ней процесса с заданными параметрами турбулентного течения.

Скорость потока на входе задавалась по формуле:

$$u = \bar{u} \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f \cdot \tau) + \bar{u} \tag{1}$$

$f$  — частота пульсаций (Гц),  $\tau$  — время (секунд),  $\bar{u}$  — средняя скорость потока.

Рабочее тело — воздух, температура на входе —  $t = 20^\circ\text{C}$ ;

Избыточное давление на выходе —  $p = 0$ ;

Теплоемкость —  $Q = 400 \text{ Вт/м}^2$ .

Частота пульсаций задавалась четырьмя частотами 50 Гц; 100 Гц; 150 Гц; 200 Гц.

Для стабилизации решения был активирован алгоритм учета градиентов и дивергенции при решении уравнения сохранения импульса. При решении был задан фиксированный временной шаг 1 сек.

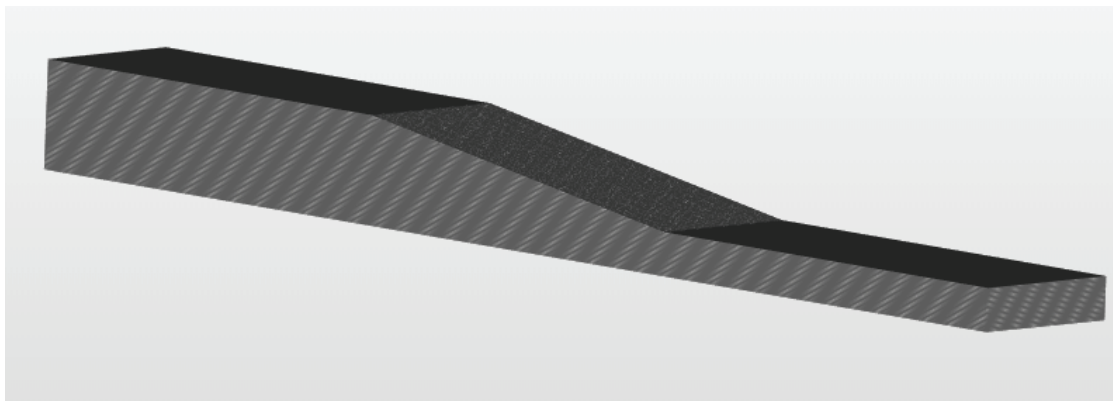


Рис. 2. Геометрия расчетной области

**Результаты**

Обработаны результаты моделирования турбулентного течения с числами Рейнольдса: 3000, 6000, 9000, 18000 с воздействиями пульсаций. Приведены результаты расчетов параметров течения в графическом виде.

Для каждого процесса по формуле:  $\alpha = Q / \Delta T$  вычислен коэффициент теплоотдачи, а также вычислены критерии Стантона и Струхала  $St = \alpha / (V \cdot \rho \cdot C_p)$ ,  $Sh = fL/U$ .

Для числа Рейнольдса = 3000:

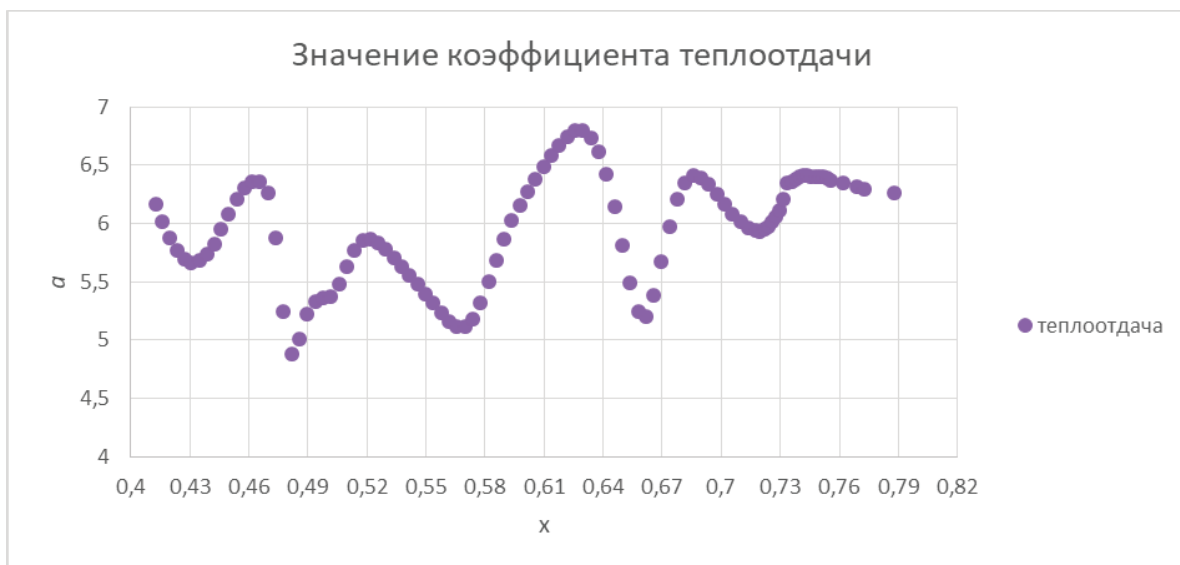


Рис. 3. Коэффициент теплоотдачи по длине конфузорного участка канала для Re=3000 (x — секция конфузора по оси X)

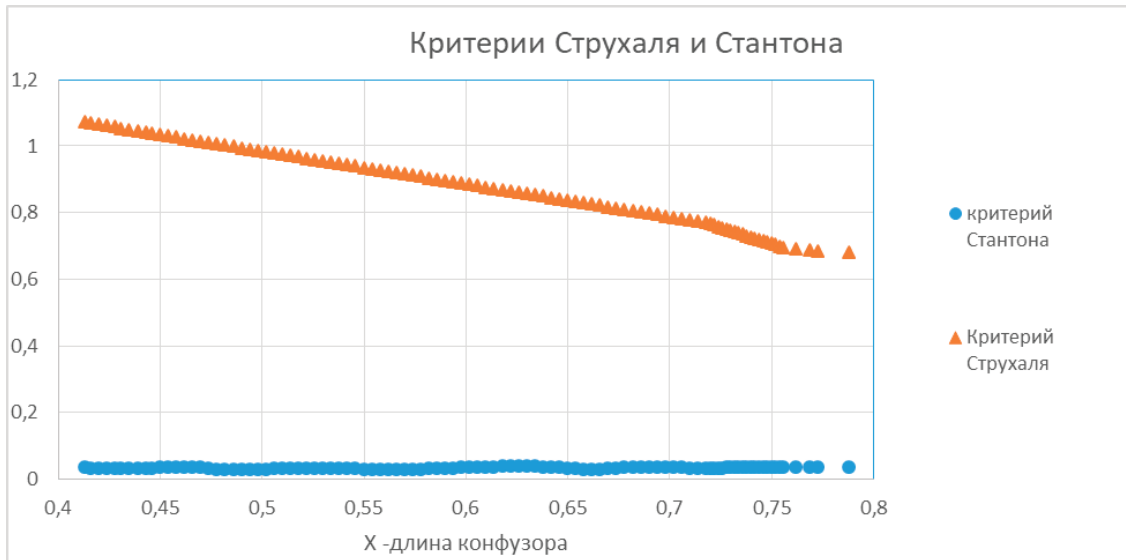


Рис. 4 Изменение критериев Стантона и Струхала по длине конфузора. Значения для Re=3000

Для числа Рейнольдса =6000:

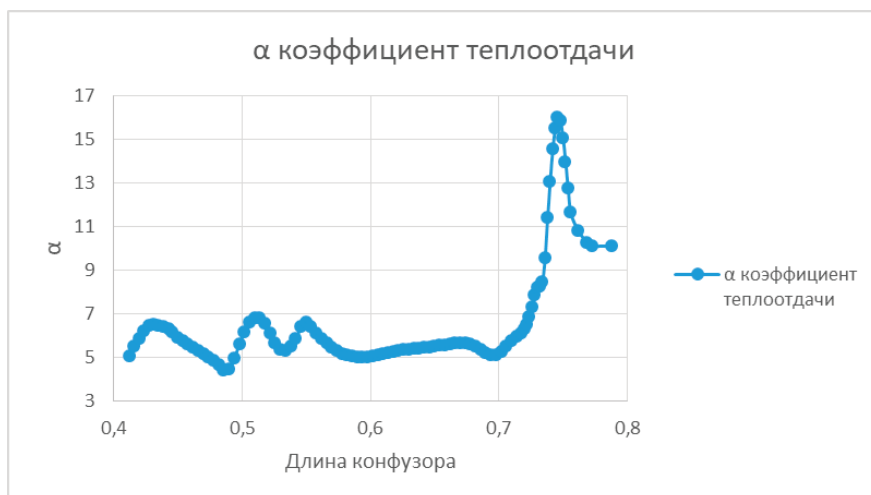


Рис. 5. Коэффициент теплоотдачи по длине конфузторного участка канала для Re=6000. (x — секция конфузора по оси X)

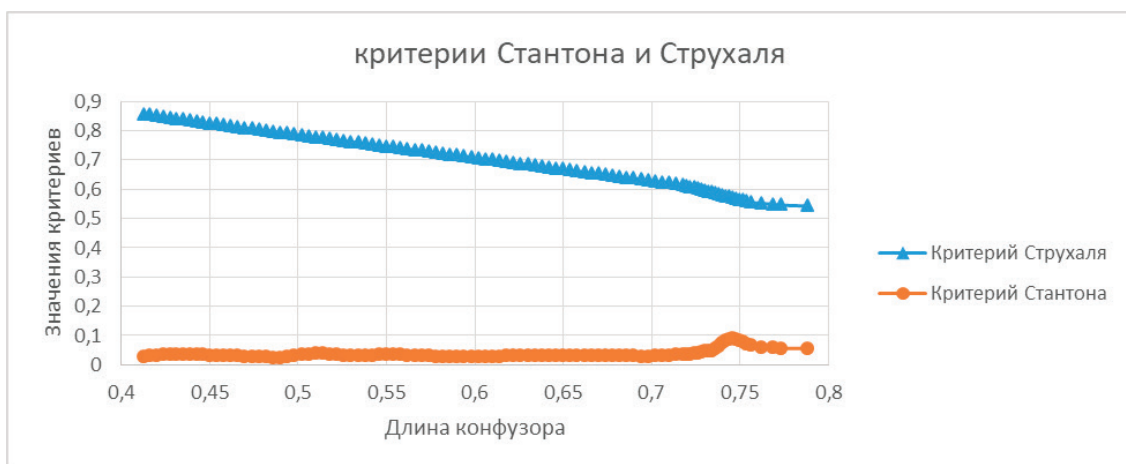


Рис. 6. Изменение критериев Стантона и Струхала по длине конфузора. Значения для Re=6000

Для числа Рейнольдса =9000:

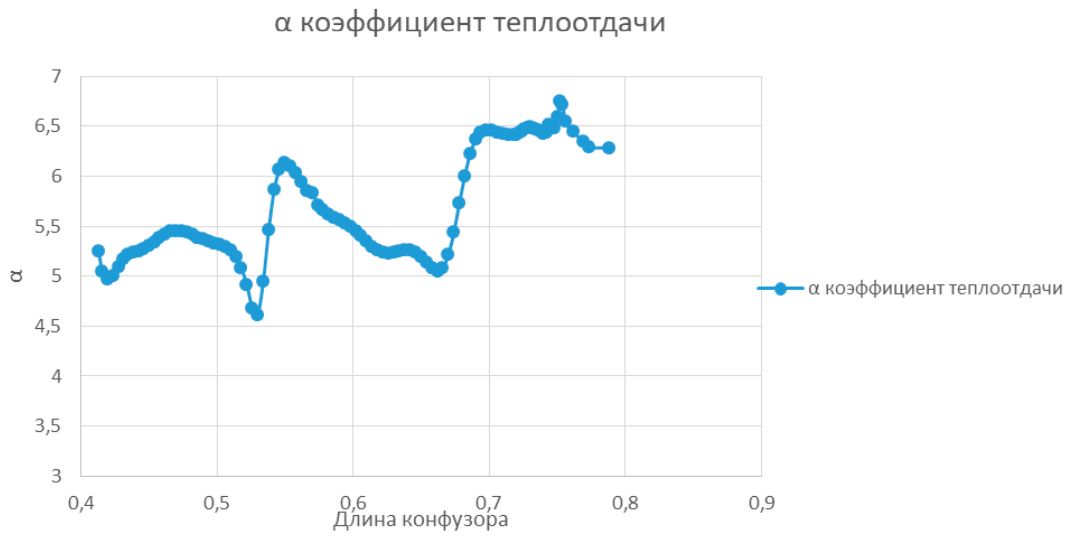


Рис. 7. Коэффициент теплоотдачи по длине конфузорного участка канала для Re=9000. (x — секция конфузора по оси X)

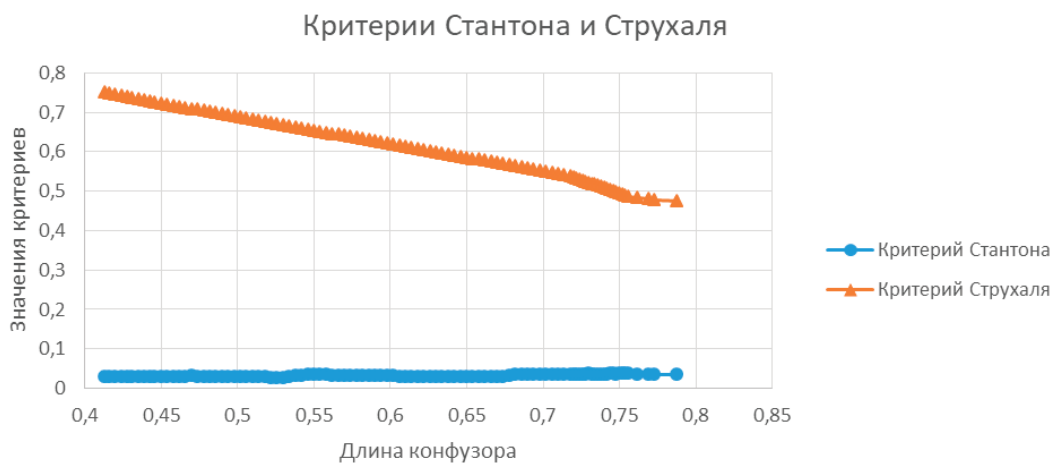


Рис. 8. Изменение критериев Стантона и Струхаля по длине конфузора. Значения для Re=9000

Для числа Рейнольдса =18000:

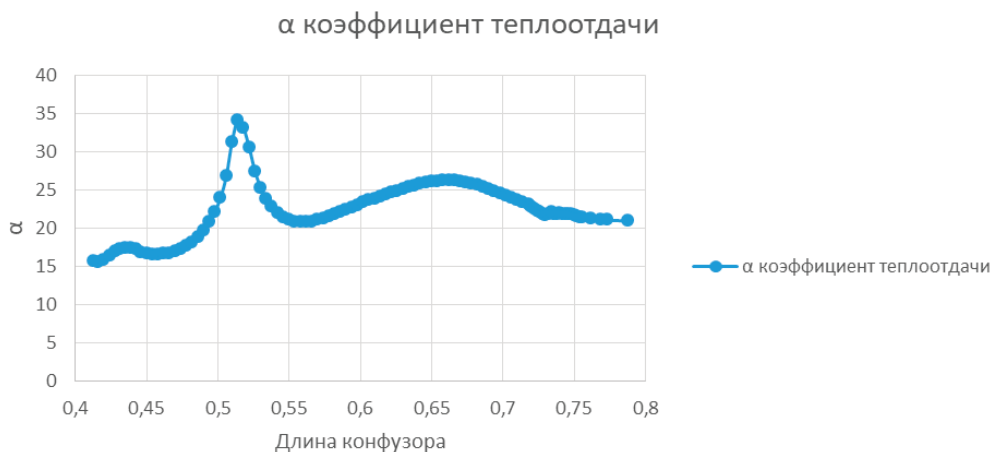


Рис. 9. Коэффициент теплоотдачи по длине конфузорного участка канала для Re=18000 (x — секция конфузора по оси X)

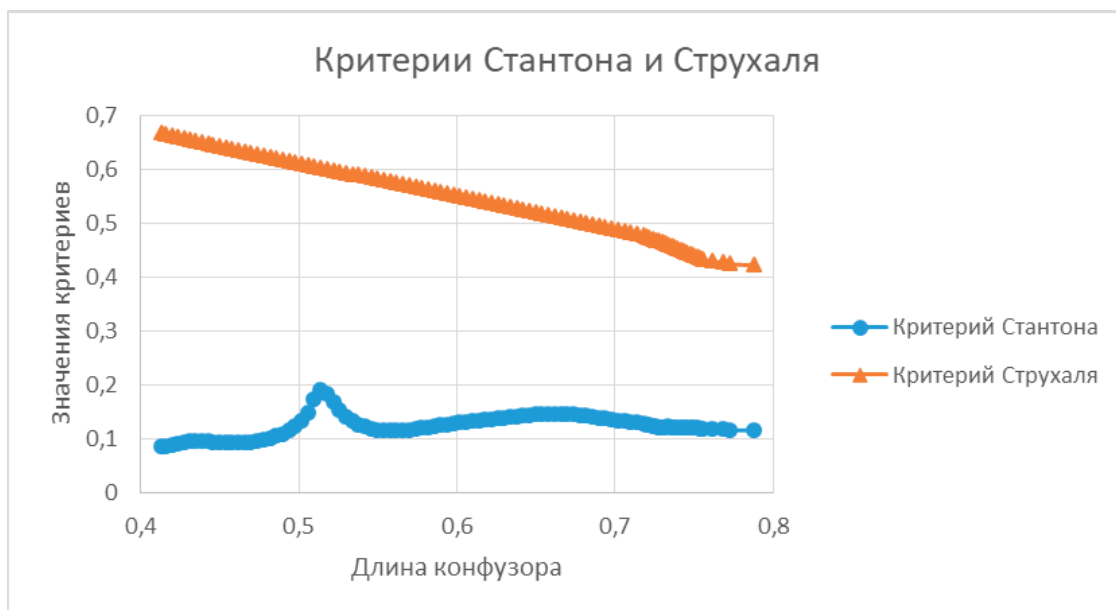


Рис. 10. Изменение критериев Стантона и Струхала по длине конфузора. Значения для Re=18000

Для каждого процесса было посчитано среднее число Нуссельта, которое в дальнейшем потребуется для расчета теплообменника, и построен график зависимости Нуссельта от Рейнольдса:

$$Nu_{max} = 0,095Re^{0,72}Pr^{0,43}(1+BK) \quad (2)$$

$$K = 0,61Sh * \exp(-Sh^3/700) \quad (3)$$

	Re	Nu
1	3000	29,0382
2	6000	50,6
3	9000	70,84
4	18000	120,652

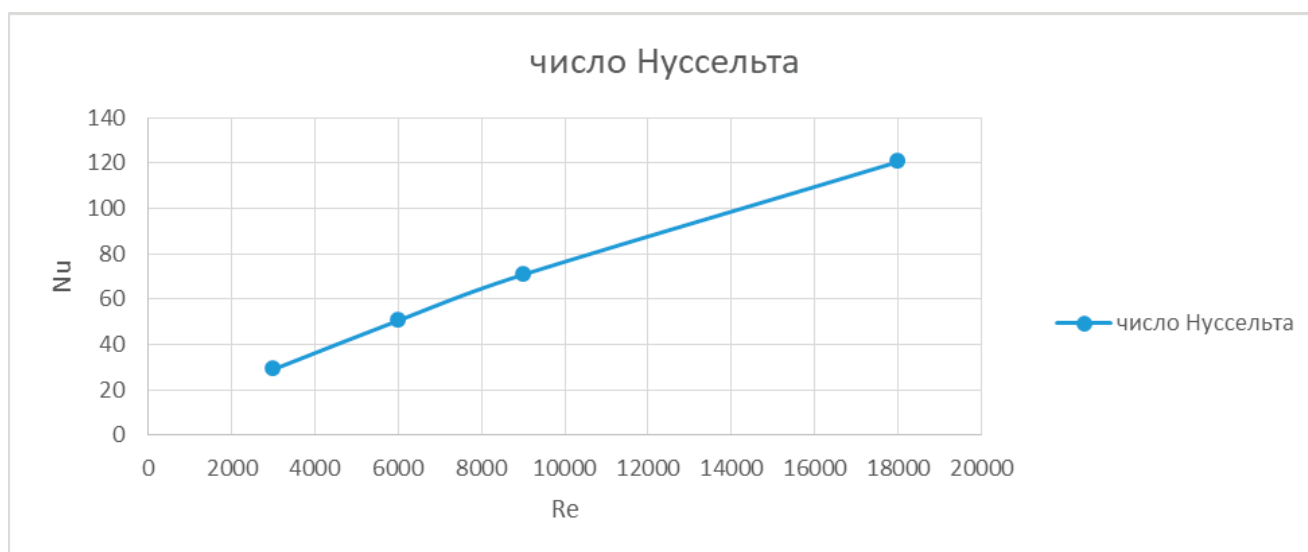


Рис. 11. Зависимость Рейнольдса от Нуссельта

Исходя из полученных данных видно, что при наличии пульсаций теплоотдача в канале увеличивается, тем самым повышается эффективность теплообмена.



Литература:

1. И. А. Давлетшин, О.А. Душина, Н.И. Михеев, А.А. Паерелий Теплоотдача пульсирующих течений в каналах с градиентом давления// Казанский научный центр РАН, Казань, Россия 2017
2. Onshape. Home page. URL: <https://www.onshape.com/>
3. SimScale. Home page. URL: <https://www.simscale.com>

## Численное моделирование теплообмена в канале с градиентом давления

Згонников Евгений Олегович, студент  
Самарский государственный технический университет

*Разработана численная прямоугольного канала с конфузурной секцией и проведена ее верификация для следующих исследований.*

**Ключевые слова:** теплообмен, турбулентный поток, конфузор.

### Введение

В статье рассматривается верификация эксперимента [1] с помощью вычислительных ресурсов Onshape [2], Simscale [3], Salome [3]. Рабочей областью является прямоугольный канал с конфузурой, стенки которого нагреты до температуры комнатного воздуха, рабочим телом является воздух, проходящий через канал и охлаждающий стенки канала. Для верификации потребуется:

- 1) Разработать геометрию расчетной области;
- 2) Задать параметры эксперимента в вычислительном ресурсе [2]
- 3) Обработать результаты в вычислительном ресурсе [3]

Постановка задачи.

Расчетная область состоит из плоского рабочего канала длиной 1,2м. В средней части канала имеется конфузурная секция длиной 375 мм. На входе параметры сечения 150x100 мм., на выходе 100x40 мм.

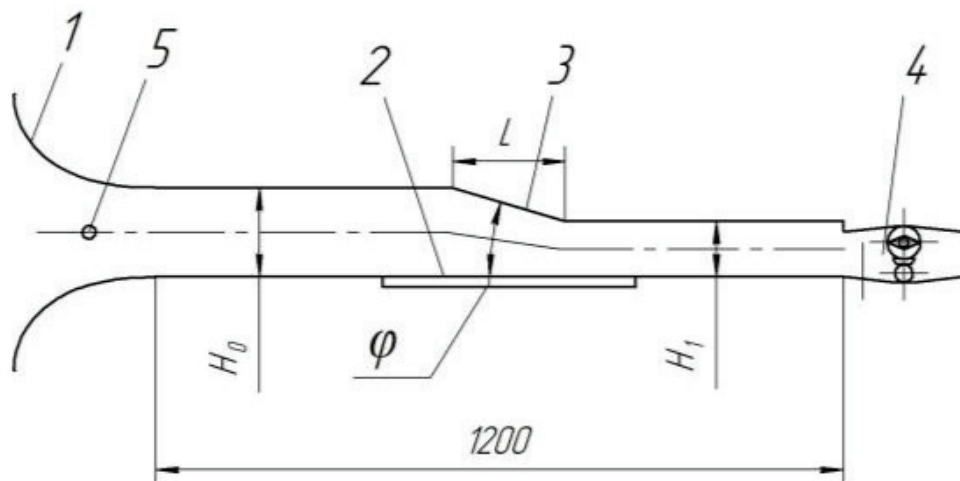


Рис. 1 Экспериментальная установка с конфузурой.

1. Вход; 2. Теплообменная стенка; 3. Конфузурный участок; 4. Пульсатор; 5. Термометр [1]

Создав геометрию расчетной области в Onshape [2], на ней моделировался эксперимент [1] в интернет ресурсе Simscale [3].

Исходя из условий задачи были определены начальные условия:

осевая объемная скорость —  $U_0 = \text{м/с}$ ;

Исходя из условий задачи были определены следующие граничные условия:

- \* Вход 1 (Inlet)
  - o  $U_0 = 3,2$  м/с по нормали
- \* Выход (Outlet)
- \* Симметрия (Symmetry)
- \* Стенка (Wall)
  - o шероховатость — нет
  - o тепловой поток —  $470$  Вт/м<sup>2</sup>

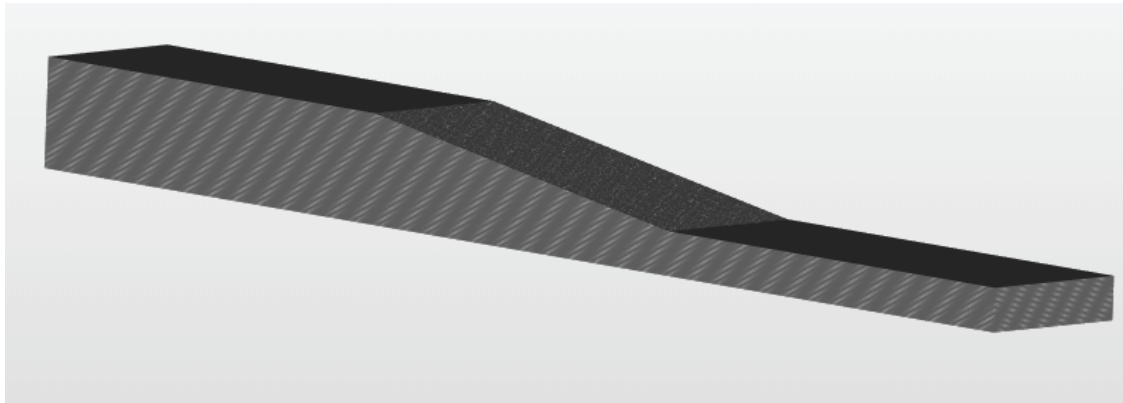


Рис. 2 Геометрия расчетной области

Для стабилизации решения был активирован алгоритм учета градиентов и дивергенции при решении уравнения сохранения импульса. Т. к. задача решается в стационарной постановке и возможно возникновение незначительных перепадов давления, была использована релаксация ( $R = 0.3$ ). Для ускорения решения были введены пороговые значения точности ( $10^{-5}$ ) и количества субитераций (1000) при решении линейных уравнений. При решении был задан фиксированный временной шаг 1 сек..

Результаты.

По результатам моделирования обработав данные по параметрам потока был вычислен коэффициент теплоотдачи по формуле:

$$h = \frac{q}{\Delta T} \tag{1}$$

$q$  — тепловой поток  
 $\Delta T$  — разность температур между центром потока и стенкой.

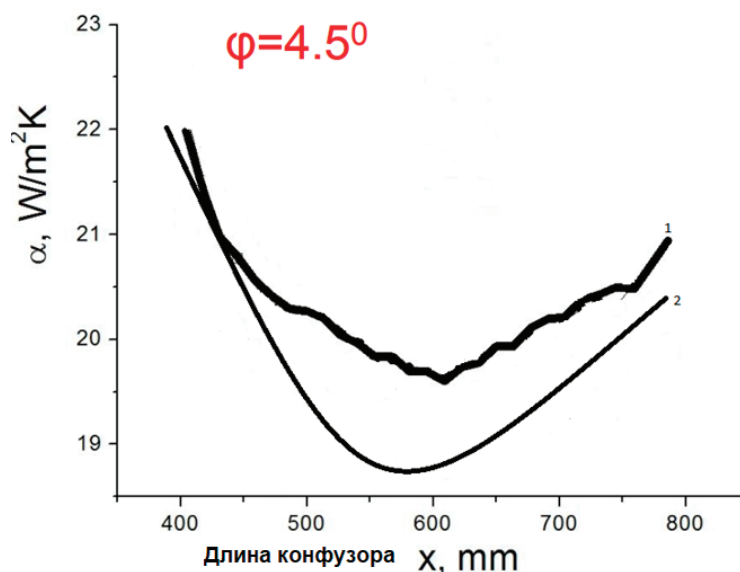


Рис. 3. Распределение коэффициента теплоотдачи по длине конфузора (1 — экспериментальные данные, 2 — результаты моделирования).

Верификация прошла успешно. Графики эксперимента и численного моделирования похожи друг на друга. Погрешность обусловлена тем, что температура нагрева стенок перед началом подачи воздуха в расчетный участок неизвестна.

Литература:

1. И. А. Давлетшин, О. А. Душина, Н. И. Михеев, А. А. Паерелий Теплоотдача пульсирующих течений в каналах с градиентом давления // Казанский научный центр РАН, Казань, Россия 2017
2. Onshape. Home page. URL: <https://www.onshape.com/>
3. SimScale. Home page. URL: <https://www.simscale.com>

## Особенности использования наноматериалов на основе $\text{SiO}_2\text{-SnO}_2\text{-In}_2\text{O}_3$ в качестве чувствительных элементов

Сараев Андрей Андреевич, студент;

Аверин Игорь Александрович, доктор технических наук, профессор;

Карманов Андрей Андреевич, кандидат физико-математических наук, доцент  
Пензенский государственный университет

В последние годы многокомпонентные системы на основе комбинаций различного рода широкозонных оксидов, таких как  $\text{SnO}_2$ ,  $\text{In}_2\text{O}_3$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{TiO}_2$  и др., представляют значительный интерес для исследователей и разработчиков в области наноэлектроники [1]. В целом выделяется общая тенденция, согласно которой фиксируется переход от использования индивидуальных оксидов к применению их сложносоставных композиций. Движущей силой данной тенденции выступают потребности в наноматериалах и устройствах на их основе, обладающих комплексом свойств, обеспечить которые с использованием только одного оксида не представляется возможным [2]. Использование многокомпонентных систем на основе широкозонных оксидов, позволяет в той или иной мере решить некоторые проблемы.

Целью настоящей работы является расширение спектра материалов потенциально пригодных для из-

мерения давления ниже атмосферного и изучения в рамках данного аспекта трехкомпонентной системы  $\text{SiO}_2\text{-SnO}_2\text{-In}_2\text{O}_3$ . Синтез анализируемых наноматериалов проводился в рамках методов золь-гель технологии с использованием следующих прекурсоров: тетраэтоксисилана ( $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$ ), олова двухлористого двухводного ( $\text{SnO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), 4,5-водного нитрата индия ( $\text{In}(\text{NO}_3)_3 \cdot 4,5\text{H}_2\text{O}$ ), при этом соляная кислота применялась в качестве катализатора, а этиловый спирт в качестве растворителя. Выбор трехкомпонентной системы  $\text{SiO}_2\text{-SnO}_2\text{-In}_2\text{O}_3$  в качестве объекта исследования обусловлен наличием первичных экспериментальных данных, демонстрирующих значительный вклад кислорода в изменение ее сопротивления. На рисунке 1 представлена температурная зависимость удельной проводимости исследуемых наноматериалов, полученная в сухом воздухе.

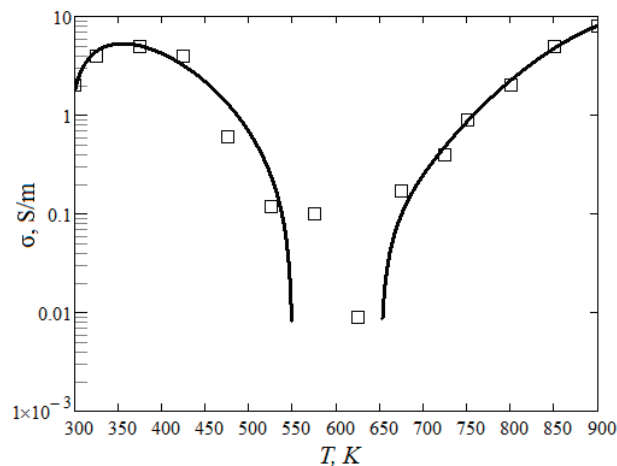


Рис. 1. Температурная зависимость удельной проводимости наноматериалов на основе  $\text{SiO}_2\text{-SnO}_2\text{-In}_2\text{O}_3$  в сухом воздухе

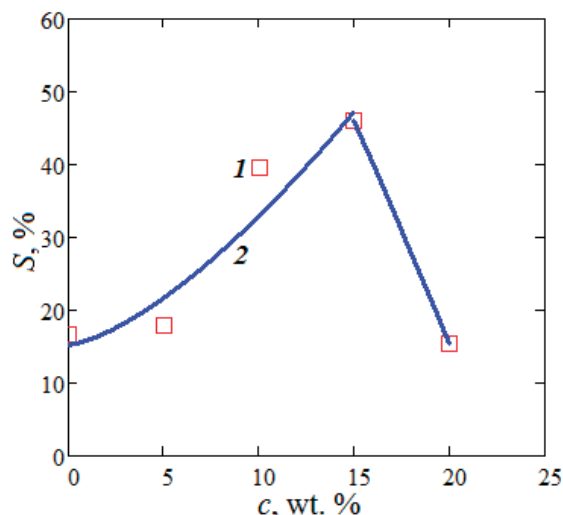


Рис. 2. Зависимость сенсорного отклика чувствительных элементов от массовой доли оксида индия: 1 — экспериментальные данные; 2 — аппроксимация

Анализ представленной на рисунке 1 зависимости, показывает наличие максимума в низкотемпературной области 300–400 К, глубокого минимума в диапазоне 550–650 К и резкий рост проводимости в высокотемпературной области 700–900 К. Такое поведение температурной зависимости удельной проводимости, по всей видимости, определяется различными формами кислорода, хемосорбированными на поверхности и в объеме трехкомпонентной системы  $\text{SiO}_2 - \text{SnO}_2 - \text{In}_2\text{O}_3$ . В низкотемпературной области доминирующее влияние оказывает кислород в форме  $\text{O}^{2-}$ , а в высокотемпературной в форме  $\text{O}^-$ . Минимуму удельной проводимости отвечает одновременное существование  $\text{O}^{2-}$  и  $\text{O}^-$ , вклад от которых суммируется и наноматериал

максимально обедняется основными носителями заряда. Такой характер взаимодействия исследуемых наноматериалов с атмосферным кислородом и концентрационные особенности добавок оксида индия определяют сенсорный отклик рассматриваемой системы к уменьшению давления ниже атмосферного. На рисунке 3 представлено относительное изменение сопротивления ( $R/R_0$ ) чувствительных элементов датчиков вакуума на основе наноматериалов состава  $\text{SiO}_2 - \text{SnO}_2 - \text{In}_2\text{O}_3$  как функция давления. Анализ полученных экспериментальных данных показывает, что в зависимости от содержания  $\text{In}_2\text{O}_3$  для исследуемой системы может быть характерно как уменьшение (кривые 2 и 3), так и увеличение сопротивления при

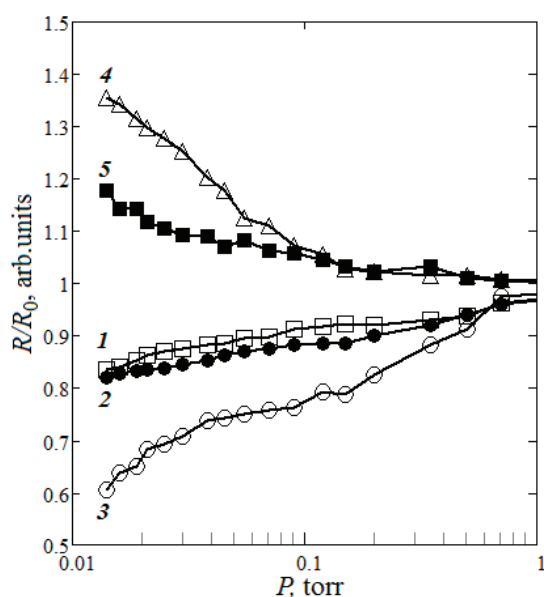


Рис. 3. Относительное изменение сопротивления чувствительных элементов датчиков вакуума на основе трехкомпонентной оксидной системы  $\text{SiO}_2 - \text{SnO}_2 - \text{In}_2\text{O}_3$  с различной массовой долей оксида индия: 1 — образец не содержит  $\text{In}_2\text{O}_3$ ; 2 — 5 масс.%, 3 — 10 масс.%, 4 — 15 масс.%, 5 — 20 масс.%  $\text{In}_2\text{O}_3$

уменьшении давления ниже атмосферного (кривые 4 и 5). На рисунке 2 представлена зависимость сенсорного отклика чувствительных элементов датчиков вакуума с трехкомпонентной оксидной системой  $\text{SiO}_2 - \text{SnO}_2 - \text{In}_2\text{O}_3$  от массовой доли  $\text{In}_2\text{O}_3$  [4].

Анализ представленных зависимостей показывает, что введение даже малого количества оксида индия в двухкомпонентную систему на основе  $\text{SiO}_2 - \text{SnO}_2$  приводит к значительному увеличению сенсорного отклика исследуемых наноматериалов. Дальнейшее увеличение массовой доли оксида индия приводит к резкому уменьшению сенсорного отклика (кривая 5 на рисунке 3). Сенсорный отклик трехкомпонентной оксидной системы при малых концентрациях  $\text{In}_2\text{O}_3$  объясняется доминирующим вкладом кислорода в форме  $\text{O}^{2-}$ , существование которого на высокодефектных поверхностях возможно в широком ди-

апазоне температур. Уменьшение давления ниже атмосферного приводит к десорбции кислорода с поверхности и из объема наноматериалов, в результате чего электроны возвращаются в зону проводимости, обеспечивая уменьшение сопротивления (кривые 2 и 3 на рисунке 3). При этом низкотемпературная форма  $\text{O}^{2-}$  становится слабосвязанной и легко десорбируется при уменьшении давления ниже атмосферного, что и определяет рост сенсорного отклика [3].

Таким образом, рассмотрены особенности использования наноматериалов на основе  $\text{SiO}_2 - \text{SnO}_2 - \text{In}_2\text{O}_3$  в качестве чувствительных элементов датчиков вакуума. Показано, что в зависимости от массовой доли оксида индия для исследуемых наноматериалов может быть характерно как уменьшение, так и увеличение сопротивления при уменьшении давления ниже атмосферного.

#### Литература:

1. Faber H, Das Sa, Lin Y-H, Pliatsikas N, Zhao K, Kehagias T, Dimitrakopoulos G, Amassian A, Patsalas P A and Anthopoulos T D 2017 Science Advances 3e1602640
2. Wang L, Li J, Wang Y, Yu K, Tang X, Zhang Y, Wang S and Wei C 2016. Scientific Reports 6 35079
3. Korotcenkov G, Han S-D, Cho B K and V. Brinzari 2009 Critical Reviews in Solid State and Materials Sciences 34 1–17
4. Averin I A, Igoshina S E, Moshnikov V A, Karmanov A A, Pronin I A and Terukov E I 2015 Technical Physics. The Russian Journal of Applied Physics 60(6) 928–32

# ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

## Современные тенденции в построении систем контроля и управления доступом

Капинос Иван Сергеевич, студент  
МИРЭА — Российский технологический университет (г. Москва)

*В настоящей статье рассматриваются современные подходы построения систем контроля и управления доступом. Приведено определение и назначение систем контроля и управления доступом.*

**Ключевые слова:** системы контроля и управления доступом, IP технологии, мобильные технологии управления доступом.

Система контроля и управления доступом (СКУД) представляет собой комплекс программно-технических средств и организационно-методических мероприятий, назначением которых является контроль помещений, оперативный контроль перемещения персонала, управление доступом посещения помещений [4]. Обобщенная схема СКУД представлена на рисунке 1.

Основополагающей тенденцией для дальнейшего развития за последнее десятилетие явился повсеместный пе-

реход СКУД на технологии IP. IP-технологии в рассматриваемом случае представляют собой:

- стандартизованный IP-протокола;
- среду передачи данных Ethernet.

На сегодняшний день решения СКУД, работающие с IP-сетями, присутствуют практически во всех крупных российских и зарубежных компаниях. Благодаря IP-технологиям в системах контроля и управления доступом СКУД приобрели следующие качества:

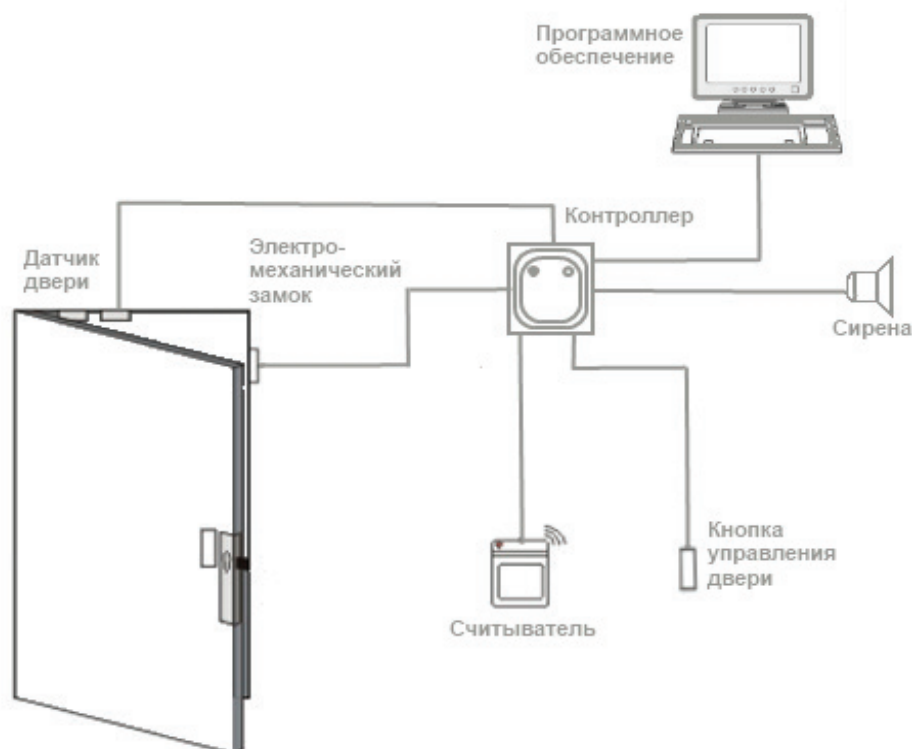


Рис. 1. Прimitивная схема СКУД



– мощность — современные контроллеры доступа могут взаимодействовать друг с другом напрямую, имеют встроенный интерфейс, используют технологию питания PoE (от англ. Power over Ethernet), позволяющую передавать электроэнергию и данные через витую пару;

– гибкость — различные типы контроллеров успешно внедряются на объектах различного масштаба;

– открытость — свободная интегрируемость оборудования разных производителей в единые комплексы безопасности посредством набора средств разработки SDK (от англ. Software Development Kit);

– доступность — новые базы элементов позволяют сделать аппаратные составляющие СКУД более дешевыми без изменения, или даже с расширением функциональности.

IP технологии в СКУД позволяют:

– использовать технологии Wi-Fi, Internet (глобальная сеть), Ethernet (локальная сеть);

– использовать масштабируемость сервера базы данных, в случаях построения больших систем;

– строить распределенные системы контроллеров доступа;

– использовать удаленные клиенты (пользовательские АРМ);

– интегрировать СКУД и системы видеонаблюдения.

Еще одной тенденцией построения современных СКУД является использование технологий многофакторной аутентификации.

Аутентификация представляет из себя процесс проверки подлинности предъявляемого идентификатора. Идентификатором могут служить следующие объекты:

- пластиковые карты;
- брелоки, браслеты;
- биометрические данные и др.

Лидеры рынка средств идентификации используют самые различные способы обновления СКУД. Одним из

таких способов является использование мультитехнологичных карт, поддерживающих не только формат производителя карты, но и несколько других технологий идентификации. Данный вариант модернизации системы позволяет постепенно перейти с устаревших технологий на более новые без потери имеющегося уровня безопасности. Все пользователи системы используют мультитехнологичные карты, работающие с действующими считывателями, а переход на новые защищенные технологии происходит после замены устаревших считывателей на мультитехнологичные.

Также весьма популярным вариантом модернизации является переход на комбинированные методы идентификации. Так, разработчик и производитель средств аутентификации, компания Zwiipe представила на рынок комбинированное решение с применением биометрической карты. Главным достоинством представленного решения стала возможность не устанавливать биометрические считыватели, а использовать установленные считыватели смарт-карт. На биометрической карте имеется сканер отпечатков пальцев с 3D-технологией и RFID-чип, обеспечивающий поддержку популярных технологий по стандарту ISO 14443, в том числе бесконтактные карты. Такой способ обновления СКУД является весьма экономным способом перехода с устаревших технологий, использующих проксимити карты на биометрические технологии (рис. 2).

На биометрической карте установлен сканер отпечатков пальцев с 3D-технологией, а также RFID-чип, который обеспечивает поддержку популярных технологий согласно стандарту ISO 14443, включая бесконтактные карты DESFire EV1 и MIFARE Classic. Таким образом, Zwiipe предлагает экономный способ обновления действующих систем контроля доступа и перехода с устаревших проксимити карт на биометрию.

Одной из новейших тенденций в развитии СКУД является применение мобильных технологий доступа. Мо-

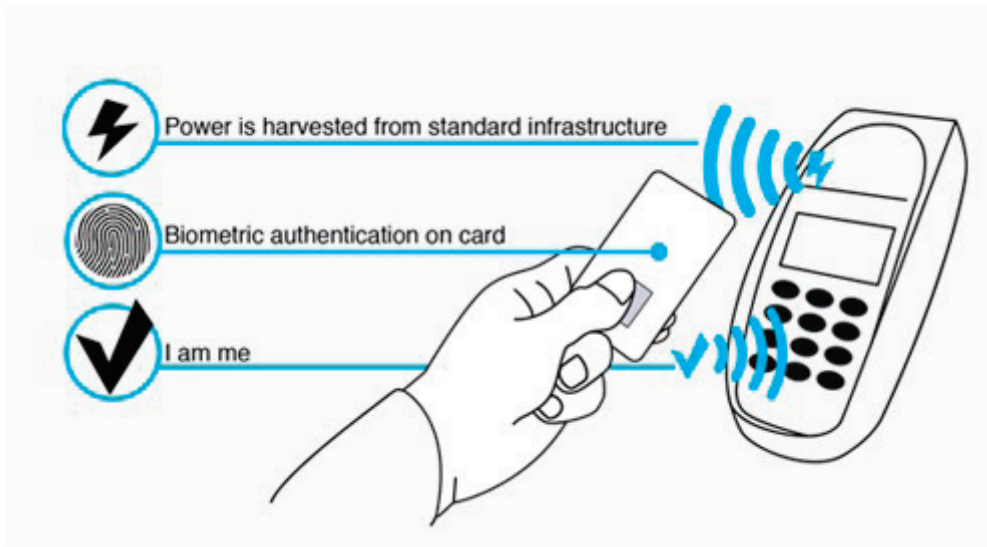


Рис. 2. Комбинированная технология идентификации в СКУД от компании Zwiipe

бильный телефон уже давно прочно вошел в повседневную жизнь и заменил многие приспособления: часы, фотоаппарат, плеер и другие. Чаще всего, говоря о мобильном доступе, подразумевают либо использование специальных приложений (установленных на смартфоне) для управления СКУД, либо использования телефона в качестве ключа [3]. Распространение получили следующие мобильные технологии:

- BLE;
- NFC;
- QR-код;
- Twist & Go.

Литература:

1. Исахов А. Ю. Методическое и программно-алгоритмическое обеспечение процесса идентификации посетителей в местах массового пребывания людей, Томск, 2016.
2. Исахов А. Ю. Система двухфакторной аутентификации на основе QR-кодов Безопасность информационных технологий. 2014. № 3. С. 97–101.
3. Катренко А. В. Мобильные технологии в СКУД: эволюция, революция или серьезная угроза? — «СКУД. Анти-терроризм» — 2016, [Электронный ресурс], Режим доступа: [http://www.smartsec.ru/bitrix/menu/information/publications.php?ELEMENT\\_ID=54](http://www.smartsec.ru/bitrix/menu/information/publications.php?ELEMENT_ID=54)
4. Системы контроля и управления доступом — СКУД (мировой рынок) [Электронный ресурс], Режим доступа: <http://www.tadviser.ru/index.php>
5. Умнов А. Система мобильного доступа [Электронный ресурс], Режим доступа: <http://www.elics.ru/files/webinars/hid-mobile-access.pdf>
6. Чистяков М. В. Методы идентификации пропусков и основные требования к системе контроля и управления доступом и безопасностью учреждения // Молодой ученый. — 2016. — № 11. — С. 241–243. — URL <https://moluch.ru/archive/115/30686/> (дата обращения: 28.05.2019).

## Электронная запись к врачу как компонент государственной информационной системы (ГИС) «Портал государственных услуг ПМР»

Карамануца Владислав Александрович, студент магистратуры  
Приднестровский государственный университет имени Т. Г. Шевченко (г. Тирасполь, Молдова)

**Введение.** Практически каждому человеку порой необходимо обращаться к врачам. Причины обращения могут быть разными: профилактический осмотр, проблемы с здоровьем, исследование анализов и т.д. Мы живем в современных реалиях, прогресс не стоит на месте, и прогрессирующие информационные технологии требуют формирования новых механизмов взаимодействия внутри гражданского общества. Ответом на современные вызовы можно считать разработку информационной системы (ИС), которая способна решать несколько основополагающих задач и перевести процесс взаимодействия граждан и медицинских учреждений на качественно новый уровень:

- Предоставление исчерпывающей информации о расписании врачей или времени работы лаборатории;
- Предоставление информации о возможности записи на удобное для пациента и врача время, и соответ-

ственно предоставление полного набора инструментов для самой записи к врачу или на процедуры, ее отмены или переноса на другой день или другое время;

– информирование о наступлении времени приема у врача;

– формирование различных статистических отчетов как для лечебных учреждений, так и для Министерства здравоохранения в целом, анализ которых позволит повысить качество оказываемых медицинских услуг.

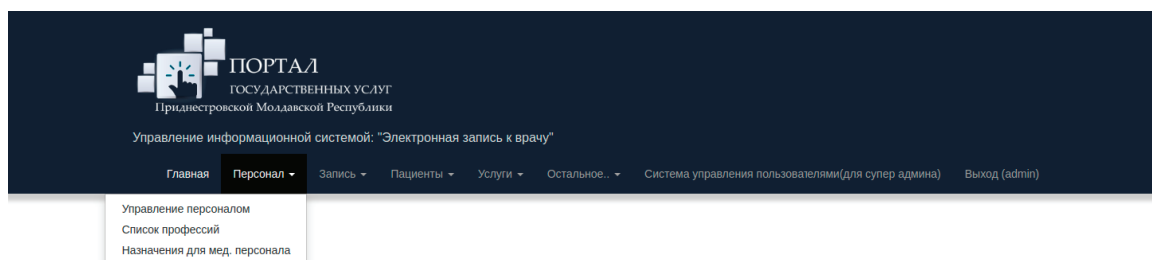
Данная информационная система позволит сэкономить время, затрачиваемое на запись к врачу, разгрузить сотрудников регистратуры, предоставит инструменты контроля и мониторинга для руководителей лечебных заведений. Актуальность данной системы сложно переоценить, ибо время самый ценный человеческий ресурс. Целью аудиторией, данной ИС, будет являться не только



- управление записью на исследование и процедуры:
- работа со списком записей на прием к врачам и направлениями;
- фиксирование приёма дежурного врача или оказания иной услуги без предварительной записи:
  - создание записи на прием к дежурному врачу;
- работа с записями пациентов в рамках рассмотрения претензионных обращений:
  - работа со списком записей на прием пациента.

### Пример графического интерфейса серверной части информационной системы

Для обмена информацией с ГИС «Портал государственных услуг» выбран интерфейс RESTful api, для его применения будет расширенная серверная часть, которая сможет обработать все приходящие запросы. Ниже приведен скриншот одного из пунктов меню информационной системы.



## Backend!

Электронная запись к врачу.

### Heading

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur.

[Yii Documentation »](#)

### Heading

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur.

[Yii Forum »](#)

### Heading

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur.

[Yii Extensions »](#)



Кроме пункта меню, приведенного в примере, система позволяет создавать записи на прием напрямую из системы. Это сделано для того, чтобы персонал регистратуры мог записать на прием пациентов, избавившись тем самым от бумажной работы и автоматизировав работу.

гистратуры мог записать на прием пациентов, избавившись тем самым от бумажной работы и автоматизировав работу.

### Литература:

1. <https://er.mis.zdrav.tomsk.gov.ru/>
2. <https://www.gosuslugi.ru/10066/1>
3. <http://e-services.md/?q=ru>
4. [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F\\_%D0%BE%D1%87%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B4%D1%8C](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BE%D1%87%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B4%D1%8C)
5. <http://ereg.medlan.samara.ru/newsite/territories.aspx>
6. <https://portal52.is-mis.ru/#!/clinics/>
7. <http://do.sev.gov.ru/elektronnye-gosuslugi/1352-chto-takoe-gosudarstvennye-uslugi-v-elektronnom-vide-i-kak-oni-predostavlyayutsya>

## Разработка программного модуля диагностики опухолей головного мозга с применением нейронной сети

Леваков Андрей Сергеевич, студент;

Макаренко Денис Сергеевич, студент

Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники»

**Ключевые слова:** машинное зрение, сверточная нейронная сеть, МРТ, глубинное обучение.

С каждым днем потребность в технологии машинного обучения постоянно возрастает. С ее помощью стало возможным решить множество задач, связанных с распознаванием речи и текста, классификацией и сегментацией объектов на изображениях и т.д. Совершенно естественно, что данная технология нашла свое применение и в медицине. Например, сегодня существует проблема с диагностированием у пациентов опухолей головного мозга: нередко такие ситуации, когда определение новообразований происходит на поздней стадии их развития, при которой лечение человека практически невозможно.

Магнитно-резонансная томография (МРТ) является одной из самых прорывных технологий диагностики опухолей: она получает послойные изображения тканей мозга с разных ракурсов с толщиной слоя до 8 мм, что позволяет довольно точно локализовать новообразования еще на ранних стадиях развития [1]. Несмотря на то, что МРТ была изобретена еще в 70-х годах прошлого столетия, на сегодняшний день она все еще является наиболее популярным методом диагностики заболеваний головного мозга (Альцгеймер, эпилепсия, рак и т.д.). Но анализ МРТ снимков вручную является довольно долгим и неэффективным методом из-за быстрой утомляемости людей от рутинной работы и, вследствие этого, человеческих ошибок [2]. Соответственно, если компьютер научится быстро и точно распознавать опухоль головного мозга на ранних стадиях развития по МРТ снимкам, то удастся значительно уменьшить число врачебных ошибок, повысить вероятность выявления данной болезни на ранних стадиях развития у большего числа пациентов и тем самым спасти множество жизней. В дополнение ко всему этому, авто-

матизация рутинной работы по анализу МРТ снимков поможет разгрузить врачей.

Существует множество различных типов злокачественных образований головного мозга. Наиболее распространенной и агрессивной формой опухолей головного мозга является глиобластома. Обнаружение и локализация таких образований производится по послойным снимкам МРТ головного мозга. Съемка головного мозга производится в нескольких режимах работы томографа. Самый распространенный режим — T1 ВИ. В данном режиме белым цветом обозначается жир, мягкие ткани отображаются оттенкам серого, а спинномозговая жидкость — черным. Так же во время съемки, пациенту может быть введено особое вещество — контраст (режим T1c ВИ). На снимках, полученных с применением контрастного вещества, пораженные участки подсвечиваются ярким белым светом, сильно выделяясь на фоне мягких тканей. Для локализации жидкостей используют режим T2. В данном режиме жидкости и жир отмечаются белым цветом, что позволяет засечь перифокальный отек, образующийся вокруг опухоли. Для того чтобы отличить перифокальный отек от других жидкостей головного мозга используется режим FLAIR.

В области распознавания образов на изображениях, наибольших успехов достигли сверточные нейронные сети, получившие такое название за счет использования сверточных слоев. Принцип работы сверточного слоя довольно прост: по входному многомерному массиву данных двигается матрица весов, называемая фильтром. Область данных, на которую применяется фильтр, называется его полем восприятия. При перемещении фильтра происходит поэлементное перемножение матрицы на элементы

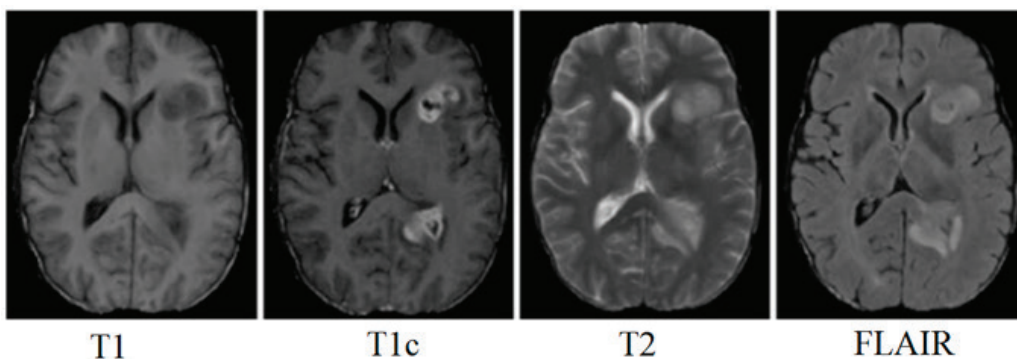


Рис. 1. Снимки МРТ головного мозга в различных режимах [3]







В настоящее время сверточные нейронные сети широко применяют в задачах распознавания опухолей на снимках МРТ головного мозга. В данной работе для этих целей мы использовали архитектуру UNet. В её основе лежит применение сжимающего и разжимающего путей сверточных слоев.

Сжимающий путь основан на классической схеме нейронных сетей (свертка => ReLU => пулинг => свертка => ReLU => пулинг => ...). Последний слой использует фильтры 1x1, чтоб сопоставить карту абстрактных признаков с вектором классов (в нашем

случае классами будут являться отек вокруг опухоли, центр опухоли и опухолевые клетки в центре). Разжимающий использует слои обратной свертки и слои апскейлинга (Upscaling) (операция апскейлинга обратна пулингу). В ходе обратной свертки, апскейлинга, а также объединения карт признаков с картой, полученной на соответствующем шаге свертки (соединение необходимо для восполнения потери пограничных значений на каждой свертке), получается карта признаков с уточненными областями их расположения относительно первоначальных данных.

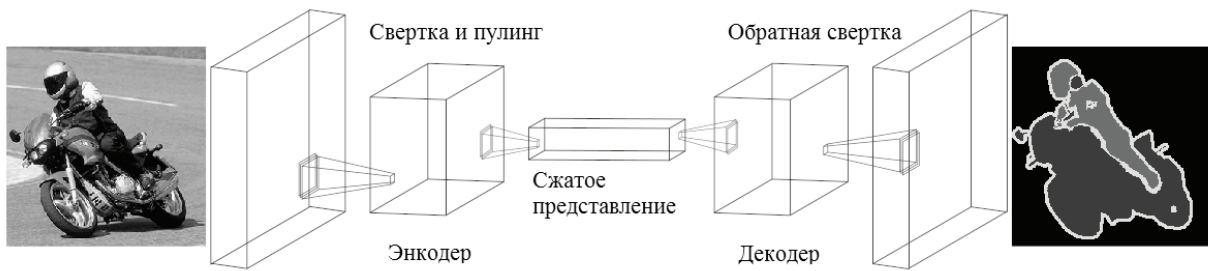


Рис. 4. Схема работы UNet [6]

Для обучения нейронной сети UNet использовался архив BRATS2017 [7,8]. Данный архив содержит снимки МРТ головного мозга пациентов в формате nii.gz, снятых в режимах T1, T1с, T2 и FLAIR. Созданная программа

использует фреймворк глубокого обучения TensorFlow и технологию построения нейронных сетей для распознавания медицинских изображений NiftyNet.

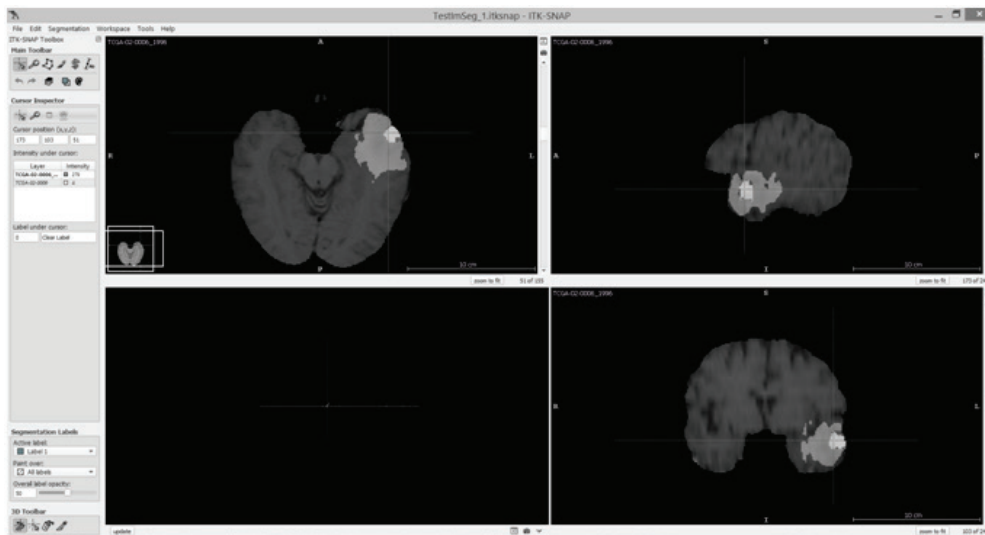


Рис 5. Результат работы нейронной сети: снимок МРТ головного мозга с отмеченными областями отека (светло-серая зона), центра опухоли (белая зона) и живых опухолевых клеток (темно-серая зона)

Результат работы программы записывается в виде файла формата nii.gz.

Для его просмотра необходимо открыть в программе просмотра медицинских изображений файл, загружавшийся в программу, и файл, содержащий результат работы. Мы использовали программу ITK-SNAP 3.6.0.

В итоге реализованная программа при обработке снимка МРТ головного мозга пациента формата nii.gz выдает результат, который отображается программой ITK-SNAP в виде изображение его мозга в трех проекциях (аксиальном, сагиттальном и фронтальном) с подсвеченными областями отека, центра опухоли и живых опухолевых клеток.

Литература:

1. Kullberg J. Whole-body adipose tissue analysis: comparison of MRI, CT and dual energy X-ray absorptiometry / Kullberg J. [и др.] // The British Journal of Radiology. — 2014. — Т. 82. — № 974. — С. 123–130.
2. Akkus Z. Deep Learning for Brain MRI Segmentation: State of the Art and Future Directions / Akkus Z. [и др.] // Journal of Digital Imaging. — 2017. — Т. 30. — № 4. — С. 449–459.
3. Pereira S. Brain tumor segmentation using convolutional neural networks in MRI images / Pereira S. [и др.] // IEEE transactions on medical imaging. — 2016. — Т. 35. — № 5. — С. 1240–1251.
4. Nielsen, M. Neural Networks and Deep Learning / M. Nielsen. — San Francisco: Determination Press, 2015. — 224 с.
5. Румянцев В. Ф. Использование методов машинного обучения для семантической классификации дорожной обстановки: вкр. / В. Ф. Румянцев. — Санкт-Петербург, — 2018. — 23 с.
6. Silva, T. Deeplab Image Semantic Segmentation Network [Электронный ресурс]. / T. Silva // Thalles' Blog: — Режим доступа: [https://sthalles.github.io/deep\\_segmentation\\_network](https://sthalles.github.io/deep_segmentation_network) (дата обращения: 27.05.2019).
7. Menze, BH. The Multimodal Brain Tumor Image Segmentation Benchmark (BRATS), / BH. Menze [и др.] // IEEE Transactions on Medical Imaging. — 2015. — Т. 34. — № 10. — С. 1993–2024. — DOI: 10.7937/K9/TCIA.2017.KLXWJJ1Q.
8. Bakas, S. Advancing The Cancer Genome Atlas glioma MRI collections with expert segmentation labels and radiomic features. / S. Bakas [и др.] // Nature Scientific Data. — 2017. — DOI: 10.1038/sdata.2017.117.

## Автоматизация работы медицинского персонала при помощи web-приложения «Поликлиника»

Лысенко Александр Александрович, студент магистратуры;

Штырба Святослав Геннадиевич, студент магистратуры

Приднестровский государственный университет имени Т. Г. Шевченко (г. Тирасполь, Молдова)

*В статье рассматривается опыт разработки электронного служебного и информационного ресурса в формате web-приложения. Описаны цели и задачи разработки приложения, перечислены рабочие процессы, автоматизированные при помощи информационных технологий*

**Ключевые слова:** поликлиника, web-разработка, автоматизация.

В нашем регионе люди испытывают значительные трудности или неудобства, связанные с оказанием своевременной медицинской помощи. Некоторые пациенты теряют возможность попасть на прием к врачу ввиду своего состояния здоровья, некоторым не очень удобно ехать за медицинской помощью в другой город по причине того, что в их населенном пункте нет нужного врача или амбулаторное учреждение отсутствует вовсе. И самый большой недостаток, вызывающий дискомфорт у подавляющего большинства пациентов — это пребывание огромного количества времени в очередях. Работа, освещаемая в данной статье, является одним из способов решить часть подобных проблем при помощи современных компьютерных технологий. Поскольку технологии, использующие компьютерные вычисления, стремительно меняют практически все сферы повседневной жизни человека, то и такая, на первый взгляд, консервативная отрасль, как медицина, не обошлась бы без них.

Одной из главных целей проекта является создание интернет-сервиса, предоставляющего доступ к медицин-

ским услугам для всего населения, независимо от статуса, возраста, занятости или даже места жительства. Задача сервиса состоит в повышении качества амбулаторной медицинской помощи и, в частности, за счет сокращения времени нахождения пациентов в амбулаторных учреждениях. Сервис должен быть представлен web-приложением, которое будет связующим звеном между пациентом и медицинскими специалистами. Приложение должно способствовать уменьшению очередей и повышению удобства предоставления медицинской помощи, как для пациентов, так и для медицинского персонала. В свою очередь приложение должно быть удобным, доступным и понятным для людей различных возрастных категорий, а также обеспечивать надежность и конфиденциальность данных.

В ходе разработки проекта были реализованы модули, осуществляющие регистрацию и ведение личной электронной амбулаторной карты пациента. Реализованы такие рабочие процессы, как проведение и анализ обследований, врачебные и доврачебные осмотры пациента, го-

спитализации пациентов, а также проведения лечебных процедур.

Регистрация амбулаторной карты начинается с внесения в базу личных данных пациента в соответствии с формой 025/у, утвержденной Приказом Министерства здравоохранения и социальной защиты Приднестровской Молдавской Республики № 475 от 7 октября 2005 года. Следующим шагом является внесение данных профилактических осмотров, включающих в себя в обязательном порядке анализы крови, флюорографию, ЭКГ, обследования на остроту зрения, артериальное давление и гинекологический осмотр.

Амбулаторная карта пациента хранит историю посещения врачей с подробными описаниями жалоб пациента, анамнеза заболевания, рекомендациями врача. В процессе лечения все данные, включая лечебные процедуры, анализы и обследования заносятся в базу отдельно, но связываются с записями этой истории. Такой подход является эффективным для просмотра всей истории болезни пациента со всеми вытекающими результатами, а также является показателем качества работы медицинского персонала. Более того, такой подход удобен для построения статистической модели истории болезни, а также истории и показателей обслуживания, как отдельного взятого сотрудника, так и всего амбулаторного учреждения целиком.

В приложении разработан личный кабинет медицинского сотрудника, отображающий список пациентов и информацию из амбулаторной карты. В личном кабинете имеется возможность посмотреть историю болезней пациента, провести консультацию или занести отчет о приеме и осмотре пациента. Амбулаторная карта пациента заполняется также из личного кабинета сотрудника через специализированные формы-карточки. Каждый из специалистов медицинского учреждения отвечает за определенный спектр рабочих процессов, видит в личном кабинете только свои процессы и данные к ним относящиеся.

Для уменьшения затрат времени на оформление записей для заполнения электронной амбулаторной карты пациента, в приложении реализована возможность создания шаблонов и управления ими. Шаблон помогает в быстром оформлении записи в амбулаторную карту, предлагая заполнить набор полей важной информацией,

исключая набор однотипного текста. Шаблон может быть создан индивидуально сотрудником и использован при обработке информации определенного рабочего процесса. Также шаблон может быть использован для получения информации в форме документа на печать или сохранения в электронном виде.

Вся информация, представленная в приложении и принадлежащая амбулаторной карте пациента или рабочему процессу сотрудника амбулаторного учреждения, разделена на несколько уровней и ограничивается правилами доступа к ней. Лечащему врачу доступна вся информация из электронной амбулаторной карты пациента, включая все материалы по истории болезни пациента. Медсестра или фельдшер может увидеть только часть данных из амбулаторной карты, касающихся текущей госпитализации или стационарного лечения, включая результаты анализов и записи о проведении лечебных процедур. Младший медицинский персонал получает доступ к информации, касающейся только его рабочих процессов. Для связывания информации с другими рабочими процессами используются ссылки на материалы без предоставления содержимого. Для управления всеми данными, содержащимися в базе приложения, разработана панель администратора. Администратор может контролировать все рабочие процессы, заводить или архивировать амбулаторные карты пациента, управлять учетными записями сотрудников, а также строить статистические модели в виде графиков или периодических итоговых отчетов.

В приложении реализован информационно-справочный раздел. В нем пациенты могут найти описания симптомов основных заболеваний и рекомендации по оказанию первой помощи при их лечении, а также инструкции и противопоказания к различным лекарственным препаратам.

В настоящее время ведется работа над реализацией выдачи электронных направлений пациента на сдачи анализов и проведение процедур. Для обеспечения совместности с другими амбулаторными учреждениями, не оборудованными системами электронного документооборота, в модуль электронных направлений планируется ввести печать и систему ввода бумажных направлений. Также ведется работа над реализацией обмена данными с медицинскими центрами, городскими больницами.

#### Литература:

1. ГОСТ Р 52636—2006, Электронная история болезни. Общие положения.
2. Справочник хирурга поликлиники / М. П. Черенько. — Киев: Здоровья, 1990. — 301, [1] с.: ил.; 22 см.; ISBN5—311—00540—8.
3. Сафронов М. Разработка веб-приложений в Yii 2. — М.: ДМК Пресс, 2015. — 392 с.: ил.

## Распределенные информационные системы: особенности применения и построения

Масленников Евгений Владимирович, студент магистратуры  
Тольяттинский государственный университет (Самарская обл.)

*Данная статья направлена на исследование вопроса построения распределенных информационных систем. Рассмотрены методы Grid и Cloud в качестве средства построения распределенных ИС, а также технологии построения распределенных баз данных.*

**Ключевые слова:** *распределенные системы, Grid-технологии, BOINC, облачные вычисления, построение распределенных БД.*

*The article is devoted to the study of the construction of distributed information systems. Grid and Cloud are considered as tools of building distributed information systems, as well as technologies for building distributed databases.*

**Key words:** *distributed information systems, Grid-technologies, BOINC, cloud computing, building distributed databases.*

К числу перспективных направлений развития в области увеличения скорости вычислений относится развитие технологий распределенных вычислений. Данная система является набором индивидуальных вычислительных компонентов, которые могут обмениваться информацией [5]. Как правило, распределенные ИС применяются для построения систем, имеющих повышенные требования к обеспечению отказоустойчивости и производительности.

Все большее распространение в наши дни получают распределенные вычислительные системы. Наиболее перспективными являются технологии построения GRID и CLOUD.

Grid-технологии дают возможность реализовать на практике географически распределенные вычислительные инфраструктуры. Также они в свою очередь объединяют ресурсы различного плана и предоставляют

к ним коллективный доступ из разных точек планеты. В этой связи продолжение последующего развития распределенных информационных систем тесно связано с появлением Grid-технологий. Под ними понимается определенная форма распределенных вычислений, где основной виртуальный «суперкомпьютер» сформирован из некоторых кластеров, соединённых по сети Интернет, компьютеров, которые вместе выполняют работу в целях решения большого числа производственных заданий.

Выделяют следующие виды:

- Добровольная GRID;
- Научная GRID;
- GRID на основе выделения вычислительных ресурсов по требованию [1].

Примеры проектов добровольных вычислений, построенных на базе GRID-систем на платформе BOINC, приведены в таблице 1.

Таблица 1

Проект	Назначение
SETI@home	Анализ радиосигналов, полученных радиотелескопами, с целью поиска внеземных цивилизаций
Rosetta@home	Вычисление 3-мерной структуры белков из их аминокислотных последовательностей.
LHC@home	Обработка данных, полученных с большого адронного коллайдера, и расчёты для его усовершенствования.

Проект BOINC позволяет организовать распределенные вычисления на дому, когда любой желающий может установить на свой компьютер клиент и отдать часть вычислительных ресурсов своего компьютера (CPU, GPU) для организации вычислений. Многие из этих вычислений носят социальный характер — например, вычисление белков для изобретения новых лекарств, другие носят научный характер — от физико-математических вычислений данных с экспериментальных установок до обработки данных с телескопов для поиска сигналов внеземных цивилизаций. Это одна из самых популярных и до-

ступных методик выстраивания распределенных информационных систем.

Также стоит отметить технологию Cloud, используемую для организации облачных вычислений. При этом описанные выше технологии весьма близки по своей природе. Они включают в свой состав мощные распределенные вычислительные системы, но все-таки между ними существуют различия. Главное — способе их использования и дальнейшего развертывания. Grid — это по своей сути оборудование, установленное на определенный временной промежуток и нуждающееся в плановых работах

по поддержке, техническому обслуживанию и ремонту, либо в случае добровольных вычислений, персональные компьютеры, расположенные на дому. Cloud реализованы в форме IaaS и могут предоставлять интерфейс. В таком случае пользователь не занимается вопросами технического обслуживания и поддержки, имеет доступ к вычислительному ресурсу, масштабируемому в зависимости от сформированных потребностей [3].

Архитектурные отличия Grid и Cloud также являются одним из ключевых. Cloud системы хорошо ориентированы на Web-сервисы и справляются как с большими задачами, так и с большим количеством мелких задач, поставленных различными пользователями. Это обусловлено тем, что построенные распределенные ИС через Cloud дают пользователю использовать их системы для быстрой обработки данных посредством наличия реализованного тонкого клиента. В качестве примера облачных систем можно привести файловые-хостинги, такие как Dropbox, Яндекс.Диск, Amazon S3 и другие. Пользователю они предоставляют веб-интерфейс и клиент, представляющий облако в виде виртуального жесткого диска прозрачно для операционной системы. Внутри же эти облачные системы представлены кластером серверов, расположенных в географически распределенных дата-центрах. В каждом сервере используется аппаратный RAID-контроллер и массив жестких дисков с возможностью горячей замены, на уровне дата-центра используются системы балансировки нагрузки и мониторинга, а на уровне магистральных провайдеров используются сети распределения контента.

Процесс выстраивания современных распределенных ИС напрямую связан с реляционными и объектно-ориентированными СУБД. В настоящее время они утвердились в качестве ключевых инструментов для обработки данных в различных ИС. В настоящее время существует множество систем управления базами данных (СУБД) и других программ, выполняющих сходные функции. Инструментальные средства Oracle — сейчас одни из лучших и наи-

более мощных имеющихся инструментов разработки профессионального класса.

СУБД Oracle дает возможность поддерживать связь как между клиентами и сервером, так и между различными серверами. Построение распределенных БД позволяет решить комплекс задач:

- сбор в единое целое данных, хранящиеся в нескольких местах;
- увеличение серверной мощности системы (горизонтальная масштабируемость);
- консолидация данных в непосредственной близости от их потребителей, сохраняя при этом целостность системы и другие.

Концепция построения распределенных БД в Oracle основана на децентрализованной их организации. Серверы взаимодействуют друг с другом с помощью протокола SQL\*Net. Ссылки друг на друга — это каналы связи БД, которые серверы хранят в качестве объектов БД. В свою очередь полное имя объекта может включать в себя канал связи: что требует обеспечения уникальности имен серверов («сервисов» в терминологии Oracle) в сети и достигается благодаря иерархической организации доменов.

Облачный сервис Amazon Relational Database Service обеспечивает пользователей реляционными базами данных для использования в приложениях. Amazon RDS позволяет производить быстрое развёртывание, простое обслуживание и лёгкое масштабирование. Такие сложные процессы, как обновление программного обеспечения БД, проведение резервного копирования, возврат к ранним состояниям (восстановление) проводятся автоматически. Масштабирование дискового пространства и процессорных ресурсов может быть вызвано при помощи API системы.

В заключении следует отметить, что распределенные информационные системы имеют большие перспективы для развития, поскольку аренда их ресурсов в перспективе будет становиться дешевле содержания собственного оборудования за счет сокращения издержек на обслуживание и модернизацию.

#### Литература:

1. Judith M. Myerson: Cloud computing versus grid computing [Электронный ресурс] <http://www.ibm.com/developerworks/web/library/wa-cloudgrid/> (дата обращения 26.05.2019).
2. Nicolas Synober: Difference entre le Grid et le Cloud Computing [Электронный ресурс] <http://www.haute-disponibilite.net/2008/07/15/difference-entre-grid-et-cloud-computing/> (дата обращения 28.05.2019).
3. Semantic Grid Community Portal. [Электронный ресурс]: <http://www.semanticgrid.org/>
4. Web Services and service-oriented architectures. [Электронный ресурс]: <http://www.service-architecture.com/>
5. WS-Resource Framework. [Электронный ресурс]: <http://www.globus.org/wsrf/>



## Социальная инженерия, ее техники и меры противодействия

Пазухина Анастасия Павловна, студент  
МИРЭА — Российский технологический университет (г. Москва)

В наше время информационный ресурс стал одним из самых мощных рычагов экономического развития. Его ценность предопределяется тем, что монопольное обладание определенной информацией зачастую оказывается решающим преимуществом в конкурентной борьбе.

Проблема защиты информации, то есть предотвращение утечки и обеспечение безопасности информации, становится ключевой. Целью информационной безопасности являются защита и гарантия целостности и защищенности информации.

Но как бы не развивались технические, программные или аппаратные методы защиты информации, в системе защиты остается одно слабое место — это человек. Люди внушаемы и психологически неустойчивы, многие даже не замечают, с какой лёгкостью делятся важной информацией — на это делают ставку мошенники, специализирующиеся на социальной инженерии.

Социальная инженерия — это совокупность методов несанкционированного доступа к информации, которые не предполагают использование технических средств, только слабостей человеческого фактора.

Примером атаки может служить следующие ситуации. Мошенник хочет узнать пароль от Интернет-банка. Он ищет информацию о компании, сотрудниках заранее, после совершает телефонных звонок, притворившись клиентом, просит назвать пароль, сославшись на технические проблемы в системе. Здесь многое зависит от навыков актерской игры. Для того, чтобы вызвать доверие к себе злоумышленник может назвать вымышленное или реальное имя сотрудника, должность, сыграть на чувствах жертвы. Узнав пароль, мошенник использует его, чтобы попасть в личный кабинет и совершить кражу.

Другим примером может служить следующая ситуация. Преступник проникает в организацию под видом служащего или работника технической службы. Ссылаясь на определенные технические неисправности он пытается узнать конфиденциальную информацию: логины и пароли или использует предоставленный доступ к компьютеру для загрузки вредоносного ПО.

Разберем основные техники, используемые злоумышленниками. Все они базируются на особенностях принятия решений. Первые две техники это фишинг — массовые рассылки e-mail сообщений подделанный под официальное письмо, обычно содержащее ссылку на фальшивую web-страницу, где потребуются ввести какую-то конфиденциальную информацию: логины и пароли, пин-коды банковских карт и т.д.

Следующая техника делает ставку на человеческое любопытство или жажду выгоды. Троянский конь — тоже e-mail рассылка, но уже другого содержания. Письмо

может содержать ссылки на интересный контент, обновления программ или шокирующую новость. Всё, что угодно, что заставит вас перейти по ней и тем самым заразить компьютер вирусом, избавиться от которого можно только заплатив мошенникам.

Метод дорожного яблока похож на троянского коня с той лишь разницей, что подкидывается жертве не ссылка на вирус, а какой-то физический носитель информации: флешки или диски, также якобы содержащие интересный контент, но на самом деле — зараженный вирусом.

Четвертый метод подразумевает действие, совершаемое человеком по предварительному сценарию-претексту. Обычно претекстинг применяется при телефонных звонках или с использованием мессенджеров. Цель — заставить человека совершить определенные действия или выдать определенную информацию, вызвав у него доверие к злоумышленнику.

Последний метод из тех, которые чаще всего встречаются на практике называется кви про кво. Суть его заключается в том, что мошенники звонят в любую компанию и, представляясь сотрудниками техподдержки, просят ввести команды для решения каких-то технических проблем. Однако команды в действительности позволяют запустить вредоносное ПО на компьютере жертвы, а не помочь ей устранить технические неисправности.

В настоящее время никто не защищен от подобных атак, но если люди будут знать о них и о методах защиты, то они смогут противостоять социальным хакерам. Так как же защититься от таких мошенников? Руководства компании уже разработали и теперь активно проводят различные тренинги для своих сотрудников, цель которых донести до них серьезность данной проблемы и выработать у них навыки противодействия, также компании сами инициируют диверсии, чтобы установить уровень подготовленности работников с атак.

Все работники обычно хорошо осведомлены о том, что все пользовательские данные, в том числе пароли, которые они используют не должны разглашаться ими или применяться для авторизации на сторонних Интернет-ресурсах. Должен существовать определенный регламент, согласно которому происходит взаимодействие с клиентами. Охрана следит за тем, чтобы посетители не оставались одни и не получали доступ к кабинетам, в которых им находится нельзя. Определенные правила корректного раскрытия только необходимой информации по телефону и при личном разговоре, а также процедура проверки является ли человек запрашивающий определенные данные действительно уполномоченным сотрудником с доступом к этой информации.

Но люди часто продолжают беспечно относиться к защите информации и пренебрегают предупреждениями. Тогда могут помочь технические средства, например, фильтрующие входящие сообщения и блокирующие те, что возможно содержат вредоносные программы и нежелательный контент.

Однако хоть такие методы и совершенствуются невозможно предусмотреть все варианты написания потенци-

ально опасных сообщений. К тому же такое фильтрующее ПО может серьезно нагружать сервера. Поэтому лучшим советом для защиты от социальных хакеров будет следующее — сохраняйте бдительность, внимательно читайте текст и ссылки, получая почту, пользуйтесь антивирусными программами и не называйте личных данных по телефону, когда вам звонят с незнакомых номеров.

Литература:

1. Кевин М. Искусство обмана / Пер. с англ. — Москва: Компания АйТи, 2004. — 360 с.

## Автоматизация процесса продаж на платформе NAV 2018

Рыбкин Николай Владимирович, студент магистратуры

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики

*В работе сформированы основные требования к процессу продажи печатного оборудования, а также описаны особенности автоматизации данного процесса на платформе Microsoft Dynamics NAV.*

**Ключевые слова:** автоматизация, процесс продажи, NAV, клиент.

Ежегодно возрастает необходимость в промышленных принтерах, из-за того, что на рынке появляется огромное количество продукции требующей маркировки сопутствующей информации на упаковке. Поэтому для организации занимающейся продажей промышленного печатного оборудования главной задачей является оперативно следить за ценообразованием и возможностью подробного планирования продаж.

Особенностью автоматизации процесса печатного оборудования является необходимость категоризации продаваемой продукции, а также необходимость в классификации клиентов по различным группам, для более четкого определения механизма ценообразования и дальнейшего планирования продаж.

Процесс продажи состоит из подпроцессов: обработки заявки, создание заказа продажи, выставление первичных документов клиентов.

К указанным процессам предъявляются следующие функциональные требования:

- Возможность хранения данных о клиентах, договорах в системе.
- Наличие встроенных механизмов ценообразования и их настройка.
- Широкие аналитические возможности для автоматического построения отчетности.
- Функционал взаимодействия с клиентом посредством использования опросов и рекламных акций.

Таблица 1

Требование	Наличие в стандартной конфигурации NAV
Хранение данных о клиенте в системе	+
Хранение данных о договорах клиента	+
Реализация пользовательских механизмов ценообразования	+
Категоризация товарной линейки продукции	+
Классификация клиентов по различным группам	+
Управление скидками для клиентов	+
Формирование общих и частных заказов на продажу	+
Возможность вести взаиморасчеты в различной валюте	+
Функционал взаимодействия с клиентом (опросы, акции)	+
Интеграция с пакетом программ Microsoft Office 365	+
Формирование печатных форм счет-фактуры и ТОРГ-12 для выставления клиенту	+
Механизм раздельного учета задолженности и товарного расхода	+
Аналитические отчеты продаж	+



– Реализация взаиморасчётов с клиентами в различных валютах.

– Функционал классификации товарной номенклатуры и клиентов.

В работе представлено сравнение стандартных возможностей платформы MS Dynamics NAV и требований предъявляемых к процессу продаж.

Помимо функциональных требований, предъявляемых к системе, рассмотрения также требует системная архитектура системы.

NAV реализован на классической трёхуровневой архитектуре. На персональном компьютере разворачивается

роле ориентированный клиент, для каждого сотрудника с возможностью персональной модификации, что позволяет каждому сотруднику выполнять только свои должностные обязанности, не нарушая при этом сторонний рабочий процесс.

На сервере NAV развернут слой бизнес-логики, выполняющие все вычисления и работу с данными, выполняемую пользователем.

Данные хранятся в базе данных, под управлением СУБД MS SQL. Передача данных между компонентами системы происходит с помощью протоколов TCP/IP.

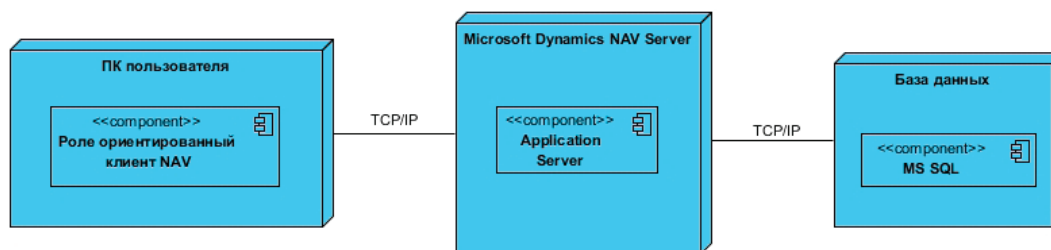


Рис. 1

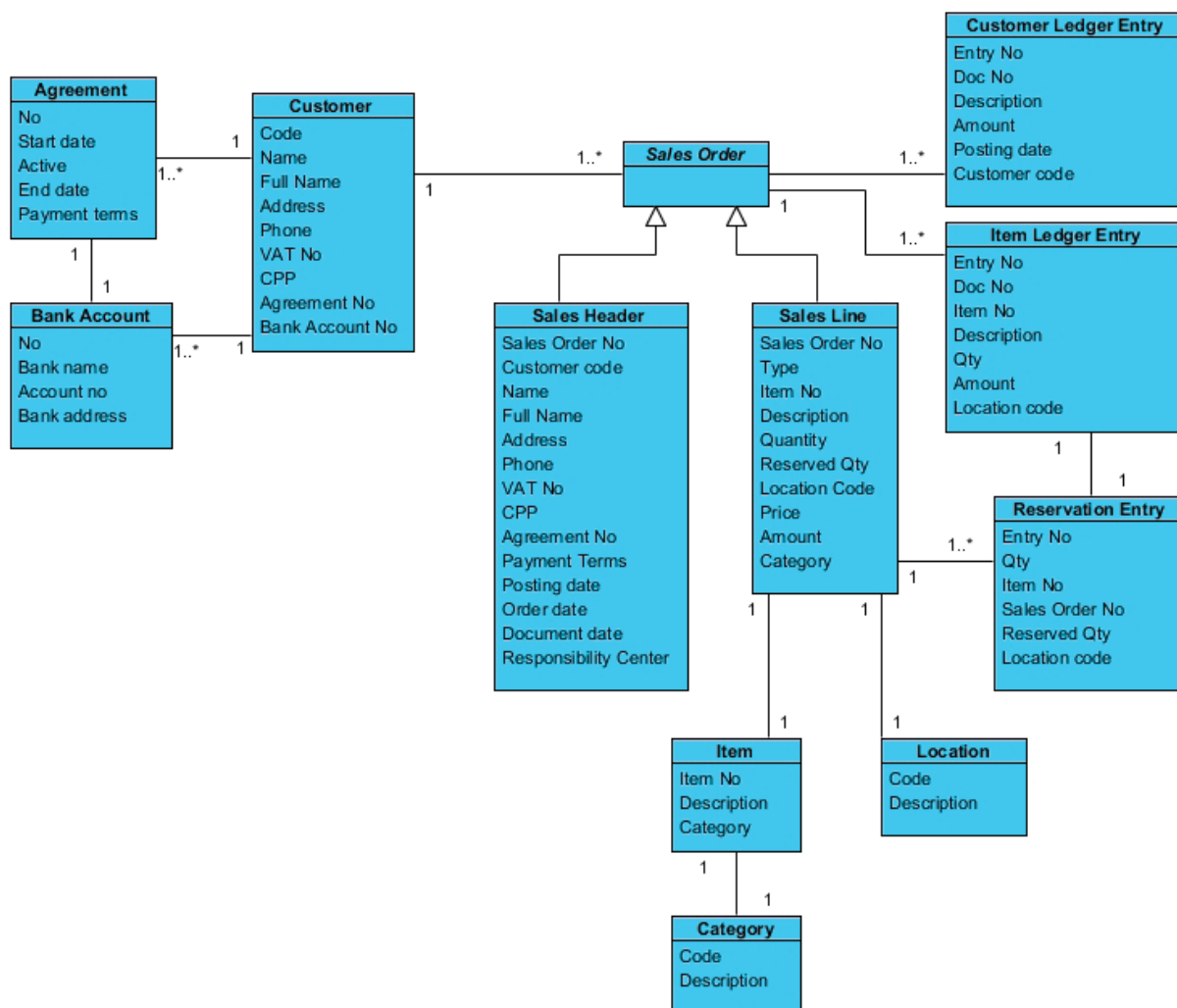


Рис. 2

Для осуществления процесса продажи в NAV реализована архитектура данных, указанная на рисунке 2.

Данная архитектура данных позволяет осуществлять основной процесс продажи, а именно процесс формирования заказа продажи для клиента. Существует также возможность доработки стандартной архитектуры, с помощью встроенной среды разработки C/SIDE.

C/SIDE основа всей функциональности в Navision. Она состоит из пяти объектов (object types), которые используются для создания приложения. Эти объекты ис-

пользуются совместно в Navision для создания единого и цельного интерфейса. Это многофункциональный язык программирования, нацеленный на создание новой бизнес логики и отчётности любой сложности.

Проведя анализ на соответствие возможностей NAV и заявленных требования к прикладным процессам. А также проанализировав системную архитектуру и архитектуру данных NAV можно сделать вывод, что платформа в полной мере удовлетворяет заявленным требованиям и подходит для автоматизации процесса продажи.

Литература:

1. Microsoft Dynamics NAV [Электронный ресурс] URL: <https://dynamics.microsoft.com/ru-ru/> (дата обращения: 22.05.19)

## Алгоритм измерения габаритов изделий, находящихся на конвейерной ленте

Скибинский Илья Юрьевич, студент магистратуры

Рязанский государственный радиотехнический университет имени В. Ф. Уткина

**В** настоящее время наблюдается стремительное развитие возможностей вычислительных устройств, а значит и совершенствование подходов к автоматизации работы является необходимым на различных предприятиях.

Поэтому немаловажной задачей является разработка методики и соответствующего программно-аппаратного комплекса автоматического измерения габаритов изделий, находящихся на конвейерной ленте в конкретных условиях наблюдения с конкретными требованиями к погрешности результатов измерения.

Автоматизированное измерение габаритов груза позволяет в несколько раз ускорить процесс по сравнению с ручными операциями и исключает человеческий фактор, который приводит к многочисленным опечаткам и ошибкам. Системы, принцип действия которых основан на оптических линейках, идеально подходят для измерения кубических грузов. Груз на конвейере проходит через завесу инфракрасных лучей, процессор несколько раз в секунду опрашивает сенсоры и полученную информацию интерпретирует в размеры — длину, ширину, высоту. Система отслеживает контур и положение груза на ленте.

Эти системы могут использоваться в составе конвейерных линий или отдельно для быстрого получения габаритных данных при отгрузке или приеме грузов. Обычно используются вместе с весовыми конвейерами для получения полных весогабаритных характеристик.

Учет конкретики форм деталей (из заданного множества), условий наблюдения деталей, требований к погрешности измерений должно обеспечивать минимизацию материальных затрат на организацию измерений при выполнении требований к погрешности получаемых результатов.

В настоящее время в промышленности используется несколько различных методов контроля. Непосредственно в процессе производства используется ручной контроль, контактные измерительные системы для станков с числовым программным управлением и системы оптической инспекции, применяемые для контроля изделий с печатными платами на конвейерах.

Среди известных систем автоматической оптической инспекции наиболее эффективными являются YSi-V (YAMAHA), QX 500 (CYBEROPTICS), АОИ S3088 flex. Указанные системы позволяют осуществлять высокоскоростную двухмерную инспекцию с высоким разрешением изображений, трехмерную инспекцию высоты и наклона компонентов, а также инспекцию под углом при помощи камеры углового обзора. Они отличаются высокой степенью надежности выявления различного рода дефектов в контролируемых изделиях при исключительно высокой скорости инспекции (50 см<sup>2</sup>/сек).

Предполагается, что в скором времени получит широкое применение микроскоп HDS-5800 производства южнокорейской компании Huvitz, обеспечивающий, по заверениям разработчиков, исключительную производительность, качество и удобство, позволяя проводить полный спектр измерений по трем координатам, осуществлять построение трехмерных моделей в высоком разрешении как для научно-исследовательских, так и производственных задач.

Вышеперечисленные системы и их аналоги обладают характеристиками, необходимыми в областях с высокими требованиями к точности измерений и надежности распознавания дефектов. Это такие области как производство микроэлектронных приборов и их компо-

ентов, разработка и производство микроэлектромеханических систем, полупроводниковое производство и металлография. В производстве изделий железнодорожного назначения, являющегося предметом нашего рассмотрения, требования к точности не являются критическими (контролируемые размеры допускают погрешность измерения в 2–3 мм), однако весьма значимыми являются время обработки (измерения) одной детали и стоимость соответствующего контролирующего программно-аппаратного комплекса. При этом функциональность существующих систем оптической инспекции оказывается весьма избыточной, а иногда и вовсе не применимой. Не адекватны потребностям и затраты на приобретение и владение высокоточными контролирующими системами.

Указанные факты обусловили необходимость поиска алгоритмов анализа изображений для решения задачи автоматического контроля качества изделий, адекватных конкретным условиям наблюдения и конкретными требованиями к точности и надежности формируемых оценок.

Многие предприятия используют специальное оборудование. Но особенностью современного производства является одновременная эксплуатация во многих отраслях как автоматизированного производства, так и одновременно с этим ручного труда по контролю качества производства (измерение, сортировка и механическая работа).

Данная задача решается методами технического зрения, в которой найдены эффективные решения многих схожих задач:

- оптическое считывание текста;

- проверка наличия/отсутствия объектов в зоне контроля;
- проверка целостности изделий, качества сборки изделий;
- инспекция поверхностей;
- проверка наличия и положения объектов;
- распознавание/различие деталей.

Однако наличие следующих специфических условий конвейерного производства у отдельных предприятий позволяет упростить решение задачи измерения:

- положение камеры относительно объекта фиксированное;
- объекты занимают одинаковое (в пределах допуска) положение;
- перед началом измерений кадр калибруется;
- установка измеряет геометрические размеры одних и тех же деталей в потоковом производстве.

Отметим, что у многих существующих систем распознавания и измерения есть недостатки, ограничивающие их внедрение в массовое производство. Среди таких недостатков можно выделить:

- необходимость использования большого количества комплектующих изделий;
- относительно высокая цена одного датчика (порядка \$1500);
- для оценки габаритов изделий используется либо несколько датчиков, либо несколько снимков, либо и то, и другое одновременно (увеличение себестоимости системы, увеличение объема используемой памяти, увеличение времени обработки информации).

В качестве решения предлагается использование оптической системы распознавания и измерения изделий



Рис. 1. Алгоритм функционирования оптической системы распознавания

несложной геометрической формы из древесины при сортировке различных видов продукции. Данная система должна функционировать на использовании всего одного оптического датчика — фотокамеры.

Общий алгоритм функционирования изображен на рис. 1.

Ключевым компонентом данной системы является нейронная сеть с вектором площадей поверхностей в качестве входного параметра.

Литература:

1. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. Издание 3-е, исправленное и дополненное М.: Техносфера. 2012.
2. Кормен Т., Лейзерсон Ч., Ривест Р. Алгоритмы: построение и анализ. М.: Вильямс. 2016.

## Разработка программного модуля на основе технологии Super-resolution

Хрячков Дмитрий Сергеевич, студент

Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники»

В настоящее время большому числу приложений, использующих в своей работе изображения или видео, требуются изображения в высоком разрешении. Стремление к высокому разрешению изображений проистекает из двух основных областей применения: улучшение графической информации для человеческого восприятия; улучшение представления графической информации для автоматических машинных методов обработки и анализа изображений. Разрешение изображения отражает количество деталей на изображении, чем выше разрешение, тем больше деталей. Большее количество деталей позволяет извлекать большее количество полезной информации из изображения. Таким образом, разрешение изображения напрямую влияет на количество полезной информации, которую несет в себе изображение.

К результату обработки предъявляются следующие требования: на итоговом изображении не должны исчезать мелкие детали или появляться новые, не должны чрезмерно проявляться эффекты размытия, ступенчатости контуров, ложного оконтуривания. Значение имеет и объективная оценка методов увеличения разрешения, которая учитывает время обработки, ресурсоемкость. Существующие методы для улучшения разрешения изображений делятся на две большие группы: линейные и адаптивные. Линейные методы проще в реализации, менее требовательны к ресурсам и в большинстве случаев удовлетворяют потребности пользователей. Адаптивные методы требуют больше времени для обработки, предоставляя при этом, как правило, более качественные результаты.

Среди технологий улучшения разрешения изображений наиболее эффективной является технология *Super-resolution (SR)*.

Соответственно бракованные детали либо с использованием ручного (не требующего интеллектуального напряжения) труда отправляются на доработку или утилизацию. Прошедшие верификацию объекты — на следующий этап технологической цепочки.

Использование такого алгоритма позволяет помимо снижения себестоимости оборудования сократить влияние человеческого фактора в производстве, то есть потенциально увеличить продуктивность.

Метод повышения разрешения изображения *Super-resolution* получает и использует информацию с нескольких кадров, добавляя в результирующее изображение дополнительную информацию (пиксели), в то время как линейные методы, такие как бикубическая интерполяция или увеличение (*resampling*) изображения, не вносят в результирующий кадр новой информации. Это дает дополнительный положительный эффект для средств идентификации. Последовательные кадры одного и того же объекта являются основным источником информации для работы метода *Super-resolution*. При съемке изображений камера получает пиксели с ненулевым размером, которые являются некоторым усреднением по некоторой окрестности точки, а не конкретным значением реального изображения. Из-за движения объекта на нецелое число пикселей происходит усреднение по разным окрестностям последовательных кадров. Метод использует информацию со всех окрестностей всех кадров для увеличения разрешения изображения результирующего кадра, т.к. перемещение объекта известно.

В процессе анализа работ, описывающих различные методы *SR*, был выявлен метод, объединяющий достоинства двух классических подходов — на основе нескольких кадров в низком разрешении и на основе базы образцов. Данный метод *Super-Resolution from a Single Image (SRSI)* предполагает получение изображения в высоком разрешении всего лишь из одного исходного изображения низкого качества без какой-либо априорной информации. При этом фактор увеличения разрешения данного метода намного выше, чем в классическом подходе на основе нескольких кадров (порядка 8 раз). Такой подход основан на наблюдении, что небольшие фрагменты на исходном изображении, имеют



тенденцию в избыточности повторяться в рамках этого изображения, причем такое повторение сохраняется и в исходном изображении, представленном в различных масштабах. Повторение фрагментов в пределах изображения одного и того же масштаба формирует основу для применения классического *SR* подхода на основе нескольких изображений. В то время как повторение одних и тех же фрагментов на кадрах в различном масштабе, полученных из одного изображения, предоставляет возможность сформировать пары: фрагмент изображения в низком разрешении и фрагмент изображения в высоком разрешении, что делает возможным применение подхода *SR* на основе образцов.

Таким образом, становится возможным объединение двух классических подходов в *SR* и получение результата, используя только одно входное изображение без какой-либо дополнительной информации.

Для визуального и *peak signal-to-noise ratio (PSNR)* анализа были выбраны методы улучшения разрешения изображений: интерполяция методом ближайшего соседа, бикубическая интерполяция; метод *SRSI*. Было выбрано исходное изображение в низком разрешении, представлено на рис. 1. Для фрагмента этого изображения был применен каждый из методов увеличения разрешения, результат представлен на рис. 2.



Рис. 1. Исходное изображение

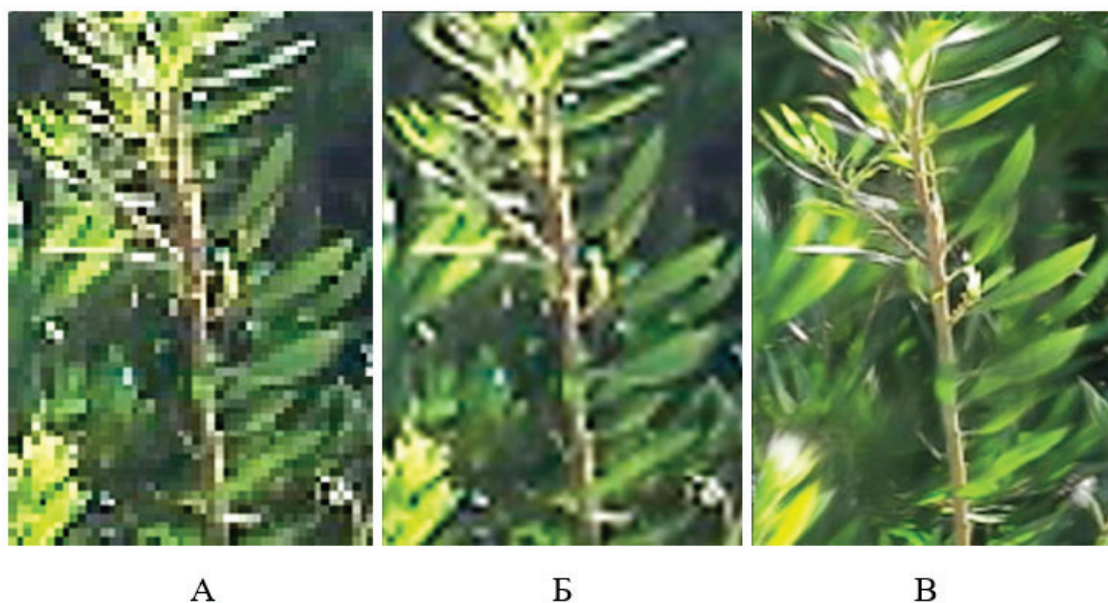


Рис. 2. Визуальное сравнение методов улучшения разрешения изображений: А) интерполяция методом ближайшего соседа; Б) бикубическая интерполяция; В) метод *SRSI*

- *PSNR* интерполяции методом ближайшего соседа = 40.52 dB;
- *PSNR* бикубической интерполяции = 44.86 dB;
- *PSNR* метода *SRSI* = 47.63 dB.

Литература:

1. Farsiu S., Robinson D., Elad M., Milanfar P. Fast and Robust Multi-frame Super-resolution // IEEE Transactions on Image Processing, 2004. — Vol. 13. — No. 10. — P. 1327–1344.
2. Freeman W., Jones W., Pasztor E. Example based super-resolution // Journal. IEEE Computer Graphics and Applications archive, March 2002. — Vol. 22. — Issue 2. — P. 56–65.

По результатам анализа можно сделать вывод, что разработанный программный модуль эффективно справляется со своей задачей.

## Автоматизация ресторанного бизнеса: недалёкое будущее или объективная реальность?

Штырба Святослав Геннадиевич, студент магистратуры;  
Лысенко Александр Александрович, студент магистратуры  
Приднестровский государственный университет имени Т. Г. Шевченко (г. Тирасполь, Молдова)

Любой успешный бизнес базируется на грамотной, слаженной структуре. В ресторанном бизнесе, для его наибольшей успешности, порядок распределения работ и задач играет одну из ведущих ролей. Несмотря на свою некоторую консервативность, внедрение компьютерных технологий не обошло стороной данную отрасль бизнеса. Каждый ресторан сейчас пытается максимально оптимизировать работу таких подразделений как зал, склад, кухня, бар и офис. Для этого создаются приложения, связывающие все подразделения ресторана и передающие информацию в реальном времени, тем самым решая проблемы со скоростью передачи заказов между подразделениями и ведением складского учета. Данная статья расскажет, как решить многие проблемы в организации слаженной работы ресторана с помощью современного веб-приложения.

Веб-приложение является единой точкой входа для любого работника ресторана с получением доступной только ему информации на текущий момент. Внедренное в повседневную работу ресторана, такое приложение способствует реализации целого спектра задач:

– **Реализация возможности управления ролями.** Главный администратор сам может выбирать доступные пункты приложения для той или иной группы рабочего персонала;

– **Реализация управления сотрудниками.** Менеджер или главный администратор составляет список работы для каждой группы рабочего персонала с возможностью составления индивидуального графика отпусков и выходных, а также управляет зарплатами с учетом штрафов и премий.

– **Реализация раздела «резервирование».** Специальный раздел хостеса для удобства резервирования столов в зале.

– **Реализация раздела «справочники».** Раздел для работников офиса и шеф-повара, в котором хранятся информативные данные о поставщиках, складах, информация о приготовлении блюд и их распределения по меню.

Для разработки приложения «Ресторан» был выбран веб-фреймворк Yii2 на языке PHP. Yii2 является объектно-ориентированным, компонентным фреймворком, реализующим шаблон проектирования MVC. Выбор был обусловлен большой популярностью данного фреймворка, наличием подробной документации на русском и английском языке и хорошим интернет-сообществом, оказывающим помощь начинающему разработчику. В комплекте с Yii2 поставляется свободный CSS фреймворк для Front-end разработки Bootstrap3, главной особенностью которого является удобная разработка интерфейса, адаптивного под экраны с разным разрешением и богатая документация с сотнями живых примеров, облегчающих его изучение. Для хранения данных приложения используется свободная реляционная база данных MySQL. Из плюсов здесь в первую очередь кроссплатформенность, высокая производительность, наличие удобного клиента PHPMyAdmin и постоянной поддержки лидера в разработке баз данных, корпорации Oracle. На текущий момент, в веб-приложении «Ресторан» реализовано четыре основных раздела: «Работники», «Справочники», «Склад» и «Резервирование». Далее расскажем подробнее о каждом из них.

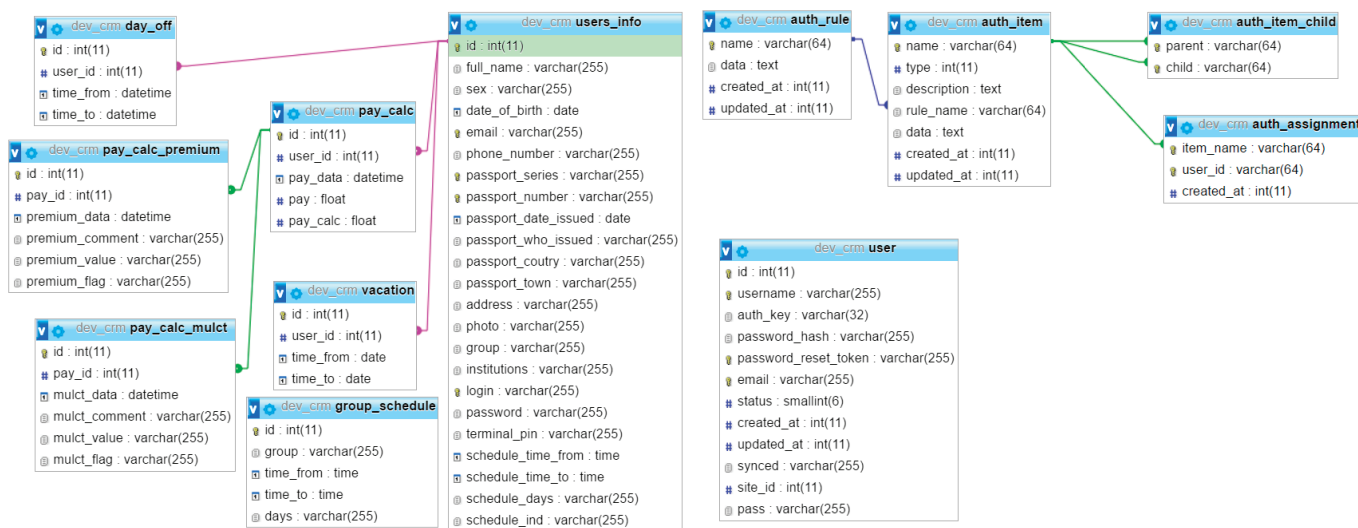
Раздел «**Работники**» состоит из 5 подразделов:

– **В первом подразделе «Группы работников»** создаются роли и впоследствии каждой роли назначаются разрешения, таким образом, чтобы сотрудник, состоящий в группе «Официант», мог иметь доступ только к тем действиям, которые выдали этой группе. Разделение по ролям необходимо для обеспечения безопасности при использовании программным продуктом.

– Во втором подразделе «Список работников» добавляется и редактируется информация о сотрудниках. Заполняется полная анкета сотрудника, выдаются логин и пароль для входа в систему. По мере необходимости формируется индивидуальный график работы, назначаются штрафы и премии.

– Третий подраздел «Групповой график работы» необходим для назначения и редактирования графика работы для всей группы.

– Четвертый и пятый подразделы «Выходной» и «Отпуск» носят чисто информативный характер для руководства заведения.



Структура базы данных, отвечающая за информацию в разделе «Работники»

Раздел «Справочники» является набором справочников, необходимых для функционирования работы ресторана. Состоит из таких категорий, как «Поставщики», «Список складов», «Категории товаров», «Тех. карты», «Полуфабрикаты» и т.п. В подразделе «Список складов» можно посмотреть наличие товаров и ингредиентов на каждом складе.

Раздел «Резервирование» носит исключительно информационный характер, в него записываются резервы столов, дата, количество людей и предзаказ. Данный раздел необходим для информирования хостесом остального персонала.

Раздел «Склад» в свою очередь имеет 4 готовых подраздела: «Список товаров», «Списание», «Список поставок», «Перемещение».

– «Список товаров» необходим для создания товаров, из которых будут составлять меню. Вся информация о товаре вносится в нужную категорию, также прикрепляется фото товара и единица измерения.

– «Список поставок» необходим для поставок на склады. Выбирается дата поставки, склад назначения, поставщик, описание поставки и состав поставки, состоящий из названия продукта, количества, цены за единицу и наценки. Сумма поставки генерируется автоматически, и по нажатию кнопки «Создать» поставка переходит в статус «В ожидании». После проверки поставки материально-ответственное лицо подтверждает поставку, и она переходит в статус «Принято». После совершения принятия поставки её изменение невозможно.

– «Списание» является обратным по своему действию к поставкам. Дата списания и сотрудник, совершающий его, всегда назначаются текущим. Далее выбирается склад откуда производится списание, причина списания, комментарий к нему и состав списания. Разница состава списания с составом поставки в том, что мы можем списать только товар, который есть на выбранном складе и не больше его текущего количества.

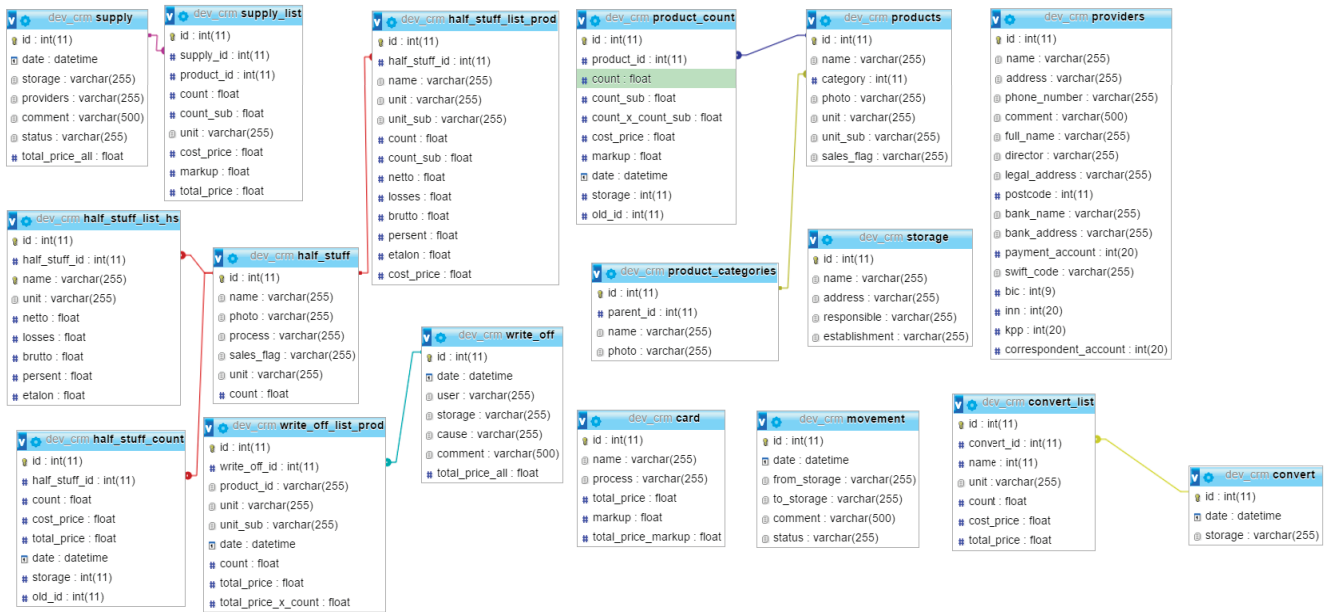
– «Перемещение» является объединением предыдущих двух подразделов. Товар списывается со склада отправителя и поставляется на склад получателя. Также необходимо подтвердить перемещение, после чего его отмена невозможна.

Приложение разделено на четыре логических модуля, составляющих его общую структуру:

- «справочники»
- «работники»
- «склад»
- «резервирование»

Каждый модуль выполняет свою задачу, и при этом взаимосвязан с остальными модулями. В приложении «Ресторан» используется архитектура MVC. Исходя из особенностей данной архитектуры, учет данных производится в моделях. Каждая модель создана исключительно для управления одной индивидуальной задачей. Простые модели, не требующие сложной связи, генерируются с помощью системы автоматической генерации кода «Gii». Более сложные модели по мере необходимости конструируются вручную.





Структура базы данных отвечающей за все складские действия

Построение представлений приложения происходит не менее интересным образом. Фреймворк Yii2 предоставляет в комплекте для презентабельной и адаптивной верстки набор инструментов CSS — Bootstrap 3, который упрощает разработку пользовательского интерфейса. Главным инструментом, используемым при построении представлений, является адаптивная таблица Bootstrap grid, которая делит окно браузера на 12 равных частей (при этом каждую из частей можно так же разделить на 12 частей). Имея такой инструмент под рукой легко, расставить элементы по странице. В состав фреймворка помимо прочего входит библиотека JavaScript — JQuery, которая фокусируется на взаимодействие JavaScript и HTML. Наличие JQuery скриптов на странице оживляет ее, и избавляют от необходимости постоянно обновлять страницу. В приложении «Ресторан» весь JS код вынесен в отдельную папку /web/js/, а CSS код в папку /web/css/. Подключение к страницам приложения происходит через AppAsset, в котором прописываются пути ко всем исполь-

зуемым CSS и JS файлам. Данный подход позволяет облегчить разработку путем уменьшения повторяющегося кода. К примеру, если мы хотим изменить шрифт у всего текста на сайте, мы изменяем его только в одном файле и стиль применяется ко всем объектам, в которых присутствует текст. Согласно политике фреймворка, представление по каждому участку логики хранится в папке /views/«имя модели»/. В этой же папке находятся страницы для каждого объемного действия.

Веб-приложение «Ресторан» создано на основе популярных средств разработки веб индустрии. Само приложение базируется не только на современных технологиях программирования, но и непосредственно на концепции работы ресторанного бизнеса, что не маловажно для понимания тонких нюансов данной бизнес среды. На текущий момент реализована лишь часть задуманного. Продукт, созданный на фреймворке Yii2, получил довольно гибкую структуру, которая позволит в будущем легко расширить уже готовый функционал.

#### Литература:

1. Mark Safronov, Jeffrey Winesett «Web Application Development with Yii 2 and PHP».
2. Bill Keck «A step by step guide to learning Yii 2 for beginners».
3. <https://github.com/yiisoft/yii2> — документация по фреймворку Yii2 (дата обращения: 15.05.2019).
4. <http://bootstrap-3.ru/index.php> — документация по Bootstrap 3 (дата обращения: 18.05.2019).
5. <https://jquery-docs.ru/> — документация по JQuery (дата обращения: 18.05.2019).
6. Александр Затуливетров «Новый ресторан: 365 дней после открытия», 2013.
7. Роберт Милл «Управление рестораном», 3-е издание, 2015.

## Цифровизация закупок: плюсы и минусы перехода к электронным закупкам

Шулятьев Владислав Эдуардович, студент;

Научный руководитель: Колоколов Алексей Владимирович, кандидат юридических наук, доцент  
Поволжский институт управления имени П. А. Столыпина — филиал Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации (г. Саратов)

Большинство существующих стран в настоящее время придерживаются принципов рыночной экономики ввиду её очевидных преимуществ. Государство создаёт условия, в которых производитель и покупатель развиваются по естественным экономическим законам. Однако при этом власти не отведена роль стороннего наблюдателя в рыночных отношениях. Государство может выступать ещё и как в роли продавца, так и в роли покупателя.

Органы государственного и муниципального управления, а так же различные бюджетные учреждения используют механизм государственных закупок. С одной стороны, это достаточно эффективный инструмент стимулирования экономики в рыночных условиях (в том числе и для поддержки отечественного производителя). С другой — это такая форма взаимодействия с поставщиками, при которой государство получает необходимый продукт и услугу по наиболее выгодным условиям.

Согласно 44-ФЗ, контрактная система в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд представляет собой совокупность участников контрактной системы в сфере закупок и осуществляемых ими, в том числе с использованием единой информационной системы в сфере закупок, в соответствии с законодательством Российской Федерации и иными нормативными правовыми актами о контрактной системе в сфере закупок действий, направленных на обеспечение государственных и муниципальных нужд [1].

С 1 января 2014 года, после вступления в силу вышеупомянутого закона, Российская Федерация перешла на контрактную систему в сфере государственных закупок. Теперь все (за исключением особых случаев) государственные и муниципальные закупки в России должны размещаться в ЕИС в сфере закупок [2]. Данный процесс проходил в рамках развития информационного общества и запуска различных государственных электронных сервисов и решал несколько важных задач. Основной из них являлось внедрение единого прозрачного цикла формирования, размещения государственного заказа и исполнения государственных контрактов, что будет способствовать снижению присутствия коррупционной составляющей и росту конкуренции.

Тем не менее, существующая система государственных и муниципальных закупок даже после запуска нескольких электронных площадок остаётся сферой с постоянным присутствием недобросовестной конкуренции. Так, по данным Счётной палаты РФ, объем нарушений при госзакупках в рамках 44-ФЗ в 2017 году составил 104,6 млрд руб. Это в два с лишним раза больше, чем

было годом ранее (48,8 млрд руб.). Почти в три раза выросло и число самих нарушений — почти 2200 в 2017 году против 823 годом ранее. Экономия бюджетных средств по итогам осуществления закупок снизилась до 6,7% (9,9% в 2016 году) [3]. Данная статистика показывает, что несмотря на действующие ограничения и жесткий контроль в сфере закупок, существуют методы недобросовестной конкуренции, позволяющие незаконно обогащаться на контрактах.

Одним из основных факторов, обеспечивающих недобросовестной фирме победу в конкурсе, является «лояльность» специалиста в сфере закупок (или его руководителя) в соответствующем органе или учреждении, отвечающего за закупки. По этой причине при описании самой закупки могут использоваться туманные формулировки, мешающие объективному пониманию предмета контракта. Помимо этого, заказчик может выставлять нереалистично короткие сроки подачи заявок для всех участников конкурса [4].

Фирма, нацеленная на победу, с целью создания видимости борьбы за контракт может использовать субподрядчиков, которые проигрывают в конкурсе, но при этом обеспечивают его законность за счёт присутствия фиктивной конкуренции.

Тем не менее, эффективность осуществления государственных и муниципальных закупок через электронные площадки не подлежит сомнению. Более того, перевод государственных контрактов в online является общемировым трендом. Обусловлена данная тенденция существенными преимуществами электронных торгов над обычными. Так, например, портал госзакупок и другие электронные площадки дают достаточно широкий выбор тендеров для исполнителей и огромный ассортимент продукции для заказчиков. Электронизация закупок способствовала повышению информированности заказчиков об исполнителях. Более того, у поставщиков появляется возможность работать с планами закупок. Это безусловно способствует росту конкуренции за государственный контракт, в результате чего растёт и качество закупаемых продуктов и услуг.

Ввиду объективной необходимости «цифровизации закупок» трудно рассуждать о недостатках данного тренда. К минусам электронизации контрактной системы, в первую очередь, относят существующую необходимость наличия электронной цифровой подписи. Несмотря на то, что процесс развития информационного общества идёт в России достаточно давно, далеко не каждый поставщик готов освоить подобные технологии в кратчайшие сроки

(что в большей степени актуально для индивидуальных предпринимателей, так как фирмы для этих целей имеют в штате соответствующих специалистов). Также потенциальному поставщику нужно в обязательном порядке аккредитоваться на одной из регламентированных федеральных электронных торговых площадках, что также может вызвать некоторые сложности.

Однако стоит отметить, что переход закупок в online, заключающийся в публикации всех закупок, тендеров и полной документации контрактов через электронные площадки является лишь фундаментом для построения конкурентной среды. Следующим шагом будет исключение возможности появления несоответствующих стандартам данных, а также привлечение гражданского общества к мониторингу государственных контрактов.

На сегодняшний день, несмотря на развитие электронных технологий и технологий blockchain, закупки продолжают оставаться зоной наивысшего коррупционного риска в государственном секторе, согласно данным Организации экономического развития и сотрудничества [5]. Однако меры по снижению недобросовестной конкуренции являются одинаковыми, независимо от страны применения.

Необходимо информацию о государственных контрактах делать открытой по умолчанию. Неконкурентные формы закупок должны касаться только ограниченных сфер государственных интересов. Более того, подобные исключения должны обосновываться и публично аргументироваться.

На регулярной основе необходимо использовать инструменты для анализа и использования данных о госзакупках. Это позволит рациональнее и эффективнее расходовать бюджетные средства. Нужно исследовать различные показатели риска, чтобы заметить признаки коррупции и мошенничества.

Общественность, являющейся основной сдерживающей силой коррупционных проявлений в государ-

ственном секторе, является мощным инструментом для снижения недобросовестной конкуренции. Необходимо вовлекать общество и бизнес в процесс мониторинга закупок, получать обратную связь от них на всех этапах работы с контрактами. Это будет способствовать созданию более честного рынка и росту доверия участников друг к другу. Сюда можно отнести так называемое децентрализованное планирование торгов, организацию справедливого и независимого процесса подачи претензий и поддержку гражданского мониторинга госзакупок.

Также развитию конкуренции будет способствовать минимизация практики заключения договоров с «единственным поставщиком», о чём было сказано в соответствующем Указе Президента [6].

Помимо названного, необходимо запустить процесс дебиюрократизации закупок, упростив нормы для как для заказчика, так и для поставщика (например, внедрить короткую досудебную процедуру расторжения контракта).

Таким образом, можно сделать вывод, что электронные площадки и цифровизация закупок не обеспечивают в полной мере добросовестную конкуренцию. Тем не менее, становятся очевидными преимущества перехода процесса закупок в online, а также отсутствие в ближайшей перспективе иного способа заключения государственных и муниципальных контрактов. Поэтому перед государством стоит задача по улучшению функционирования контрактной системы, заключающаяся в снижении коррупционной составляющей и в росте конкуренции при определении поставщиков товаров, работ и услуг.

Именно качественная модернизация законодательства в сфере закупок и дальнейшее развитие функционирования электронных торговых площадок (в том числе и портала госзакупок) будет способствовать становлению реальной честной конкуренции в этой области, что в конечном итоге положительно скажется на всей системе управления.

#### Литература:

1. О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд. // Федеральный закон от 5 апреля 2013 г. № 44-ФЗ. Доступ из справочно-правовой системы «КонсультантПлюс».
2. Единая информационная система в сфере закупок URL: <http://zakupki.gov.ru/epz/main/public/home.html> (дата обращения: 15.03.2019).
3. Диагноз аудиторов: почему нарушения при госзакупках выросли вдвое // Официальный сайт РБК URL: <https://www.rbc.ru/economics/26/04/2018/5ae053d79a794722a860ad11> (дата обращения: 15.03.2019).
4. Губенко Е. С. Контрактная система в публичных закупках [Электронный ресурс]: учебно-практическое пособие / Губенко Е. С. — Электрон. текстовые данные. — М.: Российский государственный университет правосудия, 2016. — 540 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/65861.html>. — ЭБС «IPRbooks».
5. Open Contracting for OGP national action plans, // Open Government Partnership URL: [www.opengovpartnership.org/about/working-groups/anti-corruption/resources](http://www.opengovpartnership.org/about/working-groups/anti-corruption/resources) (дата обращения: 20.03.2019).
6. Указ Президента РФ от 21 декабря 2017 г. № 618 «Об основных направлениях государственной политики по развитию конкуренции».

# ГЕОЛОГИЯ

## Нефтегазоконденсатные месторождения России

Ронжин Артём Альбертович, студент магистратуры  
Тюменский индустриальный университет

*Целью нашего обзора является изучение нефтегазоконденсатных месторождений России, их расположение, сравнение промышленных запасов, перспективы развития, освоение месторождений на дне моря.*

**Ключевые слова:** нефтегазоконденсатные, месторождения, залежи, проектная мощность, объем

## Oil and gas condensate deposits of Russia

Ronzhin Artem Albertovich, student  
Tyumen Industrial University

*The purpose of our review is to study the oil and gas condensate fields in Russia, their location, comparison of industrial reserves, prospective development, and development of deposits on the seabed.*

**Key words:** oil and gas condensate, fields, deposits, design capacity, volume.

Россия является одним из лидеров по добычи нефти и газа. Добывая по 554.3 млн тонн нефти в год и 642,242 млрд м<sup>3</sup> природного газа страна занимает второе место в мире. Немалую лепту в это вносят и нефтегазоконденсатные месторождения. Это месторождения, на которых осуществляется добыча нефти, газа и газового конденсата. Месторождение называется НГКМ только тогда, когда оно по качеству, количеству и горнотехническим условиям является пригодным для освоения и при этом возможно получение положительного экономического эффекта.

Рассмотрим самые крупные и перспективные нефтегазоконденсатные месторождения нашей страны (см. таблицу 1). Большая часть начальных разведанных запасов газа сосредоточена в 4 уникальных нефтегазоконденсатных месторождениях (Уренгойское, Ямбургское, Бованенковское, Заполярное).

Ямбургское нефтегазоконденсатное месторождение располагается на севере Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции, на Тазовском полуострове на территории Ямало-Ненецкого автономного округа. Месторождение многопластовое и промышленная газоносность связана с сеноманскими и валанжин-барремскими отложениями. Запасы газа связаны с сеноманской залежью, размеры которой составляют 170х50 м, этаж газоносности — 220 м. Конденсатосодержащий газ валанжинских залежей содержит около 90% метана, а также азот и углекислый газ. Нижнемеловые продуктивные пласты включают незначительные нефтяные залежи.

Бованенковское нефтегазоконденсатное месторождение расположено на полуострове Ямал. Его проектная мощность оценивается до 140 млрд куб. м в год. По

запасам природного газа входит в тройку в России и пятерку крупнейших месторождений в мире. Промышленная нефтегазоносность связана с отложениями от баррема до сеномана включительно. При этом в нижней части разреза находятся газоконденсатные и газовые залежи пластов аптско-барремских ярусов, в верхней части — газовые залежи альб-сеноманского возраста.

Заполярное нефтегазоконденсатное месторождение находится в южной части Тазовского района Ямало-Ненецкого автономного округа, в 220 км от Нового Уренгоя. Начальные запасы газа (категории C1+C2) — более 3,5 трлн куб. м и около 80 млн тонн газового конденсата и нефти. Проектная мощность — 130 млрд куб. м газа в год.

Уренгойское газовое месторождение — супергигантское газовое месторождение, третье в мире по величине газовых запасов, которые превышают десять триллионов кубических метров (10<sup>13</sup> м<sup>3</sup>). Находится в Ямало-Ненецком автономном округе России, немного южнее северного полярного круга. На 01.01.2015 г. начальные запасы Уренгойского месторождения в сеноманских, неокских, ачимовских и юрских отложениях составляют: газа — 12,774 трлн м<sup>3</sup>, конденсата (извлекаемые) — 701 млн т., нефти (извлекаемые) — 579 млн т. Данное месторождение находится по запасам газа на третьем месте в мире

Новопортовское нефтегазоконденсатное месторождение. Считается самым крупным на Ямале. Извлекаемые запасы месторождения составляют свыше 230 млн тонн нефти и 270 млрд куб. м газа. Предполагается, что на первом этапе нефтедобыча здесь составит 400–500 тыс. тонн ежегодно, а к 2020 году достигнет 6–9 млн тонн в год.



Южно-Кириновское газоконденсатное месторождение расположено в Охотском море на северо-восточном шельфе Сахалина в 35 км от берега и в 6 км от Кириновского ГКМ. Запасы газа месторождения по категориям С1+С2 составляют 636,6 млрд м<sup>3</sup>, газового конденсата — 97,3 млн т, запасы нефти — менее 5 млн т.

Чаяндинское нефтегазоконденсатное месторождение — одно из крупнейших на Востоке России и расположено в Ленском районе Республики Саха (Якутия). По размеру запасов (В1+В2) оно относится к категории уникальных — порядка 1,4 трлн куб. м газа и около 76,7 млн тонн нефти и конденсата. Проектная годовая производительность — 25 млрд куб. м газа, 1,9 млн тонн нефти и 0,4 млн тонн газового конденсата. Газ месторождения имеет сложный компонентный состав, в том числе содержит значительные объемы гелия. Так как месторождение имеет сложное геологическое строение, для его освоения «Газпром» будет применять самые передовые технические достижения. Здесь будут использоваться малолюдные технологии, предполагающие обеспечение контроля за работой оборудования и комплексное управление объектами в автоматическом режиме. Такой подход способствует оптимизации численности персонала, сокращению транспортных издержек при перевозках людей, отказу от избыточного строительства инфраструктуры, связанной с пребыванием работников на объектах. На Чаяндинском месторождении

впервые в России в промышленном масштабе будет использована технология мембранного извлечения гелия из природного газа непосредственно на промысле, что позволит направлять в газопровод то количество гелия, которое будет востребовано рынком.

Ванкорское нефтегазоконденсатное месторождение является перспективным месторождением в Красноярском крае. Оно считается крупнейшим из месторождений, открытых и введенных в эксплуатацию в России за последние 25 лет. Начальные извлекаемые запасы Ванкорского месторождения по состоянию на 1 января 2014 года оцениваются в 500 млн тонн нефти и конденсата, 182 млрд куб. м газа (природный и растворенный). Суточная добыча (по состоянию на 1 января 2014 года) — более 60 тыс. тонн. Коэффициент извлечения нефти на Ванкоре — один из самых высоких в России.

Нефтегазоконденсатное месторождение имени Юрия Корчагина — расположено в северной части акватории Каспийского моря в 180 км от Астрахани и 240 км от Махачкалы в Российской Федерации. Глубина моря на разрабатываемом участке составляет 11–13 метров. Запасы по категориям ЗР (доказанные, вероятные и возможные) оцениваются в 570 млн баррелей нефтяного эквивалента. Извлекаемые запасы оцениваются в 28,8 млн тонн нефти и 63,3 млрд куб. м газа. Максимальный уровень добычи нефти и газового конденсата составляет 2,3 млн тонн в год и 1,2 млрд куб. м газа в год.

Таблица 1. Нефтегазоконденсатные месторождения

Месторождение	Нефть и конденсат, млн тонн	Газ, млрд м <sup>3</sup>
Ямбургское	156	6900
Бованенковское	1640	4900
Заполярье	80	3500
Уренгойское	1280	12774
Новопортовское	230	270
Южно-Кириновское	102,3	636,6
Чаяндинское	76,7	1400
Ванкорское	500	182
Имени Юрия Корчагина	28,8	63,3

Рассматривая географическое расположение месторождений и их запасы можно прийти к выводу, что наиболее перспективными остаются пока месторождения Западной Сибири. Но так как запасы сырья на основных объектах неизбежно истощаются, появляются новые потребители, значительно удаленные от них (например, Китай), а также в целях развития территорий, городов в Сибири, на Дальнем Востоке сейчас ведется ос-

воение новых месторождений в России. Многие из них исходя из разведанных запасов, наличия, строительства транспортных трубопроводов, железнодорожных маршрутов в будущем станут основными. Основная масса разрабатываемых запасов находится на материке, но сейчас большое внимание уделяется разведке, добыче нефти и газа со дна морей, окружающих Россию.

#### Литература:

1. Васильев В. Г. Газовые и газоконденсатные месторождения. Справочник. М.: Недра, 1975. 527 с.
2. Горная энциклопедия. Под ред. Е. А. Козловского. М.: Советская энциклопедия, 1991.
3. Люгай Д. В. Особенности освоения и проектирования разработки Чаяндинского НГКМ / Д. В. Люгай // Газовая промышленность. — 2010. — № 4 (654): спецвыпуск. — С. 56–58.

# ЭКОЛОГИЯ

## Сезонная динамика водных экосистем реки Битёвки

Войцицкий Иван Владимирович, студент  
Курганский государственный университет

В рамках данной статьи автор рассматривает сезонную динамику водных экосистем реки Битёвки города Кургана.

Сообщества пресных водоёмов составляют около 1% суши и содержат небольшое количество от общих ресурсов, содержащихся в данной водной среде суши. Основной биологической продукции в них производится только около 4%. В водоёмах пресного назначения обитает около 40% известных видов рыб. Бывают стоячие водные экосистемы. Основной отличительной чертой таких водоёмов является скорость течения воды. К ним относят озёра и пруды, объекты, где скорость движения воды очень медленная. В тех реках, которых скорость течения велика, тип таких сообществ называют проточными. Под отдельную категорию попадают болота, это места, где наличие воды непостоянно, в следствии чего почва бывает насыщенной водой или вовсе безводной [1].

Организмы водоёма распределяют по трём зонам и имеют особое значение. Литоральная зона — отрезок толщи воды, где солнечный свет доходит до дна. Лимническая зона — толщина воды до глубины. Туда проникает всего 1% от солнечного света и затухает фотосинтез. Эвфотическая зона — это вся освещённая толщина воды в лимнической и литоральной зонах. Профундальная зона — всё то пространство воды, куда не проникает солнечный свет [2].

На представленной диаграмме представлены виды, обнаруженные в пробе 1, которая была отобрана весной, летом и осенью. В сезонной динамике чётко выражено преобладание отдельных систематических групп организмов. Весной в пробе 1 преобладают сине-зелёные водоросли микроцистис их количество достигает 30 штук на

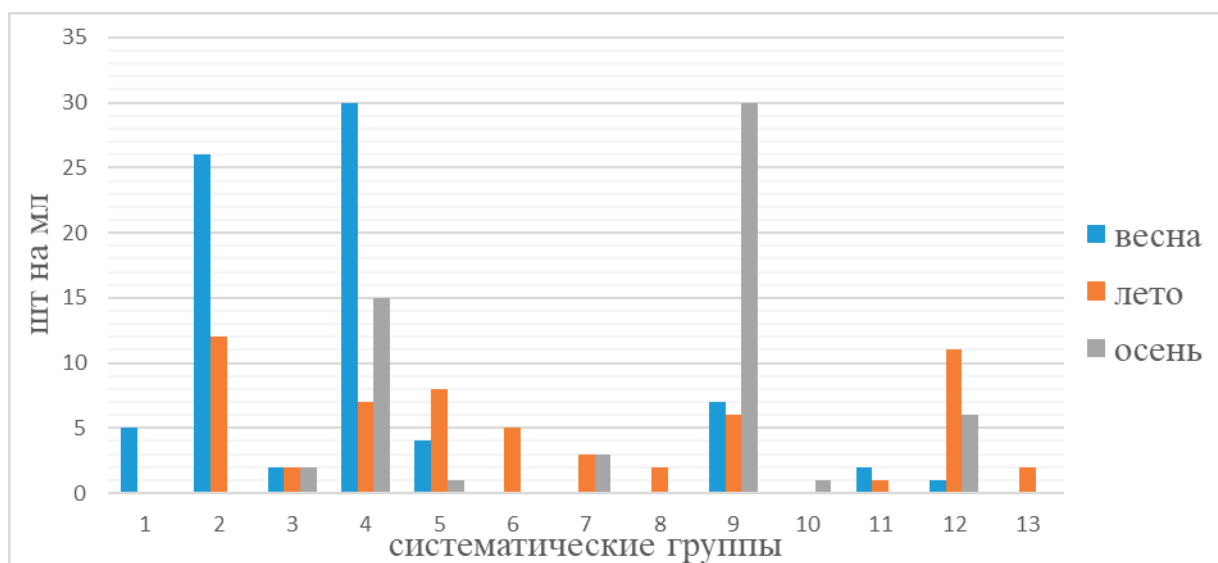


Рис. 1. Динамика сезонного биоразнообразия в 1-й пробе активного ила реки Битевка.

Примечание: 1 — Клостериум, 2 — Диатомовые водоросли, 3 — Спиригира, 4 — Микроцистис, 5 — Пинулярия  
6 — Осциллятория, 7 — Эвгленовые водоросли, 8 — Эвглена зелёная, 9 — Инфузория туфелька  
10 — Раковинная ифузория, 11 — Круглый червь, 12 — Дафния магна, 13 — Рачёк циклоп

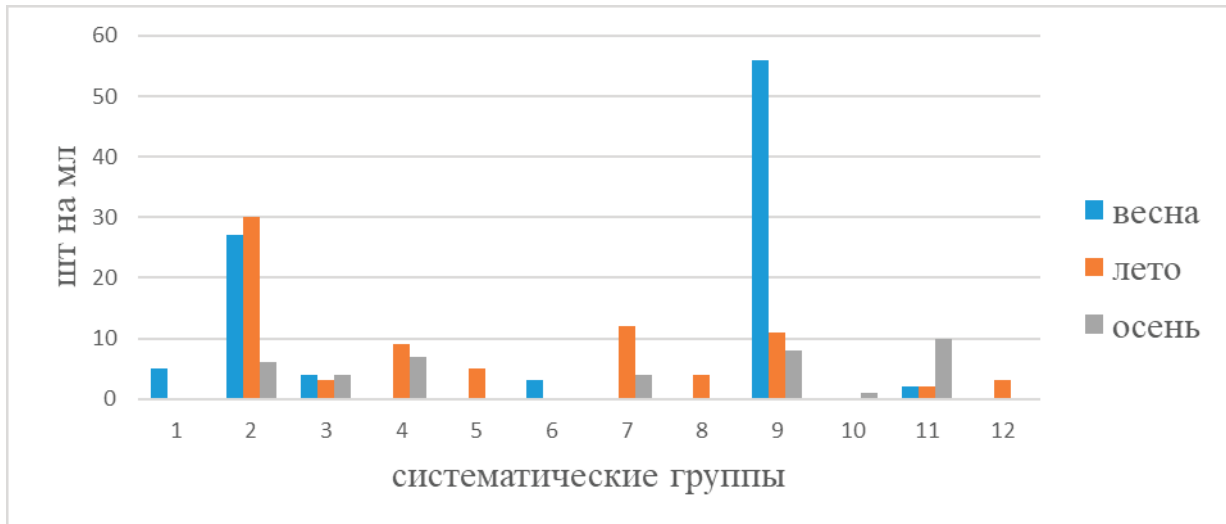


Рис. 2. Динамика сезонного биоразнообразия активного ила во 2-й пробе реки Битевка.

Примечание: 1 — Клостериум, 2 — Диатомовые водоросли, 3 — Спирогира, 4 — Микроцистис, 5 — Пинулярия, 6 — Осциллятория, 7 — Эвгленовые водоросли, 8 — Эвглена зелёная, 9 — Инфузория туфелька, 10 — Раковинная инфузория, 11 — Дафния магна, 12 — Круглый червь

мл., диатомовые водоросли, в меньших количествах обнаружены инфузории туфельки. Некоторые виды такие как осциллятория, эвглена зелёная и др. В летний период было выявлено преобладание диатомовых водорослей, дафний магна, инфузорий туфелек. Благодаря летней тёплой погоде и развитию водорослей, наблюдается активная жизнедеятельность консументов. Однако, не были обнаружены некоторые виды инфузорий и сине-зелёных водорослей клостериум, которые являются кормовой базой дафний и рачков циклопов, поэтому в месте отбора проб 1 их не было обнаружено. В осенний период в пробе 1 наблюдается обильное развитие инфузорий туфелек, они питаются бактериями, которые обитают в загрязнённых водоёмах и частичками водорослей. Присутствуют в меньших количествах водоросли микроцистис и дафнии магна. Не наблюдалось некоторых видов водорослей и рачков.

В пробе 2 весной и летом наблюдается высокий рост диатомовых водорослей, что свидетельствует о переизбытке биогенных элементов. Наблюдается обильный рост численности инфузорий туфелек весной, которые питаются органическими разлагающимися соединениями, по сравнению с первой пробой максимальное число видов было обнаружено осенью. Это значит, что максимум видов инфузорий приходится на те места, где происходит после обильного роста водорослей их отмирание и места сбросов и сточных вод в которых может быть высокое содержание органических веществ. В пробе 2 в меньших количествах наблюдается присутствие токсичных сине-зелёных водорослей микроцистис, эвгленовых водорослей. Осенью, аналогично с пробой 1 присутствуют дафнии магна, которые активно питаются водорослями. Летом и осенью не было выявлено зелёных водорослей класте-

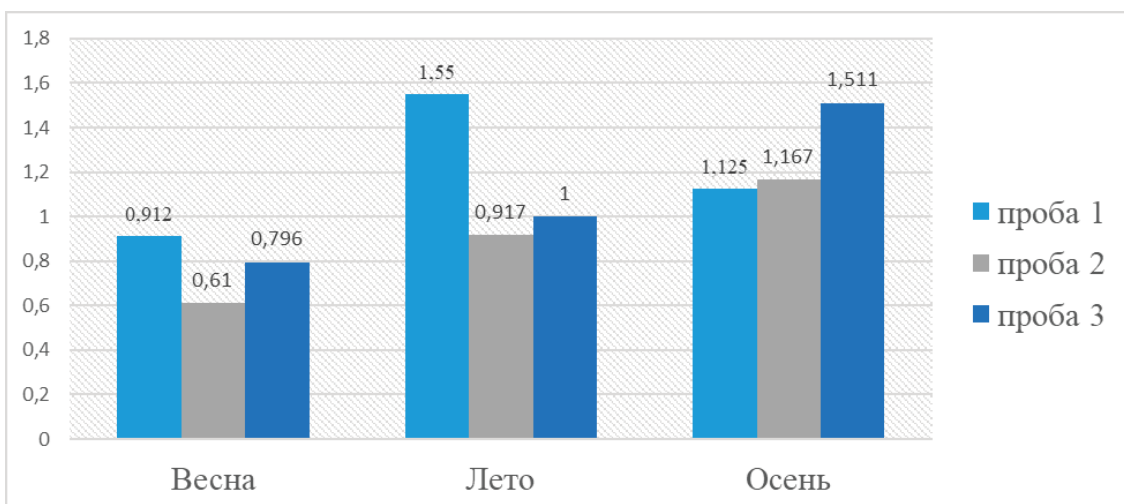


Рис. 4. Индекс видового разнообразия реки Битёвка



риум, сине-зелёных осцилляторий и в одном экземпляре была обнаружена раковинная инфузория.

В диаграмме представлен индекс видового разнообразия, который был посчитан по формуле Менхиника. Можно отметить, что высокое биологическое видовое разнообразие наблюдается весной в месте отбора проб 1, где достигает 0,9 и летом в аналогичной пробе, но отличающийся более высоким показателем. Это может свидетельствовать о благоприятных условиях для развития

различных видов трофических составляющих. Осенью наблюдается обилие видов во всех местах отбора проб и достигает показателя 1,5 в пробе 3. Низкие показатели отмечены в осенний период в пробах 2 и 3, что характерно для этого промежутка времени, когда не все виды вышли из состояния цист. Летом складываются более благоприятные факторы для развития большинства видов исследуемого водоёма и их развитие происходит наиболее активно.

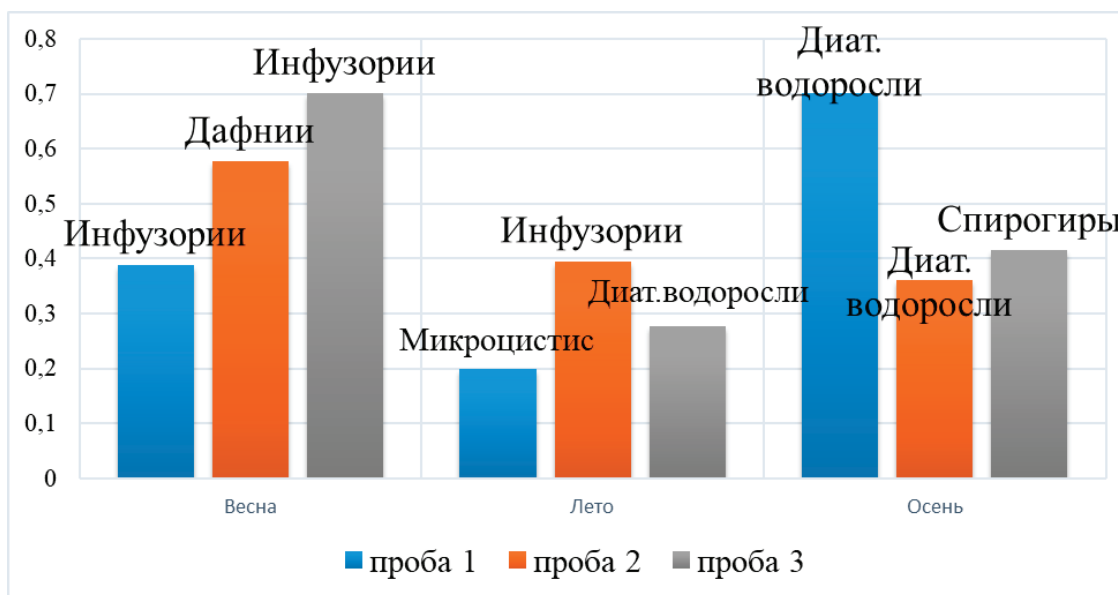


Рис. 5. Индекс доминирования реки Битёвка Бергера-Паркера

Из показателей индекса доминирования можно отметить, что наибольшее доминирование наблюдается весной и летом. Доминирующие виды весной представлены инфузориями туфельками и дафниями magna, которые в это время выходят из состояния покоя, начинают активно вести свою жизнедеятельность, виды водорослей при этом не многочисленны. Осенью доминирующее положение занимают диатомовые водоросли и зелёные водоросли спирогира, это обусловлено цветением водоёма в этот период времени. В летний период индекс доминирующих видов значительно меньше по сравнению с дру-

гими временными рамками. Доминирующее положение занимают инфузории туфельки, активно увеличивают свою биомассу диатомовые водоросли и сине-зелёные водоросли микроцистис. Микроцистис при своей жизнедеятельности выделяют токсичные вещества (нейротоксины и гепатотоксины) воздействующие на структуру популяций зоопланктона. Поэтому они могут не входить в состав пищи дафний и рачков, которые в свою очередь предпочтения в виде источника корма отдают зелёным водорослям, в следствии чего создаются благоприятные условия в цепи питания для сине-зелёных водорослей.

Литература:

1. «Экосистемы: среда обитания — вода» // ecology-of.ru. URL: <http://ecology-of.ru/eko-razdel/ekosistemy-sreda-obitaniya-voda/> (дата обращения: 26.05.2019).
2. Пресноводные экосистемы (2) // <https://works.doklad.ru>. URL: <https://works.doklad.ru/view/8yQhPrf3EMw.html> (дата обращения: 26.05.2019).

## Химический и ионный состав почв Белозерского заказника

Войцицкий Иван Владимирович, студент  
Курганский государственный университет

*В рамках данной статьи автор рассматривает химический и ионный состав почвы Белозерского природного заказника Курганской области*

Почва является составной и главной функциональной частью биосферы — области распространения жизни на земле. Она сформировалась на границе соприкосновения и взаимодействия планетарных оболочек литосферы, атмосферы и гидросферы и образует особую геосферу-педосферу, или почвенный покров Земли. Наиболее деятельной частью педосферы является гумусфера — верхняя часть почвы, насыщенная органи-

ческим веществом. В рамках данной работы будет проведен анализ почвы Белозерского заказника Курганской области по химическому и ионному составу. Выбор анализируемой территории обусловлен тем, что Белозерский государственный природный зоологический заказник был создан в целях охраны и воспроизводства ресурсов охотничьих животных и среды их обитания [4].

Ионный состав:

Хлориды ( $Cl^-$ )	присутствуют
Сульфаты ( $SO_4^{-2}$ )	присутствуют
Карбонаты ( $CO_3^{-2}$ )	отсутствуют
Кальций ( $Ca^{+2}$ )	отсутствуют
Нитраты ( $NO_3^-$ )	присутствуют
Железо ( $Fe^{+2}$ )	присутствует
Железо ( $Fe^{+3}$ )	присутствует

Хлориды — присутствуют и эти вещества могут привести к засоленности.

Сульфаты присутствуют — наличие  $SO_4^{-2}$  свидетельствует о засолении почвы.

$Ca^{2+}$  — считается катионом хранителем плодородия в связи с его многогранной значимостью. Он присутствует во всех без исключения почвах, но в разных количествах и в разных соотношениях с другими катионами. Оптимум его содержания — 80–90% от ЕКО. Это величина характерна для черноземов. Присутствие кальция в таких количествах обеспечивает 99,9%-ную коагуляцию коллоидных систем, а, следовательно, создается необходимая предпосылка для высокого структурообразования при активной деятельности корневых систем травянистой растительности и достаточного содержания гумусовых веществ.

Однако, повышенные количества кальция в почвах, содержащих монтмориллонит и другие, набухающие интенсивно глинистые минералы, могут вызвать слитогенетические явления, противоположные зернистому и комковатому структурообразованию даже при оптимальном содержании ионов кальция.

Кальций способен к ионообменному поглощению корнями растений. Однако этот способ питания растений, как правило, не принимается во внимание, так как кальций всегда присутствует в почвенных растворах и не является в биосфере дефицитным [1].

Кальций отсутствует — его отсутствие говорит о заторможенном развитии корней растений и самого растения.

Нитраты присутствуют — нитраты являются солями азотной кислоты и необходимы для питания растения.

Железо двухвалентное и трехвалентное присутствуют — для нормального развития, в частности, для синтеза хлорофилла растение должно поглощать железо.

Одним из показателей валового состава почвы является содержание в ней карбонатов. Наличие или отсутствие свободных карбонатов является важным диагностическим признаком почв и их отдельных генетических горизонтов. Присутствие в почве заметных количеств карбонатов препятствует развитию кислотности, а иногда приводит к возникновению щелочности, что оказывает важное влияние на подвижность многих веществ в почве и на агроэкологические особенности почв. Этот показатель нужен также для различных пересчетов, необходимых при интерпретации данных о содержании других компонентов валового химического состава почв. Из карбонатов почти во всех видах почв преобладают карбонаты щелочно-земельных элементов и гидрокарбонаты. В жидкой фазе почв содержатся ионы  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $H^+$ ,  $OH^-$ . Эта система имеет важное значение для почв при их естественной влажности, определяя кислотно-щелочное равновесие и подвижность многих компонентов почвы [2].

Химический состав:

Калий	6,2 мг/100 гр
Нитрат азота	20,05 мг/ кг
Фосфор	менее 1,25 мг/100 гр
Cl <sup>-</sup>	0,672 мг/кг
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	1,07%
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,31 мг*эquiv/кг

Калий — один из важнейших элементов питания растений. Он способствует нормальному течению фотосинтеза, накоплению в растениях ряда витаминов, активизирует работу многих ферментов [3].

Показатель калия низкий, следовательно, имеет место нарушение калийного питания, это может привести к гибели растения.

Нитратный азот NO<sub>3</sub> — быстро поступает в растение. Он тормозит поступление в растение хлорид — ионов. Это благоприятно для растений, так как хлорид — ионы отрицательно влияют на формирование и качество урожая овощных культур [3].

Нитратный азот — среднее значение урожайности овощных культур.

Фосфор — показатель низкий, и это может привести к замедлению роста и развития растений.

Проблема: малое содержание необходимых питательных веществ для выращивания каких-либо растений.

К достоинствам супесчаных почв можно отнести высокое содержание компонентов минерального происхождения и питательных элементов, но в процессе исследования почвы, определено, что она может повлечь за собой болезни растений. В почве отсутствует кальций. Он очень важен для растений, потому что его отсутствие подавляет переработку и усвоение запасных питательных веществ, которые используются проростками, молодыми листьями и растущими побегами.

По данным исследовательских работ можно сделать вывод, что без внесения определенных удобрений лучше ничего не выращивать.

Литература:

1. Свойства почв // <http://www.kgau.ru>. URL: [http://www.kgau.ru/distance/2013/a2/008/02\\_02.html](http://www.kgau.ru/distance/2013/a2/008/02_02.html) (дата обращения: 22.05.2019).
2. Химический состав почвы на пришкольном участке. // <https://livescience.ru>. URL: <https://livescience.ru/> Статьи: Состав-почвы-на-пришкольном-участке (дата обращения: 22.05.2019).
3. Анализ химического состава почв Архангельской области // <https://interactive-plus.ru>. URL: <https://interactive-plus.ru/e-articles/school-1/school-1-564.pdf> (дата обращения: 22.05.2019).
4. Войццкий И. В. Свойства почв Белозерского природного заказника // Молодой ученый. — 2019. — № 18. — С. 169–171. — URL <https://moluch.ru/archive/256/58756/> (дата обращения: 22.05.2019).

## Определение экологической обстановки в парке Екатерингоф и парке имени 9 января методами биоиндикации и биотестирования

Гармашова Ирина Викторовна, кандидат биологических наук, доцент  
Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова (г. Санкт-Петербург)

Колоцей Елена Валерьевна, преподаватель;  
Сёмик Виктория Владимировна, студент  
Петровский колледж (г. Санкт-Петербург)

Городская среда представляет собой комплекс природных, природно-антропогенных и социально-экономических факторов, оказывающих большое и разнообразное действие на жителей городов.

В условиях увеличения техногенных нагрузок санитарно-гигиеническая роль городской растительности становится мощным средством нейтрализации вредных последствий техногенного загрязнения. Природные озелененные

территории влияют на микроклимат городской среды, участвуя в формировании температурно-влажностного режима, химического состава воздуха, а также задерживая десятки тонн пыли и накапливая в листьях тяжелые металлы. Они оказывают воздействие на скорость движения воздушных потоков, уровень инсоляции поверхностей на уровне земли, зданий и сооружений, а также снижают шумовую нагрузку от автомобилей и других источников.

Состояние растительного покрова напрямую зависит от состояния почв. Почва является специфическим компонентом биосферы, так как аккумулирует загрязнители и выступает как природный буфер, контролируя перенос химических элементов и соединений в окружающую среду. Продолжительность пребывания загрязняющих компонентов в почвах гораздо больше, чем в других частях биосферы. Почва является своего рода фильтром для загрязнителей, прежде всего, для тяжелых металлов. Таким образом, определение экологического состояния почвенного покрова территории является важным источником информации для определения экологического состояния территории в целом [2].

Однако использование физических, физико-химических, химических методов при их высокой точности не может создать полной картины экологической ситуации, поскольку инструментальный контроль дает информацию о концентрации загрязнителей, присутствующих в воздухе на данный момент времени. Загрязнители, присутствующие в окружающей среде в низких концентрациях, как правило, не отслеживаются, хотя их влияние на природные объекты сохраняется. Растения же, как объекты фитомониторинга, могут использоваться для получения информации как о недавнем и кратковременном, так и о длительном воздействии загрязняющих веществ в прошлом. Практика использования существующих нормативов ПДК основывается на реакциях животных организмов, но растения в ряде случаев оказываются более чувствительными к загрязнителям, что, в сочетании с инструментальными исследованиями, дает более полную картину экологического состояния территории.

В нашем исследовании мы поставили цель определить экологическую обстановку в двух парках Кировского района Санкт-Петербурга: парке имени 9 января и Екатерингофском парке. Для выполнения цели нами были поставлены следующие задачи:

- 1) Провести анализ морфометрических параметров листьев березы повислой;
- 2) выявить зависимость уровня функциональной асимметрии листовой пластинки от степени техногенной загрязненности участка произрастания древесных растений;
- 3) Оценить загрязнение опытных субстратов по проросткам растения-индикатора — кресс-салата;
- 4) Оценить загрязнение опытных субстратов по проросткам растения-индикатора лука-севка;
- 5) Оценить уровень загрязнения талого снега по химическим показателям;
- 6) Дать оценку состоянию окружающей среды в парках Кировского района на основе проведенного исследования.

Анализ морфометрических параметров мы проводили методом флуктуирующей асимметрии [2].

Флуктуирующей асимметрией называют небольшие ненаправленные различия между правой и левой (R — L) сторонами различных морфологических структур, в норме обладающих билатеральной симметрией.

Основное требование к признакам, по которым ведется определение флуктуирующей асимметрии — относительно равная их величина, отсутствие влияния на них ряда факторов, среди которых большое значение имеет вычленение из общей асимметрии двух ее форм: направленной асимметрии и антисимметрии.

В работе для оценки качества среды использовалось древесное растение — береза повислая (*Betula pendula* Roth).

У березы повислой (*Betula pendula* Roth.) с одной точки отбора, равномерно, вокруг дерева со всех доступных веток собирают 25 листовых пластинок, общее количество листовых пластин составило 200 штук. Точки, в которых был произведен сбор листьев, представлены на рис. 1 и рис. 2.

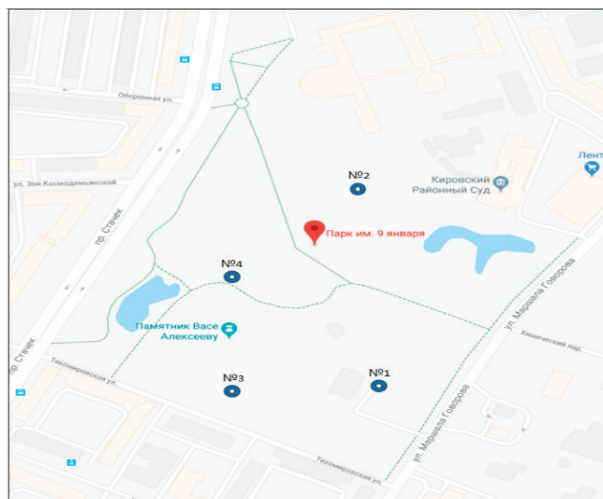


Рис. 1. Точки отбора листьев в парке имени 9 января

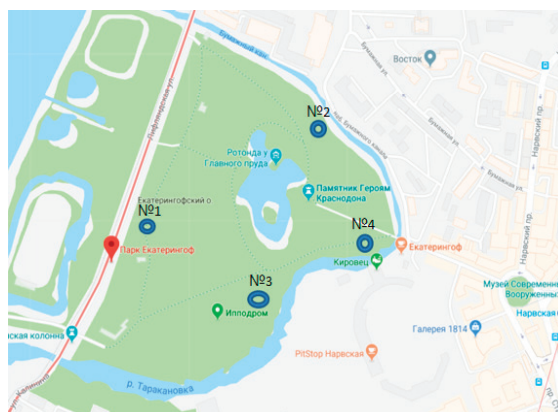


Рис. 2. Точки отбора листьев в парке Екатеринбург

После математической обработки данных были получены интегральные показатели стабильности развития (величин функциональной асимметрии) (табл. 1).

Таблица 1. Интегральные показатели стабильности развития (величин функциональной асимметрии)

№ дерева	Величина асимметрии в выборке	Балл
1.Парк им 9 января	0,058	5
2.Парк им 9 января	0,062	5
3.Парк им 9 января	0,056	5
4. Парк им 9 января	0,053	4
1.Екатерингоф	0,061	5
2.Екатерингоф	0,056	5
3. Екатеринбург	0,043	2
4.Екатерингоф	0,062	5

Величины показателя стабильности развития в точках № 1, 2 и 3, расположенных в парке имени 9 января, соответствуют максимальному баллу, а величина показателя в точке № 4 лишь на 0,001 отличается от нижней границы максимума (0,053) и соответствует четвертому баллу по пятибалльной шкале, что говорит о критическом состоянии территории. Это можно объяснить тем, что парк с обеих сторон ограничен двумя крупными городскими магистралями с интенсивным движением: проспектом Стачек и улицей Маршала Говорова. Кроме того, воздействие на растительность парка оказывает расположенные неподалеку машиностроительные заводы полного цикла «Армалит» и Кировский завод.

Результаты измерений, полученных на основе материала парка Екатеринбург, так же показали высокие значения интегрального показателя стабильности во всех точках за исключением точки № 3, где показатель соответствует 2 баллам по используемой шкале, что говорит о сравнительно невысокой загрязненности участка. Вероятно, это связано с его удаленностью от таких крупных автомагистралей, как Лифляндская улица и Набережная Обводного канала.

Таким образом, на основании проведенных измерений, мы можем утверждать, что территория исследованных участков испытывает сильное негативное воздействие со стороны источников загрязнения.

Для индикации загрязненности талого снега мы использовали корневую систему лука-севка.

Проращивание лука проводилось в химических пробирках, куда был помещен талый снег, отобранный с 5 точек каждого из парков. Для контроля использовалась дистиллированная вода. Размещение точек мы можем видеть на рис. 3 и рис. 4.

Приведенные ниже таблицы показывают динамику пророста корневой системы лука-севка.

По данным таблицы мы видим, что длина корней опытных луковичек достоверно меньше длины контрольных. При этом развитие корневых систем у растений, выращенных на талой воде из парка имени 9 января, происходило интенсивнее, чем у растений, выращенных на талой воде из парка Екатеринбург. При анализе результатов отдельных точек можно видеть, что в парке имени 9 января наибольшей длины достигли корни луковичек, пробы талого



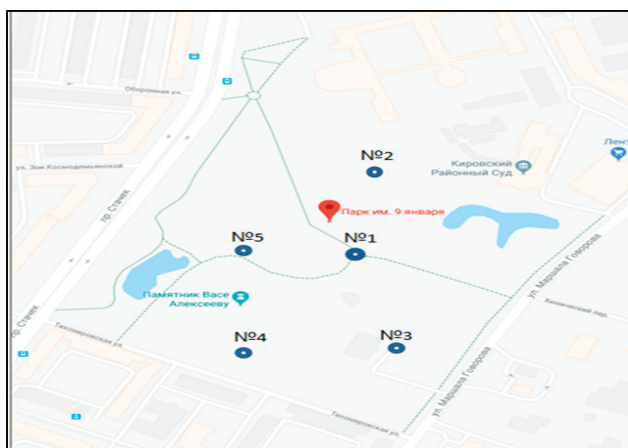


Рис. 3. Точки отбора проб талого снега в парке имени 9 января

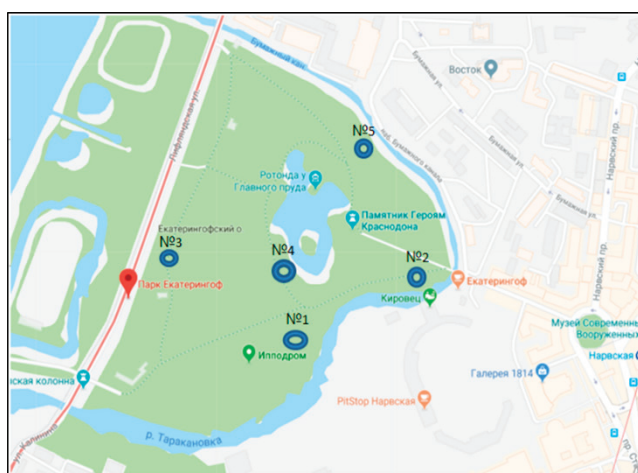


Рис. 4. Точки отбора проб талого снега в парке Екатеринбург

Таблица 2. Динамика пророста корневой системы лука-севка в разных точках парка Имени 9 января

День	Длина корней, см.					Контроль
	№ точки					
	1	2	3	4	5	
1-день	0	0	0	0	0	0
2-день	1,3	1,2	0	0,2	2,0	2,0
3-день	2,1	2,5	0	0,4	3,1	4,5
4-день	2,5	3,9	0	0,9	4,9	6,0
5-день	3,0	5,2	0	1,8	5,2	7,3
6-день	3,6	6,0	0	3,0	5,7	8,0
7-день	4,7	7,2	0	4,4	7,0	9,5
8-день	6,5	8,0	0	5,5	7,9	10,9
9-день	7,7	8,6	0	7,0	7,4	11,5
10-день	9,5	9,2	0,1	8,0	7,5	12,4

снега которых были отобрана в точках, расположенных в глубине парка, а наименьшая длина корней была выявлена в точке № 3, расположенной близко к ограде парка и, соответственно, к проспекту Стачек.

В парке Екатеринбург наименьшая длина корней проращиваемого лука была выявлена для воды из точки

№ 3, расположенной рядом с Лифлянской улицей. Наибольшая же длина корневой системы была определена для растений, выращенных на талом снеге точек № 1 и 4, удаленных от ограды парка.

На основе полученных данных, мы можем утверждать, что уровень загрязнения талого снега обоих парков умень-



Таблица 3. Динамика пророста корневой системы лука-севка в разных точках парка Екатерингоф

День	Длина корней, см					Контроль
	№ точки					
	1	2	3	4	5	
1-день	0	0	0	0	0	0
2-день	2,2	1,1	0,1	1,6	0	2,0
3-день	3,6	1,0	0,1	2,6	0	4,5
4-день	5,0	1,0	0,1	2,9	0	6,0
5-день	6,7	1,1	0,1	3,2	1,1	7,3
6-день	7,0	1,2	0,1	3,5	1,8	8,0
7-день	8,0	1,1	0,1	4,5	2,2	9,5
8-день	7,8	1,0	0,1	6,5	3,0	10,9
9-день	8,1	1,0	0,1	8,0	5,0	11,5
10-день	8,5	1,1	0,5	9,5	6,5	12,4

шается по мере приближения к их центральным частям. Кроме того, мы можем говорить о наличии загрязнения снежного покрова в парках Екатерингоф и имени 9 января на основании сравнения контрольных и опытных образцов.

Таким образом, на основе проведенного исследования мы можем говорить о наличии загрязнения в парке Екатерингоф и парке Имени 9 января, выявленного методами

биоиндикации и биотестирования. Для снижения уровня загрязнения, источником которого в основном является автотранспорт, можно предложить следующие меры:

- использование экологических видов топлива;
- внедрение автоматизированных систем регулирования движения;
- создание зоны зелёных насаждений вдоль дорог.

Литература:

1. Захаров В.М, Яблоков А. В. Анализ морфологической изменчивости как метод оценки состояния природных популяций // Новые методы изучения почвенных животных в радиоэкологических исследованиях. — М.: Наука, 1985. — С. 176–185.
2. Кулагин Ю. З. Древесные растения и промышленная среда / Ю. З. Кулагин — М.: Наука, 1974. — 125с.

## Использование паразитов рыб для оценки состояния региональных водных экосистем на примере Белгорода

Давыдова Любовь Евгеньевна, студент магистратуры  
Белгородский государственный национальный исследовательский университет

Одним из эффективных методов изучения изменений структуры и характера функционирования водных экосистем является анализ динамики совокупностей паразитов рыб. Нами предложен еще один подход экологического мониторинга среды, который ранее в нашем регионе не применялся. Исследования, посвященные анализу связи состава паразитофауны рыб с характером и интенсивностью загрязнения водоемов, имеют большое значение: это может способствовать выявлению индикаторных видов паразитов, которые смогут указать на нарушения состояния экосистем по тем или иным причинам.

Белгородский район относят к районам с нестабильной экологической ситуацией и высокой антропогенной на-

грузкой. Для предотвращения процессов деградации водных экосистем Белгородского района уже сейчас необходимо проводить качественный быстрый мониторинг и оценку экологического состояния водоемов.

Установлено, что реакция разных групп паразитов на антропогенное загрязнение различной природы — неоднозначна. Уровень инвазии гидробионтов одними видами паразитов снижается, другими — возрастает, третьими — остается таким же, как и в чистых водоемах [5,7].

Накопление органики в условиях дефицита кислорода приводит к повышению степени инвазированности рыб следующими паразитами:

Monogenea (Carus, 1863): *Dactylogyrus tenuis*; *D. difformis*; *D. falcatus*;

Oligohymenophorea (1974): *Trichodinella sp.* (Lom, 1959); *Trichodina sp.*;

Palaeacanthocephala (A. Meyer, 1931): *Acanthocephalus lucii*;

Peritricha sp. (Stein, 1859): *Apiosoma sp.*

Фекальное загрязнение приводит к повышению степени инвазированности рыб следующими паразитами:

Cestoda (Rudolphi, 1808): *Diphyllobothrium latum*;

Trematoda (Rudolphi, 1808): *Opisthorchis felinus*.

Снижение уровня подъема вод приводит к повышению степени инвазированности рыб паразитами класса Trematoda (Rudolphi, 1808): *Ichthyocotylurus erraticus*; *I. pileatus*; *I. variegatus*.

Повышение температуры воды вследствие деятельности ГРЭС приводит к повышению степени инвазированности рыб паразитами класса Monogenea (Carus, 1863): *Gyrodactylus carasii*; *G. elegans*; *Paradiplozoon sp.*; *Tetraonchus monenteron*;

Загрязнение водоема промышленными и с/х стоками приводит к росту инвазированности Monogenea (Carus, 1863): *Diplozoon paradoxum*.

На сброс нефтепродуктов увеличением численности реагируют представители классов:

Monogenea (Carus, 1863): *Gyrodactylus carasii*; *G. elegans*; *Paradiplozoon sp.*; *Tetraonchus monenteron*;

Мухоспоридия (Bütschli, 1881): *Muxobolus musculi*;

Oligohymenophorea (1974): *Trichodinella sp.*

Снижение скорости течения вследствие сооружения плотин и др. приводит к росту численности следующих видов:

Crustacea (Lamarck, 1801): *Argulus foliaceus*;

Мухоспоридия (Bütschli, 1881): *Muxobolus lomi*.

Повышение в воде уровней алюминия, кадмия, хрома, цинка и ХПК приводит к повышению степени инвазированности представителями класса Trematoda (Rudolphi, 1808): *Ichthyocotylurus erraticus*; *I. pileatus*; *I. variegatus*.

Накопление органики в условиях дефицита кислорода приводит к понижению степени инвазированности рыб следующими паразитами:

Clitellata (Michaelsen, 1919): *Caspiobdella fadejewi*;

Cestoda (Rudolphi, 1808): *Cyathocephalus truncatus*; *Proteocephalus percae*; *Triaenophorus nodulosus*;

Crustacea (Lamarck, 1801): *Ergasilus sieboldi*; *Tracheiastes maculatus*;

Trematoda (Rudolphi, 1808): *Phyllodistomum pseudofolium*;

Снижение уровня подъема вод приводит к понижению степени инвазированности рыб паразитами классов:

Cestoda (Rudolphi, 1808): *Diphyllobothrium latum*;

Мухоспоридия (Bütschli, 1881): *Muxobolus lomi*;

Повышение температуры воды вследствие деятельности ГРЭС приводит к понижению степени инвазированности рыб паразитами классов:

Cestoda (Rudolphi, 1808): *Triaenophorus nodulosus*;

Trematoda (Rudolphi, 1808): *Rhipidocotyle campanula* [1,3,4,5,6,7].

Представителями ихтиофауны в водоемах области являются виды, относящиеся к 9 семействам. В настоящее

время в водоемах области фактически обитает 28 видов рыб. Доминирующее положение занимают виды, относящиеся к семействам Карповые, Окуневые и Щуковые.

Изучив биологические и экологические особенности рыб, обитающих в водоемах г. Белгород, мы остановили свой выбор на следующих видах рыб, пригодных для проведения мониторинга: *Blicca bjoerkna*, *Rutilus rutilus*, *Scardinius erythrophthalmus*.

— Данные виды не являются объектами промысла;

— Это виды рыб с меняющимся характером питания (мальки питаются планктоном, взрослые особи — бентосом);

— В данных видах рыб обнаружены основные представители классов Trematoda (Rudolphi, 1808), Crustacea (Lamarck, 1801), Oligohymenophorea (1974), отдельные виды которых возможно использовать в качестве «тест-объектов» при проведении оценки экологического состояния водоема [2].

Проводить мониторинг необходимо в период сформированного состояния сообщества, когда виды рыб уже являются зрелыми особями, а их паразитофауна сформирована достаточно для точной оценки. Для плотвы и красноперки этот возраст составляет 4–5 лет, для густеры — 3–4 года.

На основе полученных данных мы предлагаем следующих представителей паразитофауны для оценки состояния водоемов г. Белгород:

— Класс Peritricha sp. (**Stein, 1859**): *Apiosoma sp.*

— Класс Trematoda (Rudolphi, 1808): *Ichthyocotylurus pileatus*, *Ichthyocotylurus erraticus*, *I. variegatus*;

— Класс Crustacea (Lamarck, 1801): *Argulus foliaceus*.

***Apiosoma sp.*** Обнаружена в Белгородском водохранилище. Ее наличие может свидетельствовать о повышении трофности водоема, а исчезновение — об увеличении техногенного воздействия промышленных предприятий, которое в Белгородском водохранилище может выражаться повышением сброса в водный объект сточных вод [5,6].

Trematoda (Rudolphi, 1808). Все 3 перечисленных вида обнаружены в Белгородском водохранилище. Дефинитивные хозяева — рыбацкие птицы (кряква, лысуха, чайки, крачки речные, крохали). Промежуточные — пресноводные моллюски (родов *Valvatidae*, *Viviparidae*, *Bithyniidae*, *Lymnaeidae*, *Physidae*, *Bulinidae*, *Planorbidae*), дополнительные — рыбы. Наличие и рост степени инвазированности рыб трематодами информируют о том, что в водоеме повышено содержание органического вещества. Зараженность *I. pileatus* может давать информацию о превышении ПДК нефтепродуктов и соединений железа в водоемах. Наличие *I. erraticus*, *I. variegatus* свидетельствует о повышенном содержании в водах кобальта из-за процессов выщелачивания его из руд и почв, а также со сточными водами металлургических, металлообрабатывающих и химических заводов [5, 7].

Crustacea (Lamarck, 1801). *Argulus foliaceus* также обнаружен в Белгородском водохранилище. Представители класса Crustacea сигнализируют о повышении содержания нефтепродуктов в водных экосистемах [1,3,5].

Литература:

1. Абдуллаева, Х.Г. Влияние некоторых экологических факторов на возникновение и распространение болезней рыб / Х.Г. Абдуллаева // Самара: Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Т. 14, № 5. 2012. — С. 198–203.
2. Головина, Н.А. Эколого-фаунистический анализ паразитов рыб Белгородского и Старооскольского водохранилищ / Н.А. Головина, Н.Н. Романова, П.П. Головин // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. Белгород. — 2017, С. 51–64.
3. Доровских Г. Н. Паразиты как индикаторы состояния окружающей среды // В сб.: Февральские чтения. Двадцать вторая годовая сессия Ученого совета Сыктывкарского государственного университета им. Питирима Сорокина. Февральские чтения: сборник материалов. 2015. С. 5–18.
4. Жаворонкова, Н.В. Адаптации паразитов к реализации биологического цикла в различных экологических условиях / Н.В. Жаворонкова, А.И. Новак // Рязань: ФГБОУ ВПО Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2015. — С. 162–164.
5. Костарев, Г.Ф. Динамика ихтиопаразитофауны Камских водохранилищ — показатель воздействия промышленных и бытовых стоков / Г.Ф. Костарев // СПб.: Тезисы доклада 7 Всесоюзного совещания по паразитологии и болезням рыб. — 1979 г. С. 57–58.
6. Куперман, Б.И. Паразиты рыб как биоиндикаторы загрязнения водоемов / Б.И. Куперман // Паразитология. — 1992. Т. 26, № 6, С. 479–482.
7. Моисеенко, Т.И. Механизмы устойчивости и изменчивости экосистем в условиях их загрязнения / Т.И. Моисеенко, С.Н. Гашев // Вестник Тюменского государственного университета. — Тюмень.: 2011 г. Т. 1. № 10. — С. 17–27.

# СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

## Оценка распространенности употребления зернобобовых культур студентами Московского государственного университета пищевых производств

Рохлова Мария Валерьяновна, студент магистратуры  
Московский государственный университет пищевых производств

Питание человека является одним из важнейших факторов, определяющих его здоровье. Правильное питание обеспечивает нормальный рост и развитие организма человека, способствует профилактике заболеваний, повышению работоспособности, продлению жизни и создает условия для адекватной адаптации людей к окружающей среде.

Статистические исследования о питании людей позволяют оценить достаточность потребления тех или иных продуктов в количественном и качественном отношении, понять структуру питания, провести классификацию продуктов питания и выделить наиболее востребованные продукты.

Так, известно, что зернобобовые культуры являются важными продуктами питания для человека, так как являются источниками незаменимых для организма веществ. Бобовые культуры отличаются высоким содержанием белков 20–25% [1], аминокислотный состав которых хорошо сбалансирован. Основная масса белков представлена глобулинами, имеются также альбумины и глютелины. Углеводов в зернобобовых содержится 52–60%. Они представлены крахмалом, моно- и дисахаридами, пектиновыми веществами, гемицеллюлозой и клетчаткой. Жиров в бобовых содержится 1,2–6,2%, жирнокислотный состав которых представлен главным образом ненасыщенными жирными кислотами. В зернобобовых содержатся минеральные вещества (2,7–3,6%), среди которых преобладают калий и фосфор. Зернобобовые содержат полифенолы и фитостеролы, которые играют важную физиологическую и метаболическую роль. Полифенолы обладают антиоксидантной активностью, а также ингибируют глюкозидазу и липазу (ферменты, которые связаны с усвоением глюкозы и липидов), способствуя контролю ожирения и уровня глюкозы в крови у людей [2]. Концентрация всех макро и микронутриентов зависит от сорта, района и условий произрастания зернобобовых.

К зернобобовым культурам относятся горох, фасоль (обыкновенная, луновидная, красная, остролистная),

бобы, соя, нут, чечевица, чина, люпин. Среди этих культур наименее популярным в пищевой промышленности является люпин. Это связано с высоким содержанием в нем алкалоидов. Остальные культуры широко выращиваемы и часто включаемы в рацион питания. Их отличает низкая себестоимость и наличие полезных питательных свойств. Из-за высокой популярности среди населения этих культур Генеральная Ассамблея Организации Объединенных Наций объявила в 2016 год международным годом бобовых.

Широко используются бобовые для приготовления блюд в студенческих столовых. Цельнозерновые хлебцы с бобовыми рекомендуются некоторыми специалистами для употребления их перед экзаменами, т.к. они улучшают память, благоприятно влияют на работу головного мозга, укрепляют иммунную и нервную системы. Среди студентов Московского государственного университета пищевых производств (далее — МГУПП) выявлено значительное количество любителей зернобобовых. В рамках исследования был проведен опрос 92 студентов МГУПП, жителей г. Москвы (79,3% опрошенных) и малых городов Московской области с населением от 50 тыс. человек (13% опрошенных). В опросе приняли участие 65% девушек и 35% юношей. Возрастной состав участников опроса не превышал 35 лет, подавляющую часть составили студенты в возрасте 18–25 лет (93%).

В настоящее время проводится много исследований по обеспечению населения безопасными, доступными продуктами питания. Специалисты отмечают, что в последние годы уровень и качество питания основных групп населения в нашей стране в последние годы резко снизился. Особенно низким стало потребление белковых продуктов [3]. Это связано с характером питания, которого придерживаются различные группы населения.

В ходе нашего исследования студентам был задан ряд вопросов по характеру их питания. Пищевой рацион человека должен быть сбалансированным и включать в себя все необходимые макро и микронутриенты. По данным опроса 85% студентов МГУПП придерживается тради-

ционного типа питания, стараются придерживаться принципов здорового питания — 60% опрошенных, остальные 35% респондентов знает о принципах здорового питания, но не соблюдает их.

В течение многих столетий бобовые культуры занимают важное место в рационе питания населения нашей планеты. Они доступный источник белка, углеводов, минералов и витаминов, полезных для здоровья жирных кислот [3]. Статистика потребления зернобобовых студентами пищевого университета показывает, что они хорошо осведомлены об этих качествах таких культур и поэтому включают их в свой рацион питания. Например, 81% студентов включают зернобобовые в свой рацион исходя из того, что зернобобовые богаты белком и пищевыми волокнами, и только 19% обучающихся совсем не употребляют зернобобовые. Как правило, это связано с отсутствием вкусового предпочтения у 41% опрошенных либо не сформированной культуры потребления зернобобовых в семье — 12%.

Студентам, которые вовсе не употребляют зернобобовые, было задано несколько вопросов о пользе зернобобовых. На вопрос «Какие факторы смогут повлиять на потребление студентами зернобобовых?» ответы были следующими: 53% из них уверены, что на потребление зернобобовых может повлиять знание о том, что такие культуры содержат большое количество белка, пищевых волокон и минеральных веществ. Около 47% опрошенных считает, что фактором включения данных культур в рацион питания является их возможность снижения риска сердечно-сосудистых заболеваний. Столько же респондентов считает, что зернобобовые могут быть полезны для снижения риска развития диабета. Студенты отметили, что отсутствие в составе зернобобовых глютена, не повлияет на то, чтобы начать их употреблять. В этом уверены 59% опрошенных.

Исследование позволило выявить общее понимание у студентов значимости зернобобовых в питании человека. Подавляющее число респондентов (65%) считают, что бобовые являются доступным источником белка, они питательны и полезны для здоровья. Около 30% студентов считает, что зернобобовые просты в приготовлении. Однако есть и сомневающиеся в полезности таких продуктов

питания. Например, 35% опрошенных считает, что потребление зернобобовых приводит к проблемам, связанным с пищеварением, при этом другая группа (25% опрошенных) — не смогла уверенно ответить на вопрос «Приводит ли употребление зернобобовых к проблемам пищеварения или нет?». Зернобобовые справедливо относят к числу тех, продуктов, в потребление которых нужно знать особую меру. Они способны вызвать метеоризм и газообразование в организме человека, а при злоупотреблении приводят к образованию камней в почках и желчном пузыре.

Статистика, которая была получена в ходе опроса, позволила выявить вкусовые предпочтения респондентов. Наибольшим спросом у студентов пользуется фасоль и горох, наименьшим — маш и нут. Чаще всего респонденты покупают зернобобовые в сухом виде (около 20% опрошенных). В консервированном виде приобретают бобовые продукты только 10% опрошенных. Пользуются спросом у студентов так же готовые замороженные блюда, гарниры и салаты (10%). Наиболее популярными у студентов являются блюда, приготовленные из фасоли и гороха, в среднем респонденты употребляют подобные блюда с частотой 1–3 раза в месяц. Обычно порция составляет 50–90 г.

По итогам проведенного исследования можем сделать следующий вывод:

1. Большая часть студентов МГУПП включает в свой рацион зернобобовые, понимая, что они являются доступным источником белка, углеводов и других важных для организма веществ, что они улучшают питание и здоровье человека.

2. Студенты активно используют фасоль и горох в своем питании, поскольку те являются ценными источниками растительного белка. Незначительное использование нута, чечевицы в питании студентов обусловлено меньшей осведомленностью о вкусовых качествах таких культур, а также недостаточностью распространения их в рационе питания.

3. Студенты университета чаще всего употребляют бобовые в виде гарниров, супов различной консистенции, а также в салатах. Большинство из них приобретают продукты из бобовых в виде готовых замороженных полуфабрикатов блюд.

#### Литература:

1. Мартемьянова Л. Е., Савельев Ю. С. Зернобобовые культуры: перспективы применения. // Вестник алтайской науки. 2015. № 1. С. 437–438.
2. Михайлов В. М. Энциклопедия питания. В 10 т. — Харьков: мир книг. 2016. Т. 6. С. 465–466.
3. Казыдуб Н. Г., Кузьмина С. П., Плетнева М. М., Коновалова Е. А., Коцюбинская О. А. Зернобобовые культуры в структуре функционального питания (фасоль зерновая и овощная, горох овощной, нут) // Второй международный форум № Зернобобовые культуры, развивающееся направление в России». Омск: ФГБОУ Во Омский ГАУ. 1918. С. 192–199.



## Проблемы и перспективы развития овощеводства в крестьянских (фермерских) хозяйствах

Ширяева Ксения Дмитриевна, студент;

Научный руководитель: Старкова Ольга Яковлевна, кандидат экономических наук, доцент  
Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д. Н. Прянишникова

Овощеводство — важная отрасль сельского хозяйства, которая играет большую роль в обеспечении населения диетической продукцией и консервированными овощами в течение года.

Одной из особенностей выращивания овощей является то, что независимо от региона практикуются две схемы их производства — в открытом и защищенном грунте (производство овощей в теплицах). Данные схемы имеют существенные технологические различия и требуют разного уровня и характера капитальных вложений и текущих затрат [2].

В Пермском крае отрасль овощеводства относится к одной из приоритетных отраслей сельского хозяйства, производство продукции, которой носит социально-экономическое значение. Тем не менее, в настоящее время данное направление сельскохозяйственного производства переживает кризис, вызванный высоким износом действующих основных средств; отсутствием в отрасли высокотехнологических техники и оборудования как для производства, так и для хранения продукции; дезорганизованным товародвижением продукции на основные рынки сбыта; отсутствием ориентации производства на конечный потребительский спрос [3].

Производство овощей в Пермском крае за последние десятилетия снизилось, в связи с тем, что было ликвидировано и подведено к банкротству такое крупное предприятие, как совхоз Верхнемуллинский — основной поставщик овощей из открытого грунта и закрытого грунта.

В настоящее время овощи в открытом грунте выращивает ООО «Труженик». Площадь под овощными культурами составляет 220 га, под картофелем 500 га.

ООО «Овен» — одно из крупнейших предприятий Прикамья, выращивающих картофель по новым технологиям.

Ярким представителем развитого крестьянско-фермерского хозяйства является КФХ Хавыева А. А. Фермерское хозяйство А. А. Хавыева — уникально для Пермского края: здесь эффективно выращиваются новые для региона овощи — брюссельская, савойская, пекинская, краснокочанная капуста, лук-порей и другое.

Будущий урожай на полях фермерского хозяйства закладывается с осени, когда под зиму высевается морковь, чеснок, лук. Вторым оборотом после уборки подзимнего лука и чеснока высаживается рассада краснокочанной, цветной и пекинской капусты.

Площади под овощными культурами в 2018 году составляет 140 га. Средняя урожайность капусты составила по белокочанной 550 ц/га, а по остальным видам капусты (брюссельская, цветная, пекинская и др.) 320 ц/га. Уро-

жайность моркови и свеклы 440 ц/га. На базе хозяйства планируются опыты по испытанию новых для региона сортов овощных культур (моркови, свеклы, капусты) от известной во всем мире компании «Бейо Семена».

Овощеводство — одна из самых трудоемких и капиталоемких отраслей сельского хозяйства. Важное значение имеет механизация производственных процессов, так как, к сожалению, в овощеводстве высокая доля ручного труда при посадке и уборке овощей. Современные посадочные машины и уборочные комбайны являются дорогостоящим оборудованием (от 3 — х и выше миллионов рублей) для мелких фермерских хозяйств. Из этого можно сделать вывод, что маленькое фермерское хозяйство не может приобрести дорогостоящую технику и тем более окупить ее на своих небольших площадях. Так, например, техника в хозяйстве Хавыева А. А. полностью не окупается при площадях 140 га овощных культур. Даже имея высокую урожайность овощей, хозяйство вынуждено приобретать технику в кредит.

Для современных крестьянских (фермерских) хозяйств (КФХ) характерен огромный потенциал дальнейшего развития. Однако существуют определенные проблемы, которые препятствуют повышению производительности и поступательному развитию крестьянских (фермерских) хозяйств. В числе основных можно отметить следующие:

1. Отсутствие единого подхода к определению правового статуса фермерских хозяйств. Фактически они сегодня существуют в разных организационно-правовых формах: юридические лица, ИП, ООО, ОАО, СПК, ТОО и другие. Следствием этого является отсутствие полной, качественной и достоверной информации по фермерству [4].

2. Отсутствие в крестьянских (фермерских) хозяйствах бизнес — плана [5].

3. Недостаточная эффективность и малая доступность мер государственной поддержки начинающих крестьянских (фермерских) хозяйств. [4].

4. Проблема ценообразования и обеспечения доходности сельскохозяйственного производства. Основной причиной выступает не отсутствие спроса на сельскохозяйственную продукцию и продовольствие, а отсутствие действенной инфраструктуры сбыта. Поэтому фермер осенью вынужден продавать по себестоимости свою продукцию посредникам. [1].

5. Незрелость структуры сельскохозяйственной потребительской кооперации, призванной сделать крестьянские хозяйства более конкурентоспособными, а также убрать возможных посредников.



Исходя из этого, экономическое развитие овощеводства возможно только путем возрождения промышленного овощеводства, создания сети крупных овощеводческих предприятий. Малые формы хозяйствования практически исчерпали резервы своего развития, как в направлении увеличения площадей, так и внедрения современной техники и технологий. Им необходимо искать новые подходы и направления в развитии овощеводства, чтобы повысить рентабельность производства. Региональным органам власти Пермского края для увеличения производства картофеля и овощей необходимо использовать средства государственной поддержки преимущественно для стимулирования личных хозяйств граждан,

в которых производится большая часть данной продукции и крестьянские (фермерские) хозяйства и индивидуальных предпринимателей, обеспечивающих наращивание своей доли в производстве [6].

На сегодняшний день только крупные предприятия могут широко использовать индустриальные технологии возделывания овощных культур, основанные на инновационных подходах, производить различную продукцию с учетом конъюнктуры рынка и удовлетворять растущую потребность перерабатывающей промышленности в овощном сырье. Такие предприятия необходимо размещать в пригородных зонах крупных городов, вблизи от рынков сбыта продукции или сырьевых зон консервных заводов.

#### Литература:

1. Долматова Л. Г., Петрова И. А., Соломкина Е. А., Organizational and economic concepts of peasant (farm) enterprises' functioning in the modern period of development of market relations in Russia. ScienceandEducation 2013 г. С. 159–162.
2. Дубовицкий А. А., Климентова Э. А., Проблемы и перспективы развития овощеводства, 2014.: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-i-perspektivy-razvitiya-ovoshevodstva>
3. Кононова А. О. Современное состояние, проблемы и перспективы развития крестьянских (фермерских) хозяйств // Молодой ученый. — 2015. — № 6.5. — С. 84–86. — URL <https://moluch.ru/archive/86/16718/> (дата обращения: 24.05.2019).
4. Лактюшина Е. В. Проблемы и перспективы развития крестьянских (фермерских) хозяйств в переходной экономике России Вестник Московского университета имени С. Ю. Витте. Экономика и управление 2012 г. № 1 С. 89–92
5. Недикова Е. В., Научные основы формирования сельскохозяйственного природопользования крестьянских (фермерских) хозяйств на ландшафтной основе. Регион: системы, экономика, управление 2011 г. № 4 С. 65–71.
6. Старкова О. Я. Импортозамещение в сфере производства картофеля и овощей // Аэкономика: экономика и сельское хозяйство, 2018. № 2 (26). URL: <http://aeconomy.ru/science/economy/importozameshchenie-v-sfere-proizv/>

# Молодой ученый

Международный научный журнал  
№ 22 (260) / 2019

Выпускающий редактор Г. А. Кайнова  
Ответственные редакторы Е. И. Осянина, О. А. Шульга  
Художник Е. А. Шишков  
Подготовка оригинал-макета П. Я. Бурьянов, О. В. Майер

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются.  
За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.  
Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов.  
При перепечатке ссылка на журнал обязательна.  
Материалы публикуются в авторской редакции.

Журнал размещается и индексируется на портале eLIBRARY.RU, на момент выхода номера в свет журнал не входит в РИНЦ.

Свидетельство о регистрации СМИ ПИ №ФС77-38059 от 11 ноября 2009 г.  
ISSN-L 2072-0297  
ISSN 2077-8295 (Online)

Учредитель и издатель: ООО «Издательство Молодой ученый»  
Номер подписан в печать 12.06.2019. Дата выхода в свет: 19.06.2019.  
Формат 60 × 90/8. Тираж 500 экз. Цена свободная.

Почтовый адрес редакции: 420126, г. Казань, ул. Амирхана, 10а, а/я 231.  
Фактический адрес редакции: 420029, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.  
E-mail: info@moluch.ru; https://moluch.ru/  
Отпечатано в типографии издательства «Молодой ученый», г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.