

**Ежемесячный
научный журнал
№65 / 2021
2 часть**

Редакционный совет

Ответственный редактор – д.ю.н. Чукмаев А.И.
Секретарь конференции – к.ф.н. Варкумова Е.Е.
Редакционная коллегия
Сорновская Н.А.
Кажемаев А.В.
Каверин В.В.
Каримов П.Б.
Свистун А.А.
Селиктарова К.Н.
Артафонов В.Б.
Самиров А.И.
Семипалов С.А.
Новицкая О.С.

Ответственный редактор

Чукмаев Александр Иванович

Доктор юридических наук, профессор кафедры уголовного права.
(Астана, Казахстан)

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.

Адрес редакции: 620144, г. Екатеринбург, улица Народной Воли, 2, оф. 44

Адрес электронной почты: info@national-science.ru

Адрес веб-сайта: <http://national-science.ru/>

Учредитель и издатель Общество с ограниченной ответственностью
"Евразийское Научное Содружество"

Тираж 1000 экз.

Отпечатано в типографии 620144, г. Екатеринбург,
улица Народной Воли, 2, оф. 44

Редакционный совет

Ответственный редактор – д.ю.н.Чукмаев А.И.
Секретарь конференции – к.ф.н. Варкумова Е.Е.
Редакционная коллегия
Сорновская Н.А.
Кажемаев А.В.
Каверин В.В.
Каримов П.Б.
Свистун А.А.
Селиктарова К.Н.
Артафонов В.Б.
Самиров А.И.
Семипалов С.А.
Новицкая О.С.

Художник: Венерская Виктория Александровна

Верстка: Коржев Арсений Петрович

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Международные индексы:



СОДЕРЖАНИЕ

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Бабаева Р.Ю., Фатуллаева Г.С.
ВЛИЯНИЕ ГИПОСИИ НА ДИНАМИКУ ИЗМЕНЕНИЯ
УРОВНЯ МЕЛАТОНИНА В КРОВИ4

МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ

Бондаренко А.И.
САРКОПЕНИЯ – ХАРАКТЕРНЫЙ СИНДРОМ ВИЧ-
ИНФЕКЦИИ6

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

*Баламирзоев А.Г.,
Селимханов Д.Н., Абдуллаев А.Р.*
ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ СТАРЕНИЯ И
ВОССТАНОВЛЕНИЯ СИСТЕМЫ АВТОМОБИЛЯ 10

*Ибрагимов У.Х., Абдиназаров С.Б.,
Пардаев З.Э., Аванесов Т.Р.*
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ И
ОБОБЩЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ
ПРОЦЕССОВ ГИДРОДИНАМИКИ В ТРУБАХ С
ЛОКАЛЬНЫМИ ТУРБУЛИЗАТОРАМИ 16

Кликин Е.Г., Лавров Р.В.
ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЫБОРА СРЕДЫ НА РАЗМЕР И
ФОРМУ КОНГЛОМЕРАТОВ ИЗ НАНОЧАСТИЦ МЕДИ,
ПОЛУЧАЕМЫХ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОГО
ДИСПЕРГИРОВАНИЯ 20

Ибадова С.Я., Мамедова А.Г.
СОСТОЯНИЕ ЗАПЕЧАТАННЫХ ПОЧВ НА
ТЕРРИТОРИИ ГОРОДОВ БАКУ И ГЯНДЖА 23

Митина О.А.
СИСТЕМЫ ПОИСКА ИНФОРМАЦИИ НА ОСНОВЕ
АНАЛИЗА СЛАБОСТРУКТУРИРОВАННОГО ТЕКСТА. 30

*Серватинский В.В., Преснов О.М.,
Холодов С.П., Холодов В.С.*
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ДЛИНЫ
БУРОНАБИВНОЙ СВАИ С УШИРЕНИЕМ 32

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

*Мелебаев Д., Аннабердиева М.Р.,
Котыров М., Ташилева А.М.*
ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ФОСФИДА ГАЛЛИЯ И
ФОТОДИОДЫ ШОТТКИ НА ЕГО ОСНОВЕ 35

Пастухова Г.В.
ПРИМЕНЕНИЕ САМООРГАНИЗУЮЩИХСЯ КАРТ
КОХОНЕНА ДЛЯ АНАЛИЗА БАЗЫ ПАТЕНТОВ 51

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Бахшалиева Ч.Н., Орешкина А.В.
УСТАНОВЛЕНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО
СОСТАВА ПОЧВ ВБЛИЗИ АВТОМАГИСТРАЛИ
КАШИРСКОЕ ШОССЕ 55

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

ВЛИЯНИЕ ГИПОСИИ НА ДИНАМИКУ ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЯ МЕЛАТОНИНА В КРОВИ

Бабаева Рухангиз Юнис

*Кандидат биологических наук, доцент
Бакинский Государственный Университет
Баку*

Фатуллаева Гюльшан Сахиб

*магистр
Бакинский Государственный Университет
Баку*

THE EFFECT OF HYPOXIA ON THE DYNAMICS OF CHANGES IN THE LEVEL OF MELATONIN IN THE BLOOD

Babayeva Rukhangiz Yunis

*Candidate of Biological Sciences, Associate Professor
Baku State University, Baku*

Fatullayeva Gulshan Sahib

*Magistr
Baku State University, Baku*

АННОТАЦИЯ

Цель. Определение уровня мелатонина в крови

Метод: Использовали метод Хватова (1978)

Результат: В зависимости от скорости нарастания гипоксии различают острую и хроническую гипоксию, в первую очередь страдают функции высших отделов центральной нервной системы, а при хронической гипоксии - функции крови и сердечно-сосудистой системы. Уровень мелатонина в крови после гипоксии последовательно снижается

Выводы:

1. Гипоксия приводит к уменьшению мелатонина в крови у половозрелых кроликов.
2. Полученные результаты могут иметь значение в медицине и биоритмологии для изучения влияния гипоксии на выработку мелатонина в эпифизе.

ABSTRACT

Background: Determination of the level of melatonin in the blood

Methods: We used the Khvatov method (1978)

Result: Depending on the rate of increase in hypoxia, acute and chronic hypoxia are distinguished, primarily the functions of the higher parts of the central nervous system suffer, and in chronic hypoxia - the functions of the blood and cardiovascular system. The level of melatonin in the blood after hypoxia consistently decreases

Conclusion:

1. Hypoxia leads to a decrease in melatonin in the blood in mature rabbits.
2. The results obtained may be important in medicine and biorhythmology for studying the effect of hypoxia on the production of melatonin in the epiphysis.

Ключевые слова: эпифиз, мелатонин, гиповолемический шок, сердечно-сосудистая система

Keywords: epiphysis, melatonin, hypovolemic shock, cardiovascular system

Гиповолемический шок (ГШ) вызывает мультиорганную недостаточность, которая связана неадекватным объемом циркулирующей крови (ОЦК). При острой кровопотере гематологическая система активируется. При гиповолемическом сердечно-сосудистая система отвечает повышением частоты сердечного сокращения, возрастанием сократимости миокарда и конструкцией кровяных сосудов, а также перераспределением крови к жизненно важным органам. Почки реагируют на гиповолемический шок повышением секреции ренина, который превращает ангиотензиноген в ангиотензин I, который в дальнейшем трансформируется в ангиотензин II.

Ангиотензин II обладает двумя основными свойствами - участвует в инвертировании гиповолемического шока вазоконстрикцией артериол гладких мышц и стимуляцией секреции альдостерона корой надпочечников, под действием которого активно реабсорбируется натрий и вода. При гиповолемическом шоке увеличивается выделение антидиуретического гормона, что приводит к опосредованному повышению реабсорбции воды и солей (NaCl) дистальными канальцами, собирательными трубочками и петлями Генле.

Материал и методы исследования.

В качестве объекта исследования были использованы половозрелые кролики-самцы

породы «Шиншилла» (*Oryzomys Sunicuius*). Исследования проводились в двух сериях.

В I серии опытов изучали уровень мелатонина в крови у интактных животных

Во II серии опытов изучали изменение уровня мелатонина в крови у кроликов при гипоксии.

Гипоксию проводили методом Хватова (1978). Для этого животного помещали в барокамеру общей площадью 0,12 кв.м. В течении определенного времени (1, 5 и 10 дней) кроликов подвергали гипоксии. В барокамере животные дышали смесью газов 93% азота, 7% кислорода.

Мелатонин крови определяли иммуноферментативным методом аппаратом-анализатором Stat-Fax-303

Результаты исследования и их обсуждение.

Исследования показали, что у интактных животных уровень мелатонина в крови составляет 13,4 у\мл.; через день после гипоксии уровень мелатонина снижается до 11,3 у\мл ($P < 0,01$) через 5 дней после гипоксии продолжает снижаться (9,9 у\мл, $P < 0,001$), а после 10 дней гипоксии животных уровень мелатонина крови продолжает снижаться до 8,8 у\мл ($P < 0,001$)

Через день после гипоксии уровень мелатонина в крови снижается до 11,3 у\мл $p < 0,01$ через 5 дней после гипоксии становится 9,9 у\мл $p < 0,001$, после 10 дней гипоксии уровень мелатонина в крови составляет 8,8 у\мл $p < 0,001$

Огромна роль эндокринных желез в повышении адаптации к внешним факторам, гипоксии, физическим нагрузкам. Эпифиз участвует в управлении целого ряда важнейших функций организма синтезирует гормон мелатонин, участвует в регуляции углеводного обмена. Гипоксия вызывает развитие адаптивных реакций.

Исследование показало, что гипоксия влияет на функцию эпифиза, в результате чего синтез мелатонина снижается.

Литература

1. Тажибаев Д.А. Гиповолемический шок-диагностика и лечение на современном этапе. //Журнал Вестник хирургии Казахстана., г.Алма-Ата. № 3(27) 2011 г, стр.41

2. Sharven Taghavi, Reza Askari Hipovolemik shok //Tulane University School of Medicine, Harvard Medical School. Last Update :Yule 20, 2020

МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ

САРКОПЕНИЯ – ХАРАКТЕРНЫЙ СИНДРОМ ВИЧ-ИНФЕКЦИИ

Бондаренко Анна Ивановна

врач-инфекционист

Волгоградский областной центр по борьбе и профилактике

со СПИД и инфекционными заболеваниями

г. Волгоград

SARCOPENIA-SINDROME OF HIV-INFECTIOIN

Bondarenko Anna

infectious disease physician

Volgograd AIDS-centre, Volgograd

АННОТАЦИЯ

Характерные для эпидемии ВИЧ-инфекции тенденции современного периода – рост удельного веса среди живущих с ВИЧ в старшие возрастные группы, увеличение продолжительности жизни больных благодаря внедрению антиретровирусной терапии, ускорение инволюционных процессов в среднем на 10 лет за счет коморбидности ВИЧ/СПИД, определяют формирование характерных для пожилого возраста видов патологии, в том числе опорно-двигательного аппарата. В структуре последних особую актуальность приобретает саркопения – снижение ее массы, силы и функции, в стадии СПИД достигающей 100% распространенности.

ABSTRACT

The current trend of HIV-infection, the increase in the proportion of people living with HIV in older age groups, the increase in life expectancy of patients through the introduction of antiretroviral therapy, the acceleration of involutionary processes by an average of 10 years due to HIV/AIDS, determine the formation of the types of pathology characteristic of the elderly, including the musculoskeletal system. In the structure of the latter, sarcopenia becomes particularly relevant - a decrease in its mass, strength and function, in the stage of AIDS reaching 100% prevalence.

Ключевые слова: саркопения, ВИЧ-инфекция, коморбидность.

Keywords: sarcopenia, HIV, comorbidity.

ВИЧ-инфекция, как коморбидное (оппортунистические инфекции, онкопатология) и полиморбидное (инъекционная наркомания, хронический гепатит С, туберкулез и др.) заболевание, характеризуется вовлечением в патологический процесс почти всех органов и систем [Беляков Н.А., Рассохин В.В., 2019; Белозеров Е.С. и др., 2020; Покровский В.В. и др., 2020]. При этом, как правило, при характеристике клинической картины на фоне тяжело протекающих вторичных инфекций и соматической патологии мало уделяется внимания вовлечению в патологический процесс скелетно-мышечной системы [Рассохин В.В., 2013]. Однако такой вид патологии, как саркопения, будучи курабельной, без должного лечения ведет к необратимым метаболическим нарушениям, развитию не поддающейся лечению кахексии [McComsey G.A., 2013; Payne B.A., et al., 2014; Schrack J.A., 2015].

Цель настоящего исследования: дать оценку значимости поражения скелетно-мышечной системы в клинике ВИЧ-инфекции.

Материалы и методы исследования. В соответствии с целью исследования был проведен анализ удельного веса и структуры основных видов вторичных заболеваний у 604 больных ВИЧ-инфекцией. При постановке клинического диагноза

ВИЧ-инфекции руководствовались российской классификацией.

Обследование больных включало: а) клинический анализ крови; б) исследование крови на белок, холестерин, глюкозу, креатинин, билирубин и активность трансфераз (АлАТ, АсАТ), щелочную фосфатазу; г) исследование кала на яйца гельминтов и простейшие, бактериологическое исследование: посевы на возбудители кишечной группы. У всех больных проводили методом ИФА исследование на маркеры гепатитов В и С (HBsAg, анти-HBsAg, Ig M к HBsAg и HBeAg; анти-HCV, IgM и IgG, в ПЦР определяли ДНК и РНК вирусов гепатитов В и С. Туберкулез выявляли обнаружением микобактерий в мокроте при бактериоскопическом и бактериологическом исследованиях, герпесвирусную инфекцию, токсоплазмоз – методом ИФА с применением тест-систем для определения антител классов М, G к возбудителям этих инфекций.

Данные лабораторных исследований у больных сравнивали с соответствующими значениями, полученными при обследовании 35 здоровых лиц той же возрастной группы.

При выполнении исследований по саркопении и статуса питания применили рекомендованные EWGSOP (2015) диагностические критерии: снижение мышечной массы, мышечной силы и

мышечной функции. Мышечную силу оценивали с помощью кистевого динамометра ДК-25 с учетом ИМТ, мышечную функцию – по скорости ходьбы на дистанцию 4 м. Для оценки функциональных возможностей мышечной системы использовали один из рекомендованных тестов (таблица 1).

Диагностику саркопении проводили с использованием антропометрических, инструментальных и лабораторных методов исследования. Было обследовано 495 ВИЧ-инфицированных пациентов.

Таблица 1.

Использованные методы оценки компонентов саркопении

Методы диагностики		
Мышечная масса	Мышечная сила	Мышечная функция
Биоимпедансный анализ	Динамометрия	Тест: «Встань и иди»
Антропометрия	Степень сгибания и разгибания коленного сустава	Тест: «Подъем по лестнице»
		Определение скорости ходьбы

Определение массы тела (МТ) производили по формуле:

$$ИМТ = \frac{МТ}{L^2}$$

где МТ – масса тела (кг), L – рост, м.

Для объективной количественной оценки саркопении использовали биоимпедансный анализ, преимущество которого заключается в возможности неинвазивной оценки широкого спектра компонентов состава тела, это «золотой стандарт» определения содержания в организме жира, активной клеточной массы (АКМ), тощей массы тела, общей массы белков и жидкости, включая внутриклеточную и экстраклеточную жидкость в туловище и конечностях. Биоимпедансный анализ, был выполнен на комплексе КМ-АР-01 «Диамант» 60 800-00 у 62 пациентов с ВИЧ-инфекцией и 29 здоровых лиц.

Результат исследований обрабатывались общепринятыми методами вариационной статистики. Значимость различий показателей в сравниваемых группах оценивали с помощью критерия χ^2 при уровне значимости $p > 0,05$. Формирование базы данных и графическую обработку результатов исследования выполняли при помощи ПЭВМ с помощью программ Microsoft Word 10.0 и Microsoft Excel 10.0.

Полученные результаты. На начало 2020 года группу вторичных заболеваний инфекционного генеза, характеризующих коморбидность среди больных в стадии 4 В определяли как классические инфекции туберкулез и вирусный гепатит С, так и группа условно-патогенных инфекций. Оценка степени коморбидности по данным индекса Charlson показала значимость соматических заболеваний: при обследовании 81 пациента с ВИЧ-инфекцией в стадии 4В, средний балл индекса Charlson составил 9,72, в том числе за счет сопутствующей патологии – 3,72 балла. Динамику поражения ведущих систем у больных ВИЧ-инфекцией нашего региона отражает таблица 2, данные которой свидетельствуют, что вовлечение в патологический процесс скелетно-мышечной системы сопоставимо с патологией нервно-психического статуса, бронхо-легочной системы, системы органов кровообращения с четко выраженной динамикой прогрессирования по мере нарастания иммунодефицита.

Таблица 2.

Частота поражения ведущих систем при ВИЧ-инфекции

Вид патологии	Стадии ВИЧ-инфекции			
	3	4А	4Б	4В
Нервно-психический статус	64,3±7,1	72,6±6,9	91,8±7,1	100,0
Бронхо-легочная система	37,1±4,6	66,0±8,9	83,7±7,8	100,0
Система органов кровообращения	43,9±6,4	63,7±6,8	98,4±11,4	100,0
Система органов пищеварения	26,5±4,1	48,5±5,7	88,3±10,4	100,0
Скелетно-мышечная система	43,9±4,2	63,7±6,1	98,4±7,73	100,0

При обследовании 604 больных ВИЧ-инфекцией с акцентированным вниманием на патологию суставного аппарата у 62,8% выявлены клиничко-лабораторные проявления его поражения, в том числе у 20,8% имели место артралгии, у 50,6% артропатии с клиническими проявлениями (рисунок 1). Как показал анализ, формирование артропатий в 7,8% прямо связаны с ВИЧ-инфекцией, в 22,4% случаев диагностирован реактивный артрит, обусловленный главным образом кишечной инфекцией, у 10,9% пациентов

псориатический артрит, протекающий по типу системного процесса, у остальных больных смешанный вариант. Дорсопатии, клинически характеризующиеся болевым синдромом и ограничением подвижности в позвоночнике, в стадии 4А встречались в 61,1% случаев, в стадии 4В – в 83,3% случаев, в то время как в контроле (практически здоровые лица той же возрастной группы) – в 8,1% случаев.

Среди патологии СМС у больных ВИЧ-инфекцией довольно тщательно изучены частота,

варианты, генез поражения костно-суставного аппарата [Рассохин В.В., 2013; Беляков Н.А., Рассохин В.В., 2019] и мало изучена патология мышечной системы, хотя физиологическая

значимость ее выходит за рамки опорно-локомоторной функции учитывая эндокринную составляющую: продукция цитокинов и миокинов [Хорошилов, И.Е., 2017; Harris-Love, M.O., 2016].

Больные ВИЧ-инфекцией

Обследовано в стадии 4 А-В – 604 чел.

Выявлены артропатии – 379 чел. (62,8%)

Только артралгии – 79 чел. (20,8%)

Артриты – 192 чел. (50,6%)

Артриты (в том числе остеоартриты) конечностей:

- ВИЧ-ассоциированный артрит – 15 чел (7,8%)
- Реактивные артриты – 43 чел. (22,4%);
- Псориатические артриты – 21чел. (10,9%);
- артриты у больных подагрой – 10 чел. (5,2%);
- Туберкулезный остеоартрит – 8 чел. (4,2%);
- мультиморбидные артриты – 72 чел. (37,0%);
- Прочие артриты – 23 чел. (11,9%)

Рисунок 1. Частота и структура артропатий у больных ВИЧ-инфекцией.

При оценке видов и значимости поражения скелетной мускулатуры у больных ВИЧ-инфекцией было установлено: основная нозологическая форма поражения – саркопения. При этом в стадии 3 пресаркопения и саркопения выявлены у 72 из 243 обследованных (29,6%), в стадии 4А у 64 из 105 больных (60,9%), в стадии 4Б у 81 из 89 обследованных (91%). В стадии 4В дефицит мышечной массы имел место у всех больных, при этом у половины из них диагностирована тяжелая саркопения (52,1%). Оценка динамики состояния мышечной ткани показала, при первичном обследовании масса тела в пределах нормы была у 33 из 107 пациентов (30,8%), индекс массы тела у 34,5% больных, висцеральный жир в пределах нормы в 57,9% случаев, тощая масса тела в 26,2% случаев, левой ноги – в 24,3% случаев. Через 11-12 мес. при повторном обследовании выявлена четкая динамика ухудшения состояния мышечной массы тела, так из 107 у 74 (69,1 %) пациентов имел место уменьшение массы тела, у 70 больных (65,4%) снижение ИМТ, индекса туловище/бедро, тощей массы тела и объем мышц предплечья. Следовательно, на фоне прогрессирования иммунодефицита и обусловленного им вторичных заболеваний частота саркопении растет с 29% у больных в стадии 3 до 79% в стадии 4, т.е. в 2.7 раз.

Один из показателей, ассоциированных с возрастом патологий – астенический синдром (син.: синдром хрупкости – frailty) [Fried L.P. et al. 2009]. В основе астенического синдрома лежат три тесно взаимосвязанных состояния: – мальнутриция, саркопения и снижение интенсивности

метаболических процессов. Проведенные нами исследования выявили астенические расстройства при ВИЧ-инфекции у больных в стадии 4, оцениваемые по шкале MFI-20 в виде снижения показателей общей астении, пониженной активности, снижения мотивации, физической и психической астении.

По данным импедансометрии 107 больных ВИЧ-инфекцией возрастной группы 36-45 лет при двукратном обследовании за 11-12 мес. наблюдения в стадии 4 А-В имел место сниженный индекс массы тела в 69 случаях (64,4%), в том числе, пресаркопения у 42 больных, саркопения у 18 больных и тяжелая саркопения у 9 больных, т.е. соответственно 39,2%, 16,8% и 8,4%

Была проведена терапия, включающая аэробную физическую нагрузку, нутритивную поддержку и медикаментозное лечение, показавшая возможность эффективной борьбы с саркопенией у больных ВИЧ-инфекцией.

Как показал анализ, при соматометрии из 32 обследованных мужчин через 3 мес. после окончания 3-хмесячного курса терапии ОМП была ниже 21 см у 13 пациентов, тогда как до терапии – у 29 пациентов из 32 получивших терапию. У женщин также произошло сокращение числа пациентов с низким уровнем показателя ОМП. При биоимпедансометрии тощая масса тела до лечения ниже 25 кг был у 24 из 32 мужчин и у 18 из 21 женщины, через 3 мес. после окончания лечения (через 6 мес. после начала терапии) он сохранился низким только у 11 мужчин и 9 женщин.

Таблица 3.

Эффективность 3-х месячного курса лечения у больных ВИЧ-инфекцией

Метод	Критерии	До лечения	Через 6 мес.
Соматометрия	Окружность мышц плеча (см)	47	
	Мужчины (n=32) 21см	<29	13
	Женщины (n=21) 19см	<18	12
Биоимпедансометрия	Тощая масса тела ниже 25кг		
	Мужчины	24	11
	женщины	18	9

ВЫВОДЫ

1. Из 604 пациентов с ВИЧ-инфекцией (средний возраст 34,4±4,02 года) длительностью болезни от 3 до 20 лет в стадии 4А-В у 379 больных (62,7% против 20,5% среди практически здоровых лиц того же возраста) было выявлено вовлечение в патологический процесс костно-суставного аппарата, среди них артралгии в 20,8% случаев, артропатии – в 50,6%. Формирование артропатий в 7,8% прямо связаны с ВИЧ-инфекцией, в 22,4% случаев диагностирован реактивный артрит, у 10,9% пациентов псориазический артрит, у остальных больных смешанный вариант.

2. Дорсопатии, клинически характеризующиеся в основном болевым синдромом и ограничением подвижности в позвоночнике, в стадии 4А встречались в 61,1% случаев, в стадии 4В – в 83,3% случаев, в то время как в контроле (практически здоровые лица той же возрастной группы) – в 8,1% случаев;

3. В структуре поражений опорно-двигательного аппарата у больных ВИЧ-инфекцией прогностически наиболее значимо вовлечение в патологический процесс скелетной (поперечно-полосатой) мышечной ткани в виде саркопении, развитие которой может быть отсрочено или замедленно. Саркопения диагностирована у 29,6% больных в стадии 3, в 60,9% в стадии 4А, в 91,0% в стадии 4Б и у всех пациентов в стадии 4В.

4. Астенический синдром (фенотип хрупкости) при оценке по шкале астении MFI-20 у больных ВИЧ-инфекцией в стадии 4 возрастной группы 35-55 лет при наличии саркопении диагностирован у всех больных (100%), в контрольной группе практически здоровых лиц той же возрастной группы – в 4,47% случаев.

Список литературы:

1. Белозеров, Е.С. (ред.) Инфекционные болезни: гемоконтактные инфекции. М.: Юрайт, 2020. – 378 с.
2. Беляков, Н.А., Рассохин, В.В. Коморбидные состояния при ВИЧ-инфекции / Н.А. Беляков, В.В. Рассохин. Часть I. СПб: Балтийский мед. обр. центр., СПб, 2019. — 251 с.
3. Покровский В.В. <https://nation-news.ru/576940-akademik-pokrovskii-v-2020-godu-vyyavleno-57-tys-novykh-sluchaev-vich>.
4. Рассохин, В.В. Соматические и вторичные заболевания у больных на фоне ВИЧ-обусловленной иммуносупрессии; автореф. дис. ...докт. мед. наук 14.01.04 /Рассохин Вадим Владимирович., СПб., 2013 – 57 с.
5. Хорошилов, И.Е. Саркопения у больных: возможности диагностики и перспективы лечения/И.Е. Хорошилов// Лечащий врач № 8, 2017. – С. 42-47.
6. Fried, L. P., et al. Frailty in older adults: evidence for a phenotype/ L. P. Fried [et al.] // J. Geront. Med. Sci. 2009.Vol. 56. № 3. P. 146–156.
7. Harris-Love, M.O. Ultrasound estimates of muscle quality in older adults: reliability and comparison of Photoshop and Image/ M.O. Harris-Love [et al.] J for the grayscale analysis of muscle echogenicity // Peer J., 2016. Vol. 22, № 4. – P. 1721.
8. McComsey, GA Body composition changes after initiation of raltegravir or protease inhibitors: ACTG A5260s/ McComsey, GA [et al]// Clin Infect Dis., 2016; 62, P. 853-862.
9. Payne, B.A. In vivo mitochondrial function in HIV-infected persons treated with contemporary antiretroviral therapy: a magnetic resonance spectroscopy study/ B.A. Payne [et al.] // PloS One. – 2014; 9. – P. 84-88.
10. Schrack, J.A. Accelerated longitudinal gait speed decline in HIV-infected older men/ J.A. Schrack [et al.] //J. Acquir Immune Defic. Syndr., 2015. – P. 370-376.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 621

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ СТАРЕНИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ СИСТЕМЫ АВТОМОБИЛЯ

Баламирзоев Абдул Гаджибалаевич

доктор технических наук,
профессор кафедры «Экономика и управление»,
ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный
технический университет (МАДИ)», Махачкалинский филиал,
г. Махачкала

Селимханов Даниял Нажидинович

канд. тех. наук,
доцент кафедры «Автомобильный транспорт и дорожное хозяйство»,
ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный
технический университет (МАДИ)», Махачкалинский филиал,
г. Махачкала

Абдуллаев Абдулла Рафикович

канд. тех. наук,
ст. преподаватель кафедры «Автомобильный транспорт и дорожное хозяйство»,
ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный
технический университет (МАДИ)», Махачкалинский филиал,
г. Махачкала

SIMULATION MODEL OF AGING AND RECOVERY OF THE CAR SYSTEM

Balamirzoev Abdul Hajibalaevich

Doctor of Technical Sciences,
Professor of the Department «Economics and Management»,
«Moscow Automobile and Road State Technical University (MADI)»,
Makhachkala branch,
Makhachkala

Selimkhanov Danijal Nazhidinovich

Cand. of Tech. Sci.,
Ass. Prof. of the Department «Automobile Transport and Road Management»,
«Moscow Automobile and Road State Technical University (MADI)»,
Makhachkala Branch,
Makhachkala

Abdullayev Abdulla Rafikovich

Cand. of Tech. Sci.,
senior lecturer of the «Automobile Transport and Road Management»,
«Moscow Automobile and Road State Technical University (MADI)»,
Makhachkala Branch,
Makhachkala

АННОТАЦИЯ

Имитационная модель – это компьютерная программа, позволяющая воспроизводить на ЭВМ поведение отдельных элементов системы и связей между ними в течение заданного времени моделирования.

Имитационная модель воспроизводит поведение сложной системы, элементы которой могут вести себя случайным образом. Модель описывает изменение ведущего параметра процесса, не стремясь к полному его отражению. Имитационная модель старения и восстановления автомобиля должна дать прогноз состояния среднего автомобиля, представляющего целый класс массовых длительного использования сложных машин, за весь срок его службы. В статье построена имитационная модель старения и восстановления автомобиля.

ANNOTATION

A simulation model is a computer program that allows you to reproduce on a computer the behavior of individual elements of the system and the relationships between them during a given simulation time. The simulation model reproduces the behavior of a complex system whose elements can behave randomly. The model describes the change in the leading parameter of the process, without seeking to fully reflect it. The

simulation model of vehicle aging and recovery should provide a forecast of the condition of the average car, representing a whole class of mass long-term use of complex machines, for the entire life of its service life. The article builds a simulation model of aging and recovery of the car.

Ключевые слова: имитационная модель, сложная система, старение автомобиля, работоспособность.

Keywords: simulation model, complex system, vehicle aging, performance.

Введение. Единого мнения о причинах и механизмах старения нет. Любая из многочисленных гипотез старения может быть отнесена к одной из двух конкурирующих концепций, объясняющих причины и механизмы этого процесса с противоположных позиций.

В естественных науках часто справедлива тенденция — чем сложнее изучаемые системы или явления, тем проще могут быть модели, описывающие их основные свойства.

Под системой мы будем понимать машину в целом, например автомобиль.

Поставим задачу построить стохастическую (вероятностную) модель одновременно протекающих процессов старения и восстановления системы.

Имитационная модель описывает лишь отдельные, в каком-то смысле наиболее интересные стороны сложной системы. Степень совпадения свойств модели со свойствами реальных систем определяет уровень ее адекватности, а возможность использования свойств модели для изучения реальных систем — уровень ее полезности. Модель должна быть содержательна, а это значит, что она должна хорошо объяснять известные факты, выявлять новые, незамеченные явления и выдвигать перед исследователем новые проблемы.

Модель описывает изменение ведущего параметра (ведущих параметров) процесса, не стремясь к полному его отражению. Полное отражение сложного процесса столь же сложно, как и сам процесс. Модель должна быть по возможности простой.

Идея характеристики состояния сложной системы одним параметром очень старая. Пример такой характеристики (моделирования) — состояние человека и температура его тела. Температура — достаточно устойчивая характеристика состояния человека, хотя и далеко не полная. Это типичное моделирование (физическое), полезность его общеизвестна.

Аналогом такого моделирования для автомобиля является диагностика, позволяющая определить состояние конкретного автомобиля на данный момент и, может быть, дать прогноз его состояния (достаточно краткосрочный).

Имитационная модель старения и восстановления автомобиля должна дать прогноз состояния среднего автомобиля, представляющего целый класс массовых длительного использования сложных машин, за весь срок его службы. Если речь идет об автомобиле в целом или о достаточно сложной его составной части, характеристикой его "жизнеспособности", "жизнеспособности" является работоспособность.

Таким образом, желая моделировать автомобиль, мы будем строить характеристику его работоспособности. Состояние автомобиля (системы), как результат одновременно протекающих процессов его старения и восстановления, будем описывать (моделировать) обобщенным параметром — случайной функцией времени $\Pi(t)$, которую будем называть потенциалом работоспособности системы.

Функция $\Pi(t)$ определяется на временном промежутке $[0, t], T \leq \infty$. При этом под временем t будем понимать не календарное время, а наработку, выраженную в соответствующих единицах. При таком подходе ремонтным воздействиям соответствуют моменты, а не промежутки времени, так как простой независимо от его причины не сопровождается ростом наработки.

ОСНОВНОЕ УРАВНЕНИЕ СТАРЕНИЯ

Старение автомобиля — объективно существующий процесс. Хотя автомобиль — искусственное сооружение, он сделан человеком по его замыслу, но сделан из природных материалов (в основе всех, в том числе и синтетических материалов лежат природные исходные продукты) и его "жизнь" — эксплуатация — протекает в условиях окружающей природной среды, зачастую отягченных человеком. Не стареющий автомобиль принципиально невозможен.

Как же построить модель старения? Не описание, а именно модель.

Пусть y — обобщенный параметр (это еще не потенциал работоспособности), изменение которого характеризует общий процесс старения системы в результате совокупного воздействия всех факторов, порождающих этот процесс: изнашивания элементов системы, коррозии, усталости, структурных изменений и химических превращений в металлах и др. Каждый из этих факторов подчиняется определенным физическим закономерностям, однако сочетания их случайны и, следовательно, y , вообще говоря, является случайной функцией времени. Однако, поскольку мы изучаем поведение не конкретной системы (конкретного автомобиля), а средней системы из большого числа однотипных конкретных систем, имеется достаточно оснований допустить упрощающее предположение о детерминированности функции $y = y(t)$, описывающей состояние системы в процессе старения. Еще большее основание для этого дает принятое нами решение моделировать состояние системы функцией не календарного непрерывно текущего времени, а функцией наработки, что исключает влияние простоя.

Производная dy/dt — скорость процесса старения. Рассмотрим дифференциальное уравнение

$$\frac{dy}{dt} = f[t, y'', x_1(t), \dots, x_m(t)], 0 \leq t < T, \quad (1)$$

где t — время (наработка), детерминированные функции $x_1(t), \dots, x_m(t)$, описывают влияние на общий процесс старения перечисленных выше частных факторов, $T \leq +\infty$ — абсолютное время жизни системы.

Заметим, что если некоторая величина $y > 0$ является характеристикой работоспособности системы, подвергающейся процессу старения, то она должна быть строго убывающей функцией наработки. Будем предполагать, что функция f — правая часть уравнения (1) — удовлетворяет условиям существования, единственности и продолжимости на интервал $0 \leq t < T$ решения начальной задачи для этого уравнения. Если при этом

$$f[t, y'', x_1(t), \dots, x_m(t)] < 0 \text{ для } всех u \neq 0,$$

то положительные решения уравнения (1) монотонно убывают на интервале $[0, T)$ и уравнение (1) естественно назвать общим уравнением старения.

Будем считать, в первом приближении, что правая часть уравнения (1) линейна по y , а совокупное воздействие всех процессов, порождающих старение системы, описывается одной функцией $\varphi(t)$, которую назовем *функцией затухания*. Тогда уравнение (1) примет вид

$$\frac{dy}{dt} + \varphi(t)y = 0, 0 \leq t < T, \quad (2)$$

относительно функции затухания $\varphi(t)$ будем предполагать, что она непрерывна на интервале $[0, T)$ и удовлетворяет условиям

$$\varphi(t) > 0, 0 \leq t < T, \int_0^T \varphi(t) dt = \infty. \quad (3)$$

Дифференциальное уравнение (2) при условиях (3) назовем *основным уравнением старения*.

Уравнение (2.2) определяет однопараметрическое семейство функций

$$y(t; c) = c \cdot \exp \left\{ - \int_0^t \varphi(u) du \right\}. \quad (4)$$

Соответствующие положительным значениям параметра c функции семейства (4) обладают свойствами:

- 1) $y(t; c) > 0$ на $[0, T)$, $y(0; c) = c > 0$;
- 2) функции $y(t; c)$ монотонно убывают на $[0, T)$;
- 3) $\lim_{t \rightarrow T} y(t; c) = 0$;
- 4) из $c_2 > c_1 > 0$ следует $y(t; c_2) > y(t; c_1) > 0$ для всех t из $[0, T)$.

Графики функций $y(t; c)$, $c > 0$, $0 \leq t < T$ назовем *линиями старения*.

Через каждую точку (t_*, y_*) , $0 \leq t_* < T$, $y_* > 0$ проходит, и притом единственная, линия старения.

Обращаем внимание читателя на то, что задача описания процесса старения поставлена в весьма общей форме. Действительно, если некоторая величина $P > 0$ характеризует состояние системы, а система стареет, то естественно считать, что в процессе старения величина P монотонно убывает и к концу абсолютного времени жизни стремится к нулю. Именно такими свойствами обладают все положительные решения уравнения (2) независимо от выбора удовлетворяющей условиям (3) функции $\varphi(t)$.

Индивидуальные свойства функции затухания $\varphi(t)$ определяют особенности течения процессов старения конкретных типов систем.

ФОРМИРОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛА РАБОТОСПОСОБНОСТИ

Принадлежащее семейству (4) решение уравнения (2)

$$F(t) = y(t; 1) = \exp \left\{ - \int_0^t \varphi(u) du \right\} \quad (5)$$

назовем *формирующей функцией потенциала работоспособности системы*. В соответствии со свойством 3) функций семейства (2.4) для формирующей функции $F(t)$ имеет место

$$\lim_{t \rightarrow T} F(t) = 0. \quad (6)$$

Если рассматриваемая система не подвергается ремонтным воздействиям, т. е. процесс старения системы не сопровождается процессом ее восстановления, то потенциал работоспособности системы естественно представить в виде

$$P(t) = P_0 F(t), 0 \leq t < T, \quad (7)$$

где P_0 — потенциал работоспособности новой системы.

Процесс восстановления работоспособности системы моделируется как случайный процесс — последовательность ремонтных воздействий.

На временном промежутке $(0, t)$ рассмотрим последовательность моментов времени — моментов ремонтных воздействий

$$\{t_k\}_{k=1}^{N_t}; t_1, t_2, \dots, t_{N_t}, \quad (8)$$

где N_t — число ремонтных воздействий на временном промежутке $(0, t)$ — случайная величина.

Предположим, что c помощью диагностических средств точно определяется состояние системы в момент t_k , когда возникает потребность в ремонтном воздействии, и после выполнения ремонтных работ устраняются все

имеющиеся неисправности. Тогда вероятное состояние системы в будущем не будет зависеть от того, как реализовался процесс ее восстановления в прошлом и, следовательно, процесс восстановления можно моделировать как марковский процесс.

В соответствии со сказанным будем считать, что случайная величина N имеет пуассоновское распределение

$$P\{N_t = n\} = e^{-\lambda t} \frac{(\lambda t)^n}{n!}, \quad (9)$$

где λ — интенсивность потока ремонтных воздействий, отнесенная к единице времени.

Еще раз отметим, что многочисленные исследования подтверждают пуассоновский характер распределения потока заявок на ремонт.

Последовательность (8) моментов ремонтных воздействий — последовательность независимых случайных величин, равномерно распределенных на интервале $(0, t)$, и, следовательно, их плотность распределения

$$P_k = \Pi(t_k) - \Pi(t_k - 0) = c_k F(t_k) - c_{k-1} F(t_k), \quad c_k > c_{k-1} > 0, \quad (10)$$

влекущий за собой переход $\Pi(t)$ с одной из линий старения на другую: большим значением параметра c . В (10) $\Pi(t_k - 0)$ — предел слева

$$q(u) = \begin{cases} 0, & -\infty < u \leq 0, \\ \frac{1}{t}, & 0 < u \leq t, \\ 0, & t < u < +\infty. \end{cases}$$

Предполагается, что при каждой реализации рассматриваемого процесса случайные величины t_k занумерованы таким образом, что их реализации образуют монотонно возрастающую последовательность.

Состояние системы, подвергающейся ремонтным воздействиям, моделируется случайной функцией $\Pi(t)$, названной потенциалом работоспособности системы. На каждом интервале (t_k, t_{k+1}) — в промежутке между двумя ремонтными воздействиями, соответствующая реализация функции $\Pi(t)$ совпадает с одной из функций $y(t; c)$ однопараметрического семейства (4). Результат ремонтного воздействия в момент t описывается как скачок потенциала:

функции $\Pi(t)$ при $t \rightarrow t_k$. В соответствии с (10) каждая реализация функции $\Pi(t)$ непрерывна справа на $[0, T)$.

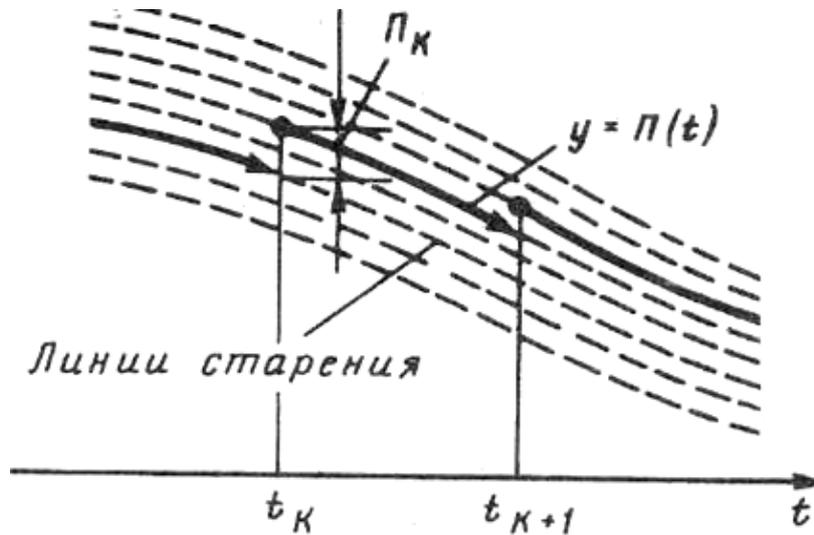


Рисунок 1.

На рис. 1 жирной линией показан график реализации случайной функции $\Pi(t)$; t_k, t_{k+1} — моменты последовательных ремонтных воздействий; пунктирные линии — линии старения, графики функций семейства (4) — решений основного уравнения старения (2).

Соответствующая (8) последовательность скачков потенциала работоспособности системы в результате ремонтных воздействий $\{\Pi_k\}$ —

последовательность независимых одинаково распределенных случайных величин, принимающих положительные значения, с функцией распределения $H(u)$. Математическое ожидание и дисперсия скачков потенциала работоспособности системы определяются соответственно равенствами

$$M[\Pi_k] = \int_0^\infty u dH(u), \quad D[\Pi_k] = \int_0^\infty u^2 dH(u) - (M[\Pi_k])^2. \quad (11)$$

В соответствии со сказанным, потенциал работоспособности системы с формирующей функцией $F(t)$ (5) назовем случайную

функцию $\Pi(t)$, для реализации которой имеют место представления

$$\Pi(t) = \Pi_0 F(t) + \eta(t) = \Pi_0 F(t) + \sum_{k=1} \Pi_k F_+(t, t_k), 0 \leq t < T, \quad (12)$$

где

$$F_+(t, t_k) = \begin{cases} 0, & 0 \leq t < t_k, \\ F(t)/F(t_k), & t_k \leq t < T, \end{cases} \quad (13)$$

— функция единичного скачка в момент t_k , Π_0 — потенциал работоспособности новой системы, t_k — точки последовательности (3.4) — моменты ремонтных воздействий, Π_k — соответствующие скачки потенциала работоспособности в результате ремонтных воздействий, N_t — число ремонтных воздействий на временном промежутке $(0, t)$.

В соответствии с (12) каждая реализация потенциала работоспособности системы обладает следующими свойствами:

1) $\Pi(0) = \Pi_0$ — в начальный момент потенциал работоспособности равен потенциалу работоспособности новой системы;

2) первое слагаемое в (12) описывает детерминированный процесс "чистого старения", второе слагаемое отражает стохастический процесс восстановления работоспособности системы;

3) для любого момента $t' \in (0, T)$ в силу (12) и (13)

$$\Pi(t) = c_{t'} F(t) + \sum_{k=N_{t'}+1} \Pi_k / F(t_k), t' \leq t < T, \quad (14)$$

где константа

$$c_{t'} = \Pi(t')/F(t') = \sum_{k=0}^{N_{t'}} \Pi_k / F(t_k), t_0 = 0,$$

$$\begin{aligned} \Pi(t) &= \sum_{k=0}^n \Pi_k F(t)/F(t_k) = \frac{F(t)}{F(t_n)} \sum_{k=0}^n \Pi_k F(t_k)/F(t_k) = \\ &= \frac{F(t)}{F(t_n)} \sum_{k=0}^n Y_{t_n}(k) \end{aligned}$$

- свойство аддитивности результатов ремонтных воздействий.

Заметим, однако, что непосредственное изучение реализаций (12) случайной функции $\Pi(t)$ — потенциала работоспособности системы, мало эффективно. В каком-то смысле это напоминает попытку судить о состоянии автомобилей на напряженной городской магистрали, наблюдая за ними через окно. Даже более того, автомобилей мелкаст много, но по крайней мере конечное число, а возможных реализаций случайной функции $\Pi(t)$ бесконечное множество. С другой стороны, имея в виду, что нас интересует не индивидуальный, конкретный автомобиль, а

и, следовательно, для каждой реализации потенциал работоспособности системы $\Pi(t)$ при $t' > t$ не зависит от предыстории, от значений потенциала работоспособности при $t < t'$;

4) в силу (14) для любого $t' \in (0, T)$, $\Pi(t) = c_{t'} F(t)$, $t_{N_{t'}} \leq t < t_{N_{t'}+1}$,

т. е. для каждой реализации на участке между двумя последовательными ремонтными воздействиями функция $\Pi(t)$ совпадает с одной из функций семейства (4) (ее график совпадает с одной из линий старения), а при $t = t_{N_{t'}+1}$ в соответствии с (10)

$$\Pi(t_{N_{t'}+1}) = c_{t'} F(t_{N_{t'}+1}) + \Pi_{N_{t'}+1}.$$

Таким образом, любая реализация случайной функции $\Pi(t)$, определяемая формулой (12), представляет собой кусочно-монотонно убывающую непрерывную справа функцию (см., например, рис. 3.1);

5) обозначим для фиксированного t

$$Y_t(k) = \Pi_k F_+(t, t_k), k = 0, 1, 2, \dots, \quad (15)$$

и пусть $N_t = n$. Тогда на участке $t_n \leq t < t_{n+1}$,

средний автомобиль (средняя система) представляющий большое число автомобилей (систем) рассматриваемого класса, естественно воспользоваться детерминированными характеристиками случайной функции $\Pi(t)$ — ее математическим ожиданием и дисперсией.

Для определенного формулой (12) потенциала работоспособности системы:

математическое ожидание

$$\bar{\Pi}(t) = M(\Pi(t)) = \Pi_0 F(t) + \lambda \bar{\Pi}_k \int_0^t \frac{F(t)}{F(u)} du, \quad (16)$$

дисперсия

$$D(\Pi(t)) = \lambda m_2 \int_0^t \left(\frac{F(t)}{F(u)}\right)^2 du. \quad (17)$$

Здесь в соответствии с (8)

$$\bar{\Pi}_k = M(\Pi_k) = \int_0^\infty u dH(u), \quad (18)$$

$$m_2 = \int_0^\infty u^2 dH(u) = D(\Pi_k) + (M(\Pi_k))^2, \quad (19)$$

где $M(\Pi_k)$, $D(\Pi_k)$ — соответственно математическое ожидание и дисперсия случайной величины Π_k — скачков потенциала работоспособности системы в результате ремонтных воздействий; λ — интенсивность потока ремонтных воздействий (9).

Полученные детерминированные соотношения, и в первую очередь (16), можно рассматривать в качестве имитационной модели одновременно протекающих процессов старения и восстановления системы. В уравнении (16) функция $F(t)$ отражает характер старения моделируемой системы, величина $\bar{\Pi}_k$ — интенсивность ремонтных воздействий на систему (произведение интенсивности потока ремонтных воздействий на среднюю величину скачка потенциала работоспособности системы в результате одного ремонтного воздействия).

Список литературы:

1. Авдеев М.В. Технологии ремонта машин и оборудования (по спец. 1509 «Механизация сельского хозяйства») / М.В. Авдеев, Е.Л. Воловик, И.Е. Ульман. — Москва : Агропромиздат, 1986. — 248 с.
2. Авдонькин Ф.Н. Оптимизация изменения технического состояния автомобиля / Ф.Н. Авдонькин. — Москва : Транспорт, 1993. — 349 с.
3. Анисимов В. Н. Молекулярные и физиологические механизмы старения. СПб.: Наука, 2003. 468 с.
4. Восстановление деталей автомобиля КАМАЗ / Р.А. Азаматов, В.Г. Дажин, А.Т. Кулаков, А.И. Модин ; под ред. В.Г. Дажина. — Набережные Челны : КАМАЗ, 1994. — 215 с.
5. Бондаренко Е.В. Методика размерного обоснования составных частей автомобильных двигателей при ремонте на основе обеспечения выходных параметров : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.10 / Е.В. Бондаренко. — Оренбург, 1996. — 127 с.
6. Гамаюнов П.П., Баламирзоев А.Г., Игитов Ш.М. Моделирование прогнозирования показателей ремонтпригодности изделий // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. — 2019. — № 4 (6). — С.52-63.
7. Григорьев М.А. Износ и долговечность автомобильных двигателей / М.А. Григорьев, Н.Н. Пономарев. — Москва : Машиностроение, 1976 — 246 с.
8. Денисов А.С. Основы формирования эксплуатационно-ремонтного цикла автомобилей / А.С. Денисов. — Саратов : СГТУ, 1999. — 352 с.
9. Дехтеринский Л.В. Оценка ремонтпригодности двигателей : учеб. пособие / Л.В. Дехтеринский, В.П. Апсин, С.Б. Норкин. — Москва : МАДИ, 1987. — 55 с.
10. Конструирование двигателей внутреннего сгорания : учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Двигатели внутреннего сгорания» направления подготовки «Энергомашиностроение» / Н.Д. Чайнов, Н.А. Иващенко, А.Н. Краснокутский, Л.Л. Мягков; под ред. Н.Д. Чайнова. — Москва: Машиностроение, 2008. — 494 с.
11. Малаховецкий А.Ф. Повышение надежности турбокомпрессоров автотракторных двигателей путем снижения их теплонапряженности : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.10 / А.Ф. Малаховецкий. — Саратов, 2004. — 116 с.
12. Митропольский А.К. Техника статистических вычислений / А.К. Митропольский. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Наука, 1971. — 571 с.
13. Моделирование процессов восстановления машин / В.П. Апсин, Л.В. Дехтеринский, С.Б. Норкин, В.М. Приходько. — Москва : Транспорт, 1996. — 311 с.
14. Моисеев Н.Н. Численные методы в теории оптимальных систем / Н.Н. Моисеев. — Москва : Наука, 1971. — 424 с.
14. Молибошко Л.А. Компьютерное моделирование автомобилей : учеб. пособие для студентов специальности «Автомобилестроение» учреждений, обеспечивающих получение высшего образования / Л.А. Молибошко. — Минск: ИВЦ Минфина, 2007. — 280 с.
15. Обеспечение работоспособности турбокомпрессоров автотракторных двигателей : научное издание / А.С. Денисов, А.Т. Кулаков, А.Р. Асоян, А.А. Коркин. — Саратов : СГТУ, 2012. — 155 с.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ И ОБОБЩЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ
ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОЦЕССОВ ГИДРОДИНАМИКИ В ТРУБАХ С ЛОКАЛЬНЫМИ
ТУРБУЛИЗАТОРАМИ**

Ибрагимов Умиджон Хикматуллаевич

*Доктор философии (PhD) по техническим наукам, доцент
Каршинский инженерно-экономический институт
Узбекистан, г. Карши*

Абдиназаров Сарвар Бурханович

*Каршинский инженерно-экономический институт
Узбекистан, г. Карши*

Пардаев Зокир Элмуродович

*Каршинский инженерно-экономический институт
Узбекистан, г. Карши*

Аванесов Тигран Рубенович

*Каршинский инженерно-экономический институт
Узбекистан, г. Карши*

**EXPERIMENTAL STUDY AND GENERALIZATION OF RESULTS OF RESEARCH PROCESSES
OF HYDRODYNAMICS IN PIPES WITH LOCAL TURBULATORS**

Ibragimov Umidjon KHikmatullaevich

*Doctor of Philosophy (PhD) on technical sciences, assistant professor
Karshi Engineering and Economic Institute
Uzbekistan, Karshi*

Abdinazarov Sarvar Burkhanovich

*Karshi Engineering and Economic Institute
Uzbekistan, Karshi*

Pardaev Zokir Elmurodovich

*Karshi Engineering and Economic Institute
Uzbekistan, Karshi*

Avanesov Tigran Rubenovich

*Karshi Engineering and Economic Institute
Uzbekistan, Karshi*

АННОТАЦИЯ

Целью работы является определение гидравлического сопротивления в трубах с локальными турбулизаторами. Для достижения поставленной цели проведены экспериментальные исследования, получены результаты и предложены обобщающие эмпирические зависимости по гидравлическому сопротивлению в трубах с локальными турбулизаторами. Полученные результаты отличаются от известных тем, что впервые предложены эмпирические зависимости для определения гидравлического сопротивления в трубах с локальными турбулизаторами, что позволило существенно повысить достоверность полученных результатов.

ABSTARCT

The purpose of the work is to determine the hydraulic resistance of pipes with local turbulators. To achieve this goal, an experimental study was carried out, results were obtained and generalizing empirical dependences on the hydraulic resistance of pipes with local turbulators were proposed. The results obtained differ from the known ones in that for the first time empirical dependences were proposed to determine the hydraulic resistance in pipes with local turbulators, which made it possible to significantly increase the reliability of the results obtained.

Ключевые слова: теплообменник; локальный турбулизатор; относительный шаг; относительный диаметр; ламинарный режим; турбулентный режим.

Key words: heat exchanger; local turbulator; relative pitch relative diameter; laminar mode; turbulent mode.

Введение. В настоящее время один технически и экономически обоснованных путей повышения энерго- и ресурсосбережение является совершенствование теплообменных аппаратов энерготехнологических установок [1; с. 81].

Теплообменные аппараты – устройства, предназначенные для передачи теплоты от одного теплоносителя к другому. Они широко применяются в энергетике, химической, нефтеперерабатывающей, пищевой

промышленности, холодильной технике, в системах отопления и горячего водоснабжения [2; с. 6].

Сегодня, примерно 80-90% всего рынка теплообменников в промышленности и энергетике приходится на трубчатые теплообменники различных типов и назначений. Главное их преимущество – широкий диапазон рабочих температур и давлений, возможность использования в различных отраслях

промышленности и видах технических устройств и технологий. Однако большинству промышленных трубчатых теплообменников свойственны невысокие показатели эффективности [2; с. 7, 3; с. 4].

Технические требования к повышению тепловых характеристик теплообменных аппаратов, приводящие к экономии энергии, материала и снижению стоимости, и как итог уменьшение воздействия на экологию, привело к разработке и использованию различных методов повышения теплоотдачи. Эти методы получили название интенсификация процессов теплоотдачи [4; с. 65]. Поэтому интенсификации теплообмена в трубах теплообменника - реальный путь к уменьшению габаритов и массы теплообменного устройства [5; с. 56]. С целью интенсификации теплообмена и резкого снижения образования отложений на теплообменивающих поверхностях было предложено [6; с. 28] устанавливать в трубах теплообменника локальные турбулизаторы (ЛТ) потока воды.

Экспериментальная часть. Для исследования процессов гидродинамики и теплообмена в трубах теплообменника с локальными турбулизаторами (ЛТ) разработана экспериментальная установка, приведенная в работе [6; с. 32]. Экспериментальное исследование влияния ЛТ на гидродинамику проводилось на горячем контуре экспериментальной установки. Экспериментальные исследования проводились в следующем диапазоне основных параметров: расход воды, $G=0,004\pm 0,13$ кг/с, температура воды на входе $t'_1 = 70^\circ\text{C}$.

Для проверки экспериментальной установки на достоверность были проведены эксперименты по гидродинамике и теплообмену в гладкой трубе.

Полученные результаты обобщены и получены эмпирические уравнения для определения гидравлического сопротивления и теплоотдачи в гладких трубах.

а) для ламинарного режима течения:

$$\xi = \frac{0,471}{Re_{ж}^{0,641}} \left(\frac{Pr_{ст}}{Pr_{ж}}\right)^{0,408} \left(\frac{Gr_{ж}Pr_{ж}}{Re_{ж}}\right)^{0,319} \quad (1)$$

Формула (1) справедлива в пределах $600 < Re < 2200$; $1 < Pr_{ст}/Pr_{ж} < 1,2$; $3 \cdot 10^6 < Gr_{ж} < 6 \cdot 10^6$. Погрешность вычислений $\pm 5\%$.

б) для турбулентного режима течения:

$$\xi = \frac{0,297}{Re_{ж}^{0,25}} \left(\frac{Pr_{ст}}{Pr_{ж}}\right)^{1/3} \quad (2)$$

Формула (2) справедлива в пределах $10000 < Re < 18000$; $1,2 < Pr_{ст}/Pr_{ж} < 1,6$. Погрешность вычислений $\pm 6\%$.

Результаты проведенных экспериментов на гладкой трубе показывают, что полученные данные с достаточной точностью совпадают с результатом по известной формуле (10.61) и (10.62) [7; с. 250].

Полученные экспериментальные результаты по гидравлическому сопротивлению при ламинарном и турбулентном течении, при различных относительных шагах (s/d_1) и относительных диаметрах (d_2/d_1) ЛТ представлены в виде графиков $\xi = f(Re)$.

На рис. 1 и 2 представлены результаты эксперимента о влиянии относительного шага и относительного диаметра на гидравлическое сопротивление.

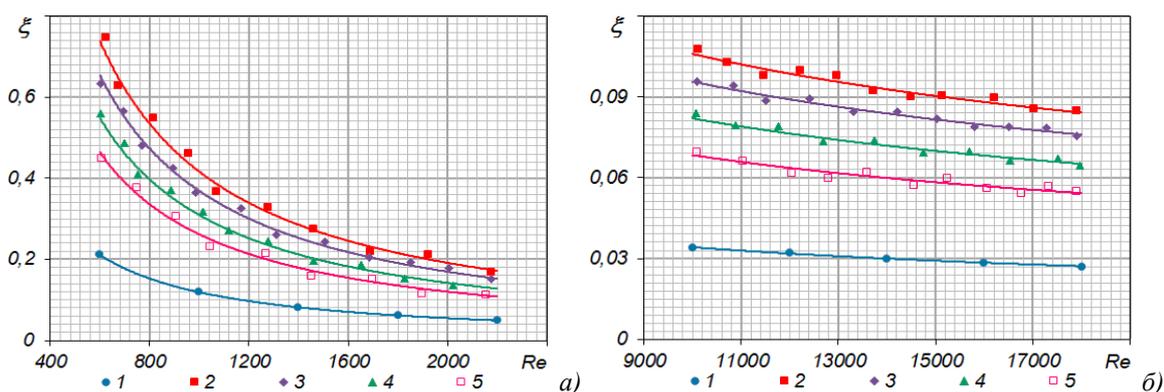


Рис. 1. Зависимости гидравлического сопротивления от относительного шага ЛТ при ламинарном (а) и турбулентном (б) режимах течения: 1-гладкая труба; 2- $s/d_1=4$; 3- $s/d_1=5$; 4- $s/d_1=6$; 5- $s/d_1=7$.

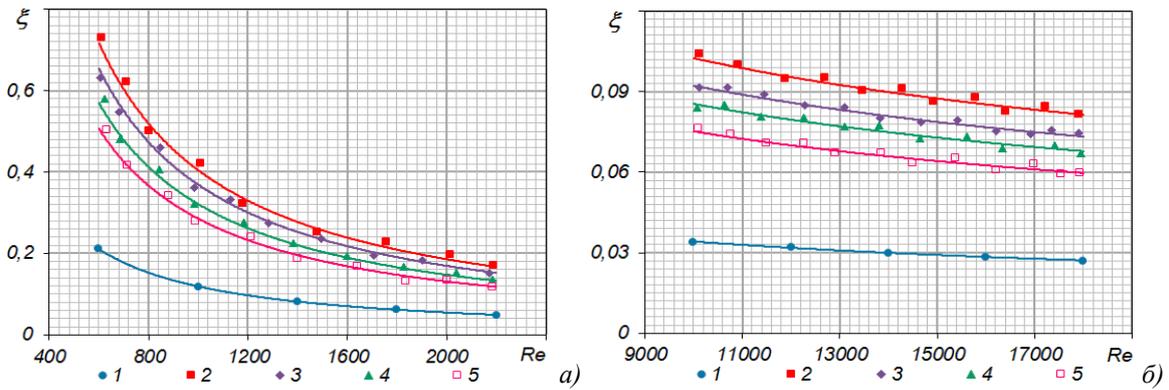


Рис. 2. Зависимости гидравлического сопротивления от относительного диаметра ЛТ при ламинарном (а) и турбулентном (б) режимах течения:

1-гладкая труба; 2- $d_2/d_1=0,7$; 3- $d_2/d_1=0,6$; 4- $d_2/d_1=0,5$; 5- $d_2/d_1=0,4$.

Из рис. 1 и 2 видно, что рост гидравлического сопротивления непосредственно зависит от относительного шага и относительного диаметра ЛТ. С увеличением относительного шага ЛТ гидравлическое сопротивление уменьшается и наоборот. С увеличением относительного диаметра ЛТ гидравлическое сопротивление увеличивается и наоборот. При изменении относительных шагов ЛТ в пределах $s/d_1=4\div 7$ гидравлическое сопротивление в трубах с ЛТ, в сравнении с гладкими трубами, при ламинарном режиме течения больше в 2,2÷3,5 раза, при турбулентном режиме течения в 2,0÷3,2 раза. При изменении относительных диаметров ЛТ в пределах $d_2/d_1=0,4\div 0,7$ гидравлическое сопротивление в трубах с ЛТ, в сравнении с гладкими трубами при ламинарном режиме течения больше в 2,3÷3,4 раза, при турбулентном режиме течения в 2,2÷3,2 раза. Из этого видно, что значение гидравлического сопротивления в трубах с ЛТ, в сравнении с гладкой трубой, на 200-340% больше. Из общего анализа результатов экспериментальных исследований можно сказать, что при ламинарном и турбулентном режимах течения значения гидравлического сопротивления имеют максимальное при $s/d_1=4$ и $d_2/d_1=0,7$, и минимальное при $s/d_1=7$ и $d_2/d_1=0,4$.

Обобщение полученных экспериментальных результатов. Исследования проводились методом активного эксперимента.

Данный метод эксперимента основан на использовании определенных искусственных возмущений, вводимых в объект в соответствии с планом эксперимента.

Определение номенклатуры варьируемых факторов и контролируемого параметра. На средней теплоотдаче на гидравлическое сопротивление влияют три фактора: число Рейнольдса (Re), число Прандтля (Pr), относительный шаг (s/d_1) и относительная диаметр (d_2/d_1) ЛТ.

Варьируемые факторы: x_1 – число Рейнольдса; x_2 – число Прандтля; x_3 – относительный шаг турбулизатора s/d_1 ; x_4 – относительная высота турбулизатора d_2/d_1 ;

Изучаемый отклик: Y – значение критерия Nu, ξ .

В результате данного экспериментального исследования получены критериальные уравнения для теплоотдачи вида $Nu = A Re^n \left(\frac{Pr_c}{Pr_{жк}}\right)^m \left(\frac{s}{d_1}\right)^k \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^p$ и для гидравлического сопротивления вида $\xi = A Re^n Pr^m \left(\frac{s}{d_1}\right)^k \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^p$ для различных конструкций ЛТ.

При выборе диапазона факторов применим интервалы варьирования относительного шага ЛТ и относительной высоты ЛТ (табл. 1).

Таблица 1

Конструктивные характеристики ЛТ

Фактор	Размерность	Значение -1	Значение +1
x_1	-	600	2200
x_2	-	1	1,2
x_3	-	4	7
x_4	-	0,4	0,7

На основе обобщения полученных экспериментальных результатов в трубах с ЛТ при ламинарном и турбулентном режимах течения, были получены следующие эмпирические уравнения для определения гидравлического сопротивления и теплоотдачи в трубах с ЛТ:

а) для ламинарного режима течения:

$$\xi = 2756 Re^{-1,1} \left(\frac{Pr_{ст}}{Pr_{жк}}\right)^{0,368} \left(\frac{s}{d_1}\right)^{-0,832} \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^{0,17} \quad (3)$$

Формула (3) справедлива в пределах $Re=600\div 2200$, $Pr_{ст}/Pr_{жк}=1\div 1,2$; $Pr=2,6\div 3$, $s/d_1=4\div 7$, $d_2/d_1=0,4\div 0,7$. Погрешность вычислений $\pm 6\%$.

а) для турбулентного режима течения:

$$\xi = 53,8Re^{-0,567} \left(\frac{Pr_{ст}}{Pr_{ж}}\right)^{-0,54} \left(\frac{s}{d_1}\right)^{-0,536} \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^{0,17} \quad (4)$$

Формула (4) справедлива в пределах $Re=10000 \div 18000$, $1,2 < Pr_{ст}/Pr_{ж} < 1,6$; $s/d_1=4 \div 7$, $d_2/d_1=0,4 \div 0,7$. Погрешность вычислений $\pm 6\%$.

Оценка адекватности теоретических и экспериментальных результатов исследований. Для количественной оценки связи экспериментально и аналитически полученных величин строились диагональные графики, в результате чего оценка степени тесноты связи между величинами сводилась к получению коэффициента корреляции по формуле

$$r = \sqrt{1 - \left(\frac{S_y}{r_y}\right)^2} \quad (5)$$

Адекватность оценивалась по критерию Фишера [8; с. 75]:

$$F_p = \frac{S_{ад}^2}{S_y^2} \quad (6)$$

где $S_{ад}$ – дисперсия адекватности модели, S_y – дисперсия воспроизводимости величины y .

Дисперсия адекватности находится по формуле:

$$S_{ад}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y - \hat{y})^2}{f_1} \quad (7)$$

где y – теоретическая функция; \hat{y} – искомая функция; f_1 – число степеней свободы.

Дисперсия воспроизводимости находится по формуле:

$$S_y^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y - \bar{y})^2}{n-1} \quad (8)$$

где \bar{y} – среднееарифметические значения по y ; n – число наблюдений.

По таблице значений критерия Фишера с учетом доверительной вероятности и числа степеней свободы найдется соответствующее значение. Если расчетное значение критерия Фишера получилось меньше табличного $F_p < F_T$, то полученная модель адекватна экспериментальным данным, если больше то $F_p > F_T$ -модель неадекватна.

Адекватность теоретических и экспериментальных исследований оценены по критерию Фишера. По таблице значений критерия Фишера с учетом доверительной вероятности $P=0,99$, при числе степеней свободы $f_1 = 75$ и числе наблюдений $n = 79$ найдем соответствующее значение $F_T = 1,51$. Для формулы (3) расчетное значение критерия Фишера $F_T = 0,95$, для формулы (4) $F_T = 0,91$. Следовательно, во всех случаях $F_p < F_T$, модели адекватны. Все полученные эмпирические уравнения адекватны и они могут

быть использованы для проектирования теплообменника с ЛТ.

Выводы.

1. Проведено экспериментальное исследование, обобщены экспериментальные результаты и получены эмпирические уравнения, определяющие гидравлическое сопротивление в гладких трубах, определено, что их результаты с достаточной точностью совпадают с результатами известных уравнений.

2. Экспериментально исследовано влияние относительного шага и относительного диаметра ЛТ на гидравлическое сопротивление в трубах с ЛТ. На основе результатов определено, что в трубах с ЛТ, относительно гладкой трубы гидравлическое сопротивление больше в $2 \div 3,4$ раза.

3. Получены эмпирические уравнения с высокой точностью для определения гидравлического сопротивления при различных относительных шагах и относительных диаметрах локального турбулизатора в трубах с локальными турбулизаторами с погрешностью при ламинарном и турбулентном режимах течений $\pm 6\%$.

4. Оценены адекватности теоретических и экспериментальных данных по критерию Фишера по гидродинамики в трубах с ЛТ и представлены адекватные модели для гидравлического расчета теплообменника с ЛТ.

Список литературы.

1. Ибрагимов У.Х., Мухиддинов Д.Н., Узакон Г.Н. Современное состояние проблемы интенсификации теплообмена в промышленности (обзор). // Научно-технический журнал ФерПИ. – Фергана, ФерПИ, 2018 (спец. вып.). – с. 81-86.
2. Мухиддинов Д.Н., Ибрагимов У.Х., Абдиназаров С.Б., Шомуратова С.М. Научные основы и промышленное применение интенсификации теплообмена: Монография. – Т.: «Voriz – nashriyot», 2019. – 134 с.
3. Попов И.А., Гортышов Ю.Ф., Олимпиев В.В. Промышленное применение интенсификации теплообмена – современное состояние проблемы (обзор) // Теплоэнергетика. – Москва, 2012. – № 1. – с. 3-14.
4. Попов И.А., Махьянов Х.М., Гуреев В.М. Физические основы и промышленное применение интенсификации теплообмена: Интенсификация теплообмена: монография / Под общ. ред. Ю.М. Гортышова. – Казань: Центр инновационных технологий, 2009. – 560 с.
5. Ибрагимов У.Х., Бабаходжаев Р.П., Узакон Г.Н., Хамраев Т.Я., Боймуродова Х.У. Экспериментальное исследование гидродинамики в трубках теплообменника при применении локальных турбулизаторов. // Молодой ученый. – Казань. Изд-во Молодой ученый, 2013. - №3(50). – с. 56-58.
6. Ибрагимов У.Х. Разработка энергосберегающего теплообменного аппарата с интенсификацией теплообмена в трубах: Автореферат диссертации (PhD) доктора

философии по техническим наукам. – Т.: ТашГТУ. 2020. – 48 с.

7. Каневец Г.Е. Обобщенные методы расчета теплообменников. – Киев: Наук. думка, 1979. – 352 с.

8. Бабин А.В., Ракипов Д.Ф. Организация и математическое планирование эксперимента. Екатеринбург, Уральский Федеральный Университет, 2014. – 113 с.

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЫБОРА СРЕДЫ НА РАЗМЕР И ФОРМУ КОНГЛОМЕРАТОВ ИЗ НАНОЧАСТИЦ МЕДИ, ПОЛУЧАЕМЫХ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОГО ДИСПЕРГИРОВАНИЯ

Кликин Евгений Геннадьевич

Инженер

Юго-Западный государственный университет

г. Курск

Лавров Роман Владимирович

Кандидат технических наук, доцент

Юго-Западный государственный университет

г. Курск

STUDY OF INFLUENCE OF THE CHOICE OF MEDIUM ON THE SIZE AND SHAPE OF CONGLOMERATES OF COPPER NANOPARTICLES, OBTAINED BY METHOD OF ELECTROEROSIVE DISPERSION

Klikin Evgeny Gennadievich

Engineer

Southwestern State University,

Kursk

Lavrov Roman Vladimirovich

Candidate of technical sciences, associate professor

Southwestern State University,

Kursk

АННОТАЦИЯ

Цель. Получение конгломератов из наночастиц меди методом электроэрозионного диспергирования в различных жидких средах (в дистиллированной воде, в водных растворах крахмала различных концентраций, в гексане, в ацетоне, в средах некоторых одноатомных спиртов - этиловом, изопропиловом, изоамиловом). Оценка влияния выбора среды на размер и форму получаемых конгломератов.

Методы. Применялись методы, основанные на визуальном наблюдении за полученными частицами с использованием цифрового микроскопа при увеличении 600х и 1000х.

Результаты. Представлены результаты в виде микрофотографий полученных частиц.

Выводы. Сделаны выводы по изучению влияния различных сред, различных концентраций ВМС (водных растворов крахмала) на размер, форму и упорядоченность получаемых конгломератов.

ABSTRACT

Aim. Obtaining conglomerates from copper nanoparticles by the method of electroerosive dispersion in various liquid media (in distilled water, in aqueous solutions of starch of various concentrations, in hexane, in acetone, in the media of some monohydric alcohols - ethyl, isopropyl, isoamyl). Assessment of the influence of the choice of medium on the size and shape of the received conglomerates.

Methods. Methods based on visual observation of the obtained particles using a digital microscope at 600x and 1000x magnifications were used.

Results. The results are presented in the form of micrographs of the obtained particles.

Conclusions. Conclusions are drawn on the study of the influence of various environments, different concentrations of IUDs (aqueous solutions of starch) on the size, shape and ordering of the received conglomerates.

Ключевые слова: векторы, электроэрозионное диспергирование, фрактальные размерности, конгломераты, эффект исключенного объема.

Key words: vectors, electroerosive dispersing, fractal dimensions, conglomerates, excluded volume effect.

В нашей стране, как и во всем мире, ведутся эксперименты по получению наноразмерных объектов, за которыми стоит будущее (данные разработки могут иметь решающую роль в виде прорывных нанотехнологий в различных отраслях человеческой деятельности). Следует отметить наиболее важную область данных разработок –

медицину (особенно в лечении онкозаболеваний). Главная сложность в лечении онкологии – избирательное уничтожение метастазов. Основным методом лечения, как и полвека назад, остается химиотерапия. Однако, как показала практика, данный способ лечения весьма низкоселективен в отношении раковых клеток, к тому же

используемые препараты могут поражать и здоровые ткани, что представляет опасность для пациента. Поэтому ведутся разработки по созданию микро и наноразмерных комплексов со встроенными структурами-векторами, способными связываться только с антигенами опухолевых клеток, что позволит избирательно уничтожать данные клетки. Следует отметить, что в ВУЗах нашей страны удается создавать некое подобие данных структур-векторов (например, получены наноразмерные нити длиной 15-20 нм., способные перемещаться в жидких средах), однако, создавать более сложные микро и наноконструкции, выполняющие свои функции, пока не удастся [4, с. 55].

Представлял научный интерес изучить влияние некоторых сред на размер, форму и упорядоченность получаемых структур из наночастиц меди.

Используемое оборудование, материалы:

Для получения данных структур использовались измельченные куски медной проволоки размером около 5 мм. Данный материал

помещался в пластиковую емкость, заполненную рабочей жидкостью. Электроэрозионное диспергирование проводили при следующих параметрах: напряжение электрического тока 220 В, частота тока составляла 50Гц, емкость конденсатора сопротивления- 10 мкФ [1, с. 9].

Для предотвращения процесса самоторможения емкость помещалась на устройство для встряхивания (Шейкер ЭКРОСХИМ ПЭ-6410). Для наблюдения за получаемыми частицами использовался цифровой USB микроскоп G600 (600X). В результате локального воздействия электрических разрядов между медными электродами происходило разрушение металла с образованием зародышевых структур (наночастиц), с последующим их ростом и самоорганизацией в конгломераты, видимые в световом микроскопе.

Представлены микрофотографии полученных конгломератов в дистиллированной воде и в коллоидных растворах крахмала разных концентраций.

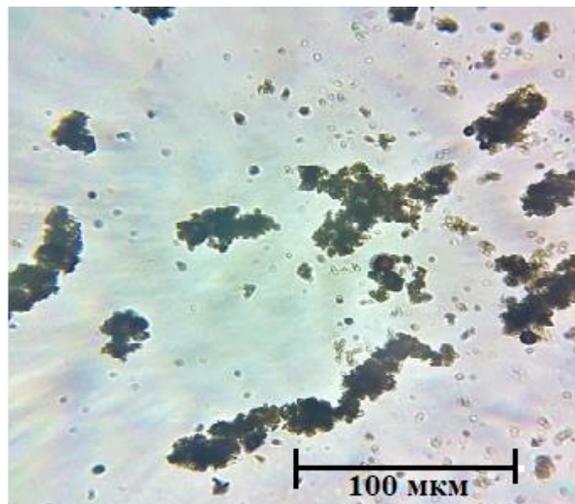


Рисунок 1. Микрофотография конгломератов из наночастиц меди, полученных в дистиллированной воде. Напряжение переменного тока 220 В, частота 50 Гц. Увеличение 600х.

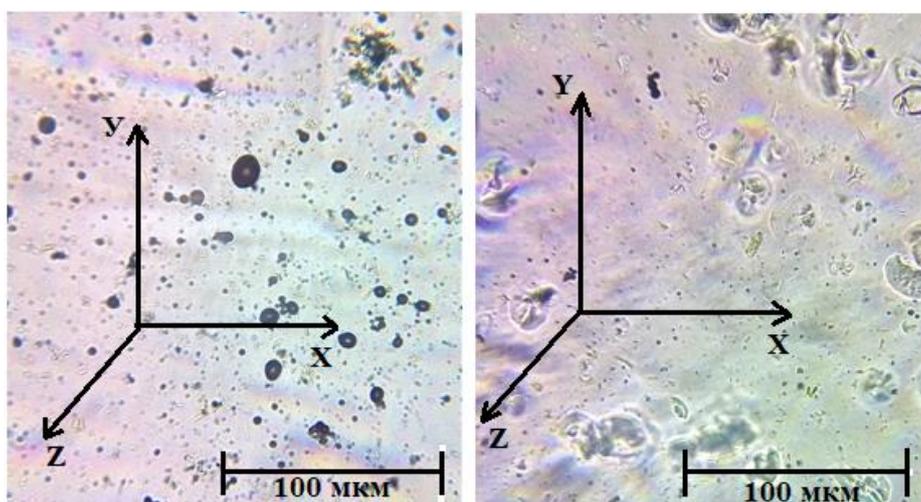


Рисунок 2. Микрофотографии конгломератов из наночастиц меди в коллоидных растворах крахмала (рис. слева – в 0,5% растворе, рис. справа – в 5% растворе). Напряжение 220 В, частота 50Гц. Увеличение 600х. [5, с. 15].

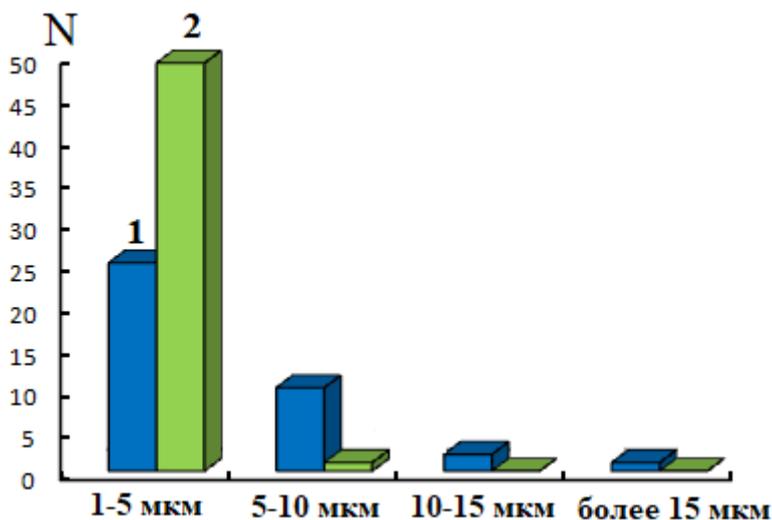


Рисунок 3. Фракционный состав (по размерам) полученных конгломератов в 0,5% (1) и 5% (2) коллоидных растворах крахмала. Площадь участка $S = 104 \text{ мкм}^2$.

Из рис.2 и рис.3 видно, что при десятикратном увеличении концентрации крахмала в растворе число мелких частиц (1-5мкм) увеличилось в 2 раза при полном отсутствии частиц размером более 10 мкм. Таким образом, с ростом концентрации крахмала объем свободного пространства по осям координат x, y, z (рис.2) (с учетом возможного эффекта исключенного объема) снижается, что позволяет получать частицы меньших размеров. Упрощенно можно предположить, что при условии влияния только данного фактора, при $\Delta x = \Delta y = \Delta z$ конгломераты формируются правильной шарообразной формы, при $\Delta x \neq \Delta y \neq \Delta z$, $\Delta x = \Delta y \neq \Delta z$ и $\Delta x \neq \Delta y = \Delta z$ получаемые агрегаты имеют разнообразные неправильные сферические формы. При ведении процесса в дистиллированной воде данный ограничительный фактор отсутствует, что

ведет к формированию крупных конгломератов из наночастиц меди неупорядоченных форм и размеров, сходных с фрактальными множествами Коха (рис.1) [2, с. 63]. Известно, что по своей структуре крахмал – это смесь полисахаридов амилопектина и амилозы, мономерами которых является альфа-глюкоза. Амилопектин образован разветвленными цепочками остатков глюкозы, амилоза также состоит из данных цепочек альфа-глюкозы и имеет как правило линейную структуру [3, с. 12]. Таким образом, можно предположить, что размеры образующихся конгломератов ограничены свободным пространством между разветвленными цепочками амилопектина. Понятно, что с ростом концентрации крахмала объем свободного пространства уменьшается, что приводит к снижению размеров получаемых частиц.

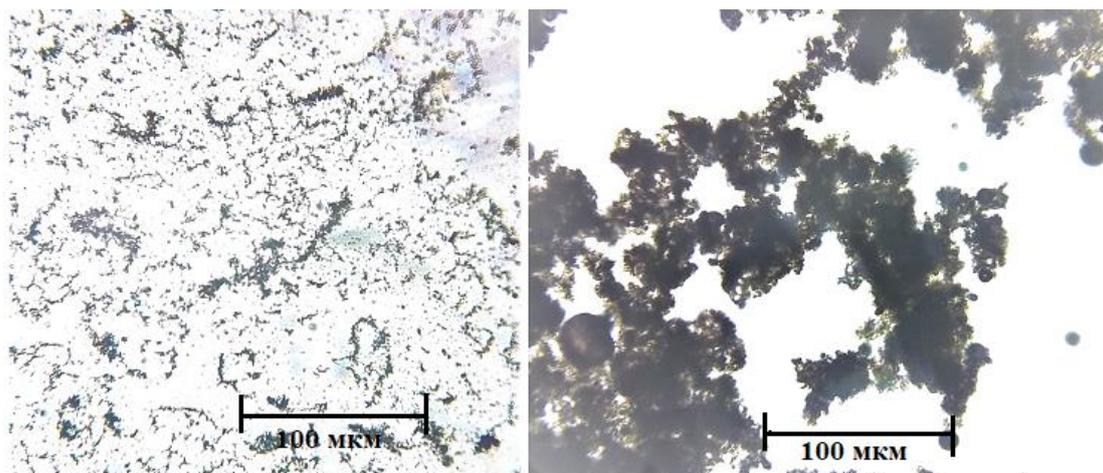


Рисунок 4. Микрофотографии конгломератов (рис. слева – в ацетоне, рис. справа – в 90% водном растворе этанола). Параметры процесса (см. рис. 2). [5, с. 12]

Конгломераты сходных фрактальных размерностей (как на рис. 1 и на рис. 4 справа) были получены и в остальных средах.

Основные параметры, влияющие на размер и форму получаемых агрегатов в растворах ВМС – это вязкость среды (μ) и концентрация ВМС (C). Таким образом, общая зависимость размерностей

конгломератов $f(x_i) = L$. В данном случае $x_1 = \frac{1}{\mu}$, $x_2 = \frac{1}{c}$, $x_3 \dots \dots \dots x_n$ - возможные другие параметры.

Выводы. В рамках проведенного эксперимента установлено, что на размер и форму получаемых конгломератов из наночастиц меди существенно влияет выбор среды в которой протекает процесс. Так, при ведении процесса в дистиллированной воде, в среде низкомолекулярных спиртов (этиловом, изопропиловом, изоамиловом), в ацетоне, гексане, петролейном эфире были получены конгломераты из наночастиц меди крупных неупорядоченных форм и размеров.

После ведения процесса в водных растворах крахмала наблюдались конгломераты сферических и шарообразных форм различных размеров (удавалось наблюдать частицы диаметром около 1 мкм). Не исключено присутствие частиц и более мелких размеров, однако разрешение используемого оптического микроскопа не позволяет их обнаружить.

Была установлена обратная зависимость размеров получаемых конгломератов от концентрации водных растворов крахмала.

Литература:

1. Агеев Е.В., Гулидин С.С., Арсеенко М.Ю. Элементарный состав порошка, полученного электроэрозийным диспергированием сплава ВК8

//Известия Юго-Западного государственного университета. – 2015. - №3(16). – С.8-13.

2. Витюк, Е.Ю. Математические методы в архитектурной теории / Е.Ю. Витюк ; ред. Л.П. Холодова. – Екатеринбург : Архитектон, 2012. – 112 с.

3. Голыбин, В.А. Технология крахмала, крахмалопродуктов и глюкознофруктозных сиропов : учебное пособие / В.А. Голыбин, А.А. Ефремов ; науч. ред. В.А. Голыбин ; Воронежский государственный университет инженерных технологий. – Воронеж : Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2013. – 140 с.

4. Нанотехнологии: новый этап в развитии человечества / Г.И. Миронов, Е.Л. Матвеева, Е.В. Байбакова и др. ; авт. предисл. В.Г. Тимирязов ; авт. введ. С.Ф. Туктамышева ; под ред. В.Г. Тимирязова ; Институт экономики и др. – 2-е изд., доп. и перераб. – Казань : Познание (Институт ЭУП), 2010. – 256 с.

5. Новиков Е.П., Агеева Е.В., Чумак-Жунь Д.А. Изучение формы и морфологии порошка, полученного из отходов алюминия методом электроэрозийного диспергирования // Известия Юго-Западного университета.- 2015.-№4(17). – С.13-17.

СОСТОЯНИЕ ЗАПЕЧАТАННЫХ ПОЧВ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДОВ БАКУ И ГЯНДЖА

*Ибадова Севиндж Ядулла к.,
Мамедова Афэг Галиб к.*

CONDITION OF SEALED SOILS ON TERRITORIES OF BAKU AND GANJA CITIES

*Ibadova Sevinj Yadulla,
Mammadova Afag Galib*

АННОТАЦИЯ

Запечатывание почвенных поверхностей оказывает отрицательное воздействие на экосистему, так как в этом случае городские зеленые и почвенные ресурсы теряются. Хотя есть политическое обязательство прекратить дальнейшее закрепление, в странах СНГ не наблюдается никакого разворота этой тенденции. В настоящем документе поднимаются вопросы: 1) какие стратегии можно считать эффективными в плане экологически устойчивого управления городским уплотнением почвы и 2) кто обладает компетенцией и должен нести ответственность за управление уплотнением почвы? Анализы проводятся в Азербайджане. Оценка стратегий осуществляется с использованием показателей в рамках анализа содержания. Анализируются правовые, неформальные, финансово-экономические, кооперативные и информационные стратегии. Результаты показывают, что существует достаточная основа стратегий для обеспечения городских экосистемных услуг путем защиты городских зеленых и сокращения городских серых, где главной целью является регулирование микроклимата. Вместе с тем в рамках управления уплотнением почв отсутствует пространственный стратегический обзор, а также учет услуг, предоставляемых плодородными почвами.

ABSTRACT

Soil sealing has negative impacts on ecosystem services since urban green and soil get lost. Although there is political commitment to stop further sealing, no reversal of this trend can be observed in countries CIS. This paper raises the questions which strategies can be regarded as being efficient toward ecologically sustainable management of urban soil sealing and who has competences and should take responsibility to steer soil sealing? The analyses are conducted in Azerbaijan. The assessment of strategies is carried out using indicators as part of a content analysis. Legal-planning, informal-planning, economic-fiscal, co-operative, and informational strategies are analyzed. Results show that there is a sufficient basis of strategies to secure urban ecosystem services by protecting urban green and reducing urban gray where microclimate regulation is a main target. However, soil

sealing management lacks a spatial strategically overview as well as the consideration of services provided by fertile soils.

Ключевые слова: почва, герметизация, запечатывание, СНГ, урбанизация, урбанизированные почвы, Азербайджан, Баку, Гянджа.

Key words. Soil, sealing, CIS, Azerbaijan, Baku, Ganja, urban, urban soils.

ВВЕДЕНИЕ

Верхний плодородный слой литосферы (твердой оболочки Земли) – это почва. При виде почвы можно увидеть самостоятельное природное тело, которое представляет собой что-то между веществом живым и мертвым. Почвенное плодородие является самым ценным её качеством, т.е. она способна давать растениям все необходимые для них питательные вещества, в нужной степени влагу. В почве присутствуют минеральные вещества в больших количествах, органические вещества преимущественно происхождения растительного, воды, воздуха и многообразием населяющих её живых организмов [1].

Почва является местообитанием всех подземных сообществ, начиная от млекопитающих, заканчивая одноклеточными живыми организмами, также можно сказать, что в ней содержится больше 30% разнообразия биологического происхождения планеты. Многие ученые утверждают, что в одной столовой ложке почвы живых микроорганизмов в разы больше, чем людей на планете Земля. Биоразнообразие почвы дает ей здоровье и плодородие, при этом питает и защищает растения.

Почва выполняет функцию покрывала и формирования наружную поверхность материков планеты. Это тонкая оболочка вещества живого происхождения, толщина которого составляет не более двух-трех метров и оказывает непосредственное влияние на все происходящие процессы нашей планеты. Является источником продовольственной продукции как для людей, так и для животных [2].

На сегодняшний день урбанизированные почвы в основном не наблюдаются, как независимое тело природного происхождения, а чаще рассматриваются как среда для озеленения, для посадки, выращивания новых деревьев, зеленых насаждений. Как отмечают многие ученые, особо эта проблема замечается в районах с развивающейся урбанизацией, т.е. в строящихся, где участки осваиваются после строительства, по итогам которого начинают происходить заметные изменения горизонтальной и вертикальной структуры исходного почвенного покрова, нарушение морфологического строения, физических и химических свойств почв. Образовываются почвы, являющиеся следствием деятельности человека, т.е. антропогенно-преобразованные почвы и образования поверхностные техногенные.

Развивающийся процесс урбанизации является одной из главных опасностей для поддержания экосистем обеспечивать людей нужной экосистемой. Для городских территорий характерна высокая степень непроницаемости

почвенных поверхностей и сплошные застройки. Таким образом, процесс урбанизации способствует увеличению землеустройства и запечатывания почвы. [3] Земельный участок понимается как преобразование открытых участков в застроенные, запечатанные, а также может включать свободные незапечатанные участки, такие как например сады, скверы. Запечатывание почвы определяется как постоянное запечатывание почвы полностью или частично непроницаемым искусственным материалом [4]. Герметизация городской инфраструктурой, которая включает в себя все формы дорожного покрытия и зданий, особенно негативно сказывается на влияние экосистем на людей. Уплотнение почвы влияет на регулирование услуг путем увеличения поверхностного стока воды [5] и регулирования микроклимата путем повышения температуры [6]. Она сокращает объем предоставляемых услуг, таких как производство продовольствия, поскольку плодородные сельскохозяйственные районы, в частности, теряются. Кроме того, вследствие утраты и фрагментации местообитаний для флоры и фауны герметизация почв оказывает негативное воздействие на вспомогательные услуги и угрожает биоразнообразию городов.

Несмотря на сокращение мирового населения, можно наблюдать постоянное увеличение непроницаемых поверхностей в мире. Необходимость прекращения дальнейшего запечатывания почвы уже повлияла на политику на европейском и национальном уровнях. Однако в период 2000 – 2010 годов можно было наблюдать увеличение искусственных поверхностей на 8,8%, и в 2010 году было запечатано 2,3% европейской территории [7]. В Азербайджане был сформулирован целевой показатель, который рекомендует сократить суточный земельный участок до 30 га дни – 1 в 2020 году. Эта цель представляется трудной для достижения, поскольку в 2010 году все еще 77 га день – 1 были приняты для транспорта и населенных пунктов [8]. В Азербайджане не существует ни цели по снижению герметизации, ни стандартизированного мониторинга герметизации. На сегодняшний день больше 10% территории Азербайджана покрыто непроницаемыми поверхностями [9].

Поскольку города, в частности, характеризуются высокой степенью непроницаемости поверхностей, крайне важно обеспечить экологически устойчивое уплотнение городских почв, чтобы обеспечить способность городских экосистем поддерживать экосистемные услуги для своих жителей. Таким образом, в настоящей статье исследуется какие ответные меры, стратегии и подцели могут рассматриваться как эффективные в направлении экологически

устойчивого управления уплотнением почвы в городах. Азербайджан был выбран в качестве области исследования, поскольку это богатая нефтью страна в СНГ.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование объединяет три шкалы с учетом руководящих компетенций и адресатов на макро-, мезо- и микромасштабе. На макромасштабных регионах (город Гянджа) и столица (Баку). В мезомасштабе были проанализированы сокращающиеся и растущие города с населением более 100 000 человек в Азербайджане, поскольку предполагается, что проблемы, с которыми сталкиваются города, являются особенно сложными из-за больших масштабов. 47% городов СНГ имеют население более 100 000 жителей (данные на 2015 год). Города стран СНГ сталкиваются с экономическими изменениями, такими как деиндустриализация, которые дают городам возможность повторно использовать городские промышленные пустоши, чтобы уменьшить дальнейшее уплотнение. Более того, европейские города сталкиваются с социальной индивидуализацией, что приводит к росту космоса жизни на душу населения. Это препятствует уменьшению земельного захвата и сокращает площадь зеленых городских районов, которые имеют важное значение для предоставления экосистемных услуг. Растущие и сокращающиеся города были разделены, поскольку они сталкиваются с различными проблемами в управлении городами. Два города тематического исследования были выбраны в соответствии с конкретными критериями отбора. Баку был выбран в период с 1998 по 2008 год как самый высокий рост населенных пунктов и транспортных зон в Азербайджане был зафиксирован в городе, несмотря на процессы усадки. Гянджа была выбрана из-за высокого увеличения рекреационных зон, а также как второй по величине большой город страны и высокого роста населения одновременно.

Баку расположен в Апшеронском полуострове, и имеет население более 2млн человек в 2012 году. Из-за потери экономического значения в 90-е годы Баку испытал высокую миграцию населения. Несмотря на процессы усадки, субурбанизации и роста городов, они достигли своего пика в конце 1990-х годов. Баку сегодня является примером, где можно обнаружить как процессы усадки в городской периферии, так и реурбанизацию, особенно в основных городских районах. Предыдущие исследования по вопросам заделки почвы в период с 1997 по 2003 год показали, что эффективность заделки снизилась во время заделки городских окраин торговыми и промышленными сайтами и жилыми районами низкой плотности. Всего можно было наблюдать увеличение герметичных поверхностей на 2,84% и в 2003 году было запечатано 27% площади.

С населением более 300тыс. человек Гянджа является вторым по величине городом Азербайджана. Гянджа характеризуется высоким

иммиграционным давлением. К 2020 году прогнозируется дальнейший рост численности населения на 1000 жителей. По сравнению с Баку это поддерживало низкий рост пломбирования, 0,4% в период с 1998 по 2011 год и в 2011 году 36% площади было опечатано. Однако в настоящее время нет новых пустошей, и новые жилые районы должны быть построены путем дальнейшего уплотнения, которое угрожает утратой экосистемных услуг, особенно в основных городских районах, где зеленые районы уже находятся под давлением из-за их небольших размеров и низкой поставки на душу населения. На микромасштабе были рассмотрены гражданское общество (НПО и резиденты) и практики, имеющие отношение к управлению грунтовым уплотнением (инвесторы и (ландшафтные) архитекторы).

Для анализа эффективности стратегий управления герметизацией почв и подделей, направленных на экологическое устойчивое развитие городов, были впервые определены наборы инструментов, учитывающих целостный подход к управлению герметизацией почв. Наборы инструментов был определяемы, поскольку политика Азербайджана в настоящее время предполагает, что цель в 30 га может быть достигнута только с помощью сочетания инструментов. Целостный подход к управлению герметизацией почв включает в себя количественное, качественное и компенсационное управление «серым» и «зеленым» городами, а также защиту почв как основы «серого» и «зеленого» городов. Эти размеры рулевого управления определены в настоящем документе как подцели и были получены на основе пространственного анализа заделки почвы. Для оценки того, как эти подзадачи могут быть достигнуты, были определены стратегии путем обзора документов и литературы по планированию. Что касается пломбирования почв, то соответствующие стратегии включают в себя правовое планирование (включая законы и неформальное планирование), экономико-бюджетное планирование (например, субсидии, налоги), сотрудничество (например, региональное или секторальное сотрудничество) и информационные стратегии (например, территориальный мониторинг, повышение осведомленности, совершенствование ноу-хау). Конкретные инструменты (названные ответами) каждой стратегии были отобраны и отнесены к подконтрольным целям с помощью критериев.

Отбор ответов осуществлялся путем пересмотра законов, а также документов местного планирования (зонирование, ландшафтные, отраслевые и неформальные планы), научная литература и проекты) местные инициативы и проведение собеседований с экспертами, включая экспертов из департаментов планирования, экологической отчетности, охраны окружающей среды, реконструкции городов и строительства, а также НПО, реальных имуществ агентов и исследований.

Отобранные ответы должны иметь значение для регулирования процесса запечатывания почвы, землепользования и землепользования, городских зеленых зон и почвы в рамках комплексного управления запечатыванием почвы. Основное внимание в настоящем документе уделяется используемым ответам. Однако в дальнейшие исследования будут включены теоретически обсуждаемые ответы. В общей сложности на практике 93 ответа и 24 теоретически обсуждаемых ответа были определены и отнесены к подцелям, тогда как ответ может быть отнесен к большему числу подцелей, но только к одной стратегии. Для анализа основных органов управления и адресатов (вопрос исследования 2) отобранные ответы были отнесены к макро- (правительство штата, федеральные штаты, регион), мезо- (городской уровень) и микромасштабам (гражданское общество, практики) путем определения того, кто имеет право разрабатывать ответ (орган) и, кто отвечает за его реализацию (адресаты).

Предложение экосистемы в значительной степени зависит от землепользования. Поэтому показатели, оценивающие предложение экосистемных услуг, должны учитывать изменения в землепользовании. После этого в политике

землепользования, направленной на обеспечение экологически устойчивого запечатывания почв в городах, должно быть известно о влиянии на предоставление экосистемных услуг путем запечатывания почв.

Эта цель приобретает еще более важное значение, поскольку города сталкиваются с глобальными климатическими опасностями, которые усиливаются за счет герметизации почвы. Более того, по мнению специалистов в Баку и Гяндже, возрастающая важность "мягких" факторов локации, в том числе достаточного предложения рекреационных зон, улучшает сознание воздействий за счет герметизации. Рекреационные зоны должны иметь такие характеристики, как "пустыня" или "богатое разнообразие видов", и, таким образом, ими можно управлять, как городскими лесами. Напротив, городские парки управляются в большей степени, но также обеспечивают физическое и психологическое благополучие городских жителей. Помимо общественных зеленых насаждений, частные зеленые зоны, такие как сады и выделенки, имеют решающее значение для поддержки биоразнообразия городов и для воздействия на городскую дикую природу.

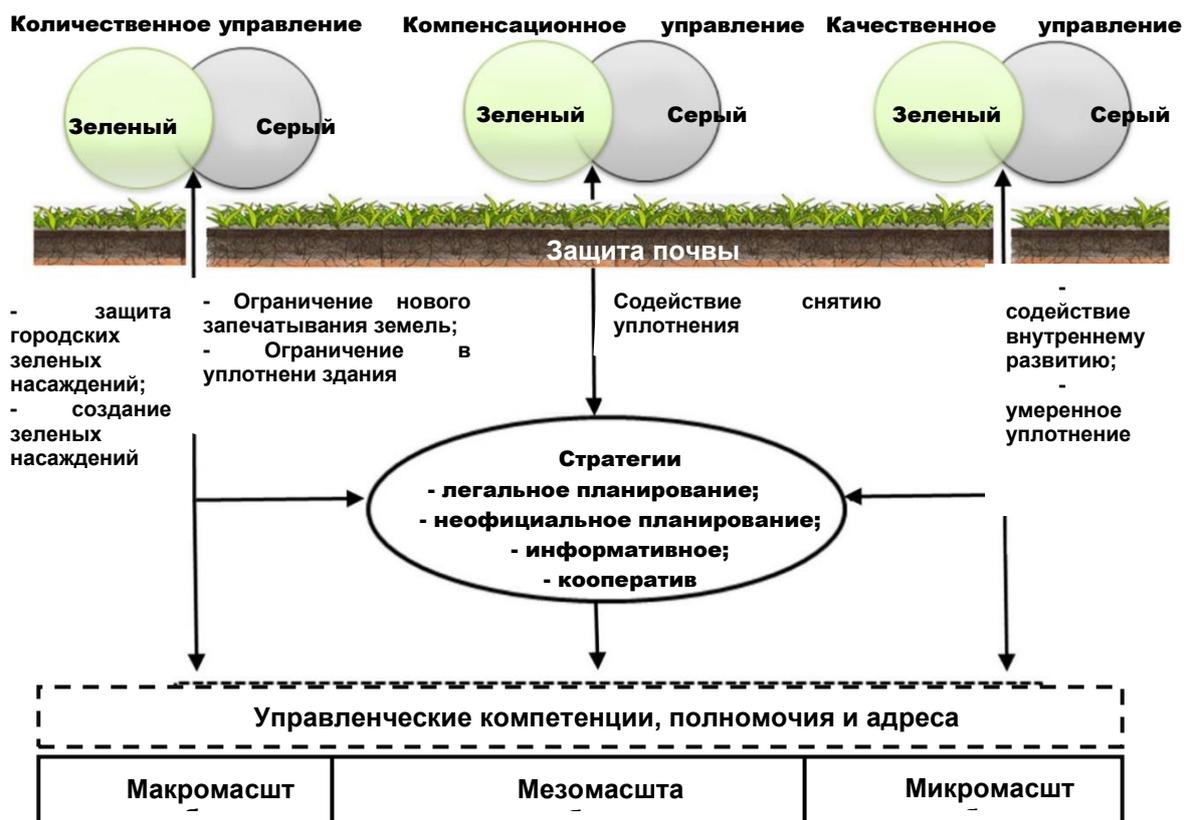


Рис. 1 Рамки для многомасштабного анализа инструментов управления герметизацией почвы

Пространственный анализ воздействия на уплотнение почв в Баку в период с 1997 по 2003 год показал, что, в частности, почвы высокого качества использовались для транспорта и населенных пунктов в рамках процессов пригородизации. Утрата ценных почв в результате герметизации

имеет решающее значение, поскольку плодородные почвы влияют на жизненно важные процессы и функции, такие как процессы циклирования питательных веществ, рассеивания семян или опыления, которые дают экосистемные услуги. По мнению эксперта Саксонского

государственного управления по окружающей среде, сельскому хозяйству и геологии, и научного эксперта, можно было бы содействовать улучшению охраны сельскохозяйственных районов, подчеркивая важность сельскохозяйственных земель для питания. Для обеспечения экосистемных услуг решающее значение имеет обязательная интеграция экологических аспектов и уменьшение дальнейшего уплотнения в процессе принятия решений.

Оценка ответных мер, стратегий и пространственных целей в области управления герметизацией почв в целях обеспечения экологически устойчивого подхода к управлению герметизацией городов была основана на методе принятия решений с использованием нескольких атрибутов с использованием процесса аналитической иерархии (АИР). MADM позволяет сравнивать несколько альтернатив, используя набор показателей, и поэтому поддерживает принятие решений. В рамках АИР, одной из форм MADM, альтернативы сравниваются парами, включая предпочтения лиц, принимающих решения. Процесс оценки включал три этапа: 1) оценка важности показателей, 2) анализ содержания ответов и 3) оценка результатов анализа. Более подробную информацию о методе,

разработанном для оценки эффективности реагирования.

Оценка важности показателей (этап 1) была проведена с привлечением лиц, ответственных за принятие решений в мезомасштабных масштабах, отвечающих за развитие и планирование городов, управление сельским хозяйством, рациональное использование природных ресурсов и охрану природы в городах, мониторинг пломбирования почв, обновление городов и городскую политику. В ходе онлайн-обследования лицам, принимающим решения, было предложено оценить важность показателей по шкале Лайкерта в диапазоне от 1 до 9, где 1 означает несущественные показатели, а 9 – весьма важные показатели (см., например, Мендоса и Прабху 2000 года). Весовой коэффициент W_i представляет среднее значение оценки (таблица 2). Оценка ответов проводилась с помощью дедуктивного анализа содержания (шаг 2), в то время как показатели служили в качестве матрицы классификации и использовались для доказательства гипотез, разработанных до анализа. Законы, документы о планировании, заявления об инициативах и сотрудничестве были внимательно прочитаны, и были приведены данные, соответствующие указанным показателям. Извлеченные отрывки были закодированы в соответствии с оценкой показателей (IS) для каждой подцели (таблица 2).

Счетчик	Показатель оценки 1 – 9	Весовой фактор W_i	Весовой фактор W_i Баку
		Гянджа (N=13)	(N=13)
Обеспечение, улучшение и развитие среды обитания флоры и фауны	9: Защита ЭС путем охраны зеленых зон или почв/путем уменьшения герметизации четко указывается в качестве цели, взаимосвязанной с выгодами, получаемыми в результате защиты/уменьшения (например, уменьшение дополнительной герметизации для защиты местообитаний для флоры и фауны и улучшения контакта с природой для жителей)	6,85	7,00
Улучшение стока поверхностных вод		7,08	8,13
Улучшение адаптации к климату (уменьшение эмиссии, увеличение связывания углерода)		7,23	7,75
Улучшение частных рекреационных зон (сады, дворы)	7: Важность ЭС/функции упоминается, но не связана непосредственно с такими целями, как уменьшение дальнейшего запечатывания/защиты зеленых/почв (например, зеленые зоны имеют важное значение для флоры и фауны; герметичная поверхность увеличивает городское отопление)	6,69	7,19
Улучшение общественных зеленых зон (парки)		6,69	6,44
Охрана сельскохозяйственных продовольственных участков	4: Говорится о защите/важности аспектов, связанных с ЭС/функциями, но они непосредственно не связаны с выгодами/ущербом, причиняемым зелеными	6,62	6,44

Защита экологически ценных плодородных почв и функций	зонами/почвами или герметизацией (например, меры по адаптации к изменению климата должны осуществляться, такие меры могли бы также включать технические решения)	5,54	7,00
	I: ES не упоминается		

РЕЗУЛЬТАТЫ

$$RE_{ST-S} = \left(\frac{\sum_{I=1}^{12} IS_{R-ST}}{N_{R-S}} \times W_I \right)$$

После этого эффективность ответа (RE) рассчитывали для каждого ответа R стратегии S отдельно для каждой подцели ST (шаг 3): все показатели IS, полученные ответами R в пределах пространственных подцелей ST (0) - (VI), суммировали и делили на число N ответов R на рассмотренные стратегии S. Подцели предназначены для защиты почвы (0); (I) количественное управление серым городским цветом; количественный контроль за экологией городов; (II) качественное управление «зелеными» городами; (III) качественный руководящий серый городской цвет; (IV) качественное руководство «зелеными» городами; (V) компенсационные меры для городского серого; и (VI) компенсационные меры для городских зеленых. Частное умножали на весовой коэффициент W_I .

На рисунке 2 представлена сводная информация о средней эффективности стратегий и пространственных подцелевых показателей в области экологически устойчивого управления в рамках целостного подхода к управлению герметизацией почвы. В Мюнхене и Лейпциге в большинстве проанализированных ответов основное внимание уделяется количественной защите городской зелени и качественному управлению городской серой, способствующей развитию заполнения. Экологическими аргументами для развития засыпки являются уменьшение фрагментации местообитаний, сокращение перевозок и защита сельскохозяйственных районов на окраинах городов. Защита почвы и создание зеленых крыш реже включаются в рассмотренные ответы. В Лейпциге меры по снятию пломбы и демонтажу упоминаются чаще, чем в Мюнхене, особенно в документах по юридическому планированию и неофициальному планированию в целях сокращения транспортных зон, адаптации к изменению климата и улучшения рекреационных зон путем сноса зданий в районах с высокой плотностью застройки.

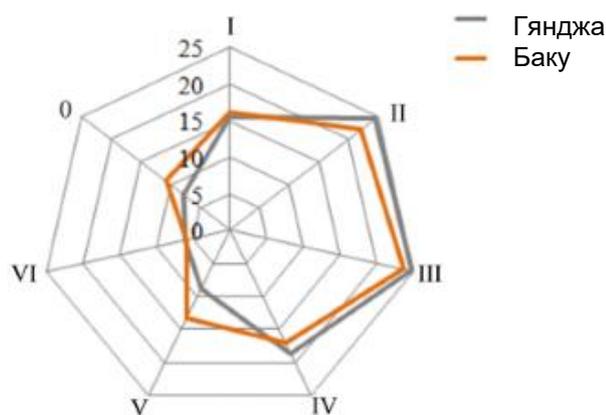


Рис. 2 Диаграмма, сравнивающая эффективность пространственных целей (слева) и стратегий (справа) для экологически устойчивого управления герметизацией почв (в%) в Баку и Гяндже. Подцели рулевого уплотнения грунта: 0 защитного грунта; I количественный рулевой городской серый; II количественное руководство «зелеными» городами; III качественный руководящий городской серый; IV качественное руководство «зелеными» городами; V компенсационные меры для городского серого; VI Меры компенсации для городских зеленых.

В Баку, как и в Гяндже, руководство правовым и неформальным планированием представляется наиболее эффективной стратегией, за которой следуют кооперативные и информационные

стратегии. Основное внимание в рамках правового и неформального планирования уделяется, в частности, содействию развитию заселения городов в ходе качественного управления «серым» городским хозяйством. Эта подзадача поддерживается Строительным кодексом Азербайджана, который позволяет быстрее и гибче реализовать разработку заполнения, отказавшись от оценки воздействия на окружающую среду. Цель заключается в защите природных районов и их фрагментации на окраинах городов. Количественного уменьшения дальнейшей герметизации требует также пункт о защите почвы, интегрированный в Строительный кодекс Азербайджана. Более того, план открытого пространства Гянджи, ландшафтный план Баку или план регионального развития всего Азербайджана требуют снижения дальнейшей герметизации, особенно для улучшения регулирования микроклимата.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В документе представлен новый аналитический подход к оценке и сопоставлению стратегий и пространственных подцелевых показателей для обеспечения экосистемных услуг на примере рационального использования плодородия почв. Она способствует более четкому пониманию того, какие экосистемные услуги рассматриваются в рамках планирования и политики как находящиеся под угрозой в результате запечатывания почв и землепользования, а какие должны быть обеспечены за счет защиты городских зеленых и почвенных ресурсов. Можно показать, что проблемы, обусловленные изменением климата, такие, как улучшение регулирования микроклимата и сокращение наводнений, являются наиболее важными аргументами в пользу дальнейшего снижения степени герметизации и защиты "зеленой" окружающей среды в городах. Вместе с тем это исследование отражает растущую необходимость включения почвы в качестве поставщика экосистемных услуг в дальнейшие исследования, а также выявления сложных связей между предоставлением экосистемных услуг и изменениями в землепользовании в рамках телемоста городских земель. Тем не менее это исследование показало, что основа для экологически устойчивого управления деятельностью по управлению уплотнением почвы в городах обеспечивается, в частности, стратегиями правового и неформального планирования. Однако, поскольку в Европе еще больше усиливается герметизация, можно сделать вывод о том, что стратегии не реализуются эффективно. Поэтому дальнейшие исследования должны быть сосредоточены на оценке потенциала управления этими ответами (например, принятие ответов, контроль за успехом руководства) путем интеграции субъектов мезо- и микромасштабной (в

качестве основных адресатов управления) в процесс оценки.

ИСПОЛЬЗУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Aliev R. A., Ismailova G. F. [The "green economy" in Azerbaijan Republic: preconditions and directions of development]. In: *Naukovedenie: Internet-zhurnal*, 2015, vol. 7, no. 6 (31). 20 s. Available at: <https://naukovedenie.ru/PDF/107EVN615.pdf> (accessed: 26.07.2018).
2. Vezentsev A. I., Trubitsyn M. A., Goldovskaya-Peristaya L. F., Volovicheva N. A. [Sorption purification of soils from heavy metals]. In: *Nauchnye vedomosti BelGU. Seriya: Estestvennye nauki*, 2008, no. 3 (43), pp. 172–175.
3. Goryashkiewa Z. V., Shcherbakova L. F., Tsombueva B. V. [Assessment of soil pollution in the city of Elista]. In: *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*, 2017, no. 3, pp. 75–79.
4. Dryabzhinskii O. E., Gaponenko A. V. [Prospects of the development of motor transport under the influence of economic and environmental factors]. In: *Kontsept: Nauchno-metodicheskii elektronnyi zhurnal*, 2016, vol. 11, pp. 2771–2775.
5. Kakhrmanova Sh. Sh. [Technogenic pollution of soils of Apsheron]. In: *Akademicheskii vestnik UralNIiproekt RAASN*, 2012, no. 1, pp. 25–30.
6. Lebedeva M. Yu. [Soil as a component of the environment in urbanized areas]. In: *Tsarskosel'skie chteniya*, 2017, no. 3, pp. 316–320.
7. Manafova F. A., Babaeva R. F. [The influence of various ecological factors of the natural environment on the structure of soil cover of the Absheron Peninsula]. In: *Byulleten' nauki i praktiki*, 2018, vol. 4, no. 6, pp. 153–169.
8. Manafova F. A., Gasanova K. M., Aslanova G. G. [The comparative characteristic of structures of the soil cover of the Western and Eastern parts of the Apsheron Peninsula]. In: *Byulleten' nauki i praktiki*, 2018, vol. 4, no. 10, pp. 105–115.
9. Men'kov L. L. et al. [Technological solutions for treatment of surface runoff from the Expressway]. In: *Santekhnika*, 2011, no. 1, pp. 34–44.
10. Nadzhafova S. [Soil cover Baku city and ways to restore its biological properties]. In: *Trudy Instituta Geologii Dagestanskogo nauchnogo centra RAN [Proceedings of the Institute of Geology Dagestan scientific center of RAS]*, 2016, no. 67, pp. 81–83.
11. Narbekov M. F. [Comprehensive improvement of the streets and improving safety on the roads (Canada and USA)]. In: *Bezopasnost' v tekhnosfere*, 2016, vol. 5, no. 3, pp. 34–40.
12. Narbekov M. F. [The rationale of organizing the infrastructure of environmentally friendly modes of transport in the city of Baku and Baku agglomeration]. In: *Vestnik Rossiiskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Ekologiya i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti*, 2017, vol. 25, no. 3, pp. 335–352.

СИСТЕМЫ ПОИСКА ИНФОРМАЦИИ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА СЛАБОСТРУКТУРИРОВАННОГО ТЕКСТА

Митина Ольга Алексеевна

кандидат пед. наук.,

*МИРЭА – Российский технологический университет,
г. Москва*

INFORMATION SEARCH SYSTEMS BASED ON THE ANALYSIS OF WEAKLY STRUCTURED TEXT

Mitina Olga Alekseevna

Candidate of Science

*MIREA – Russian Technological University
Moscow*

АННОТАЦИЯ

С середины XX века проблема хранения информации и доступа к ней привлекает все больше внимания. Все крупные новостные издания уже давно создали собственные веб-страницы, где размещают свои новости. Социальные сети и форумы позволяют миллионам людей обмениваться миллиардами сообщений ежедневно. Многие корпоративные и медицинские документы хранятся на выделенных серверах. Каждое сообщение или документ представляет собой блок неструктурированного или слабоструктурированного текста. Возникает необходимость создания систем поиска информации на основе анализа слабоструктурированного текста.

ANNOTATION

Since the middle of the XX century, the problem of information storage and access to it has attracted more and more attention. All major news outlets have long created their own web pages where they post their news. Social networks and forums allow millions of people to share billions of messages daily. Many corporate and medical documents are stored on dedicated servers. Each message or document is a block of unstructured or weakly structured text. There is a need to create information search systems based on the analysis of weakly structured text.

Ключевые слова: информационный поиск; слабоструктурированные данные; системы поиска информации.

Keywords: information search; weakly structured data; information search systems.

В последнее десятилетие наблюдается увеличение объема информации в цифровом формате. Каждое сообщение или документ представляет собой блок неструктурированного или слабоструктурированного текста [1][2]. В связи с этим остро встает вопрос обеспечения быстрого и эффективного доступа к этой информации. Таким образом, для решения этого вопроса начали использоваться компьютеры, поскольку скорость их вычисления превосходит человеческую.

В процессе поиска решения в сфере обработки информации была создана отдельная дисциплина, называемая информационным поиском (information retrieval).

Задачами данной дисциплины являются анализ и структурирование данных, а также быстрый и эффективный поиск среди этих данных.

На сегодняшний день информационный поиск представляет собой междисциплинарную область науки, которая стоит на пересечении библиотечного дела, информатики, лингвистики, семиотики, когнитивной психологии и информационного дизайна [3].

Определение информационного поиска наиболее полно отражено в государственном стандарте. Информационный поиск (IR) – «все методы и процессы, используемые для того, чтобы выбрать из документной коллекции или сети

информационных ресурсов документы, релевантные информационным потребностям», в котором присутствует ключевое слово – «релевантный». Релевантность – «соответствие полученной информации запросу» [4].

Информационный поиск уже стал основной формой доступа к информации, вытеснив собой традиционный поиск по идентификатору.

При хранении больших объемов информации проблема точного и быстрого доступа становится только сложнее.

Одним из последствий этой проблемы является игнорирование релевантной информации, к которой не удается получить доступ, что приводит к повторению уже проделанной работы. С развитием компьютеров особое внимание уделяется использованию интеллектуальных систем доступа к информации [5]. Многие монотонные задачи доверены компьютерам. Однако проблема эффективного доступа к информации остается нерешенной.

Принцип работы данных систем прост. Человек формулирует запрос, в ответ на который из набора документов выбираются те, что содержат удовлетворяющие требованию информацию. В идеальном варианте, система выбирает только релевантные документы, отбрасывая все

остальные. Использование человеческих ресурсов непрактично в силу затрат по времени.

Когда компьютеры смогли обрабатывать не только числа, возникла возможность «прочитать» всю коллекцию документов и извлечь нужные документы.

Вскоре стало ясно, что использование естественного языка в документах вызывает проблемы не только с хранением и вводом информации, но также требует решения проблема интеллектуальной характеристики содержимого документа. Если в скором времени развитие аппаратной части разрешит проблему с хранением и вводом данных, то автоматическая характеристика, представляющая собой попытку машиной повторить человеческий процесс чтения, является, несомненно, неприятной проблемой.

В частности, «чтение» включает в себя попытку изъять из текста и синтаксическую, и семантическую информацию и, пользуясь полученной информацией, определить релевантность документа относительно конкретного запроса. Относительно медленный прогресс в семантической части современной лингвистики и недавние неудачи попыток машинного перевода показывают, что эти проблемы далеки от решения [6].

В центре процесса изъятия информации лежит идея релевантности. Цель автоматического изъятия – получить всю релевантную информацию, оставив как можно меньше нерелевантной. Делается это с помощью присвоения документам индексов, представляющих содержимое этих документов.

Человек может легко определить относится ли документ к запросу. Компьютеру для этого требуется модель, численно определяющая релевантность.

Если в 90-х годах исследования показывали, что люди все еще предпочитали получать информацию от других людей, то уже в 2004 году результаты опроса продемонстрировали, что 92% пользователей интернета представляют его как удобное место для получения ежедневной информации.

Сфера информационного поиска эволюционировала в ответ на различные вызовы для предоставления доступа к информации, развивая все новые подходы для поиска различных видов контента. Первоначально информационный поиск использовался только в сферах научных публикаций и библиотечной документации. Однако вскоре стал необходим для профессионалов – журналистов, юристов и докторов.

Многие исследования информационного поиска были сделаны в этих сферах. Большинство текущей практики работы с информационным поиском включает предоставление доступа к неструктурированной информации в различных корпоративных и государственных областях.

В последнее десятилетие, главным толчком в инновации стала всемирная паутина, давшая доступ для публикации десятком миллионов создателей контента. Такой взрыв информации был

бы странным, если информацию невозможно было найти, охарактеризовать и проанализировать, чтобы каждый пользователь мог быстро найти информацию, отвечающую его нуждам.

На данный момент самыми популярными и широко используемыми IR-системами являются поисковые сервисы Google, Яндекс и т.д. Неструктурированные данные – данные, которые не имеют структуры, с которой компьютеру легко работать. Такие данные представляют полную противоположность данным, содержащимся в обычных базах данных, создающихся для работы с данными персонала и инвентаризации.

На самом деле почти не существует полностью неструктурированных данных. Любые текстовые данные имеют структуру, определенную языком, на котором написан текст. Также текст может иметь дополнительную структуру – заголовки, параграфы и сноски [7]. Эти элементы в документах обычно представлены с помощью открытых маркеров. Поэтому информационный поиск часто используется для работы со слабоструктурированными данными.

Системы информационного поиска могут быть разделены по объемам информации, с которыми они работают. В веб-поиске система должна обеспечивать поиск среди миллиардов документов на миллионах компьютеров. Необходимость сбора документов для индексации, создание систем для работы с такими объемами данных, обработка гипертекста и защита от обмана сайтами с содержимым, использующимся для повышения ранга в поисковой системе, являются отличительными проблемами веб-поиска.

Другим примером является персональный поиск информации. Потребительские операционные системы включают в себя информационный поиск. Программы электронной почты не только дают возможности поиска, но также классифицируют текст сообщения, в простейших случаях отсеивая спам, а также предоставляют ручную или автоматическую классификацию, помещая сообщения в определенные папки.

Проблемы данной области информационного поиска включают в себя работу с широким спектром видов документов на персональном компьютере, создание поисковой системы, являющейся свободной и легко запускаемой, обработку и использование дискового пространства, которое может использовать машина без беспокойства для пользователя.

Между этими крайностями находится корпоративный и институциональный поиск и поиск в определенных сферах. Данный тип поиска используется в коллекциях типа внутренних документов корпораций, собраний патентов или поиска статей в определенной научной сфере. Документы хранятся в централизованных файловых системах, поиск по которым обеспечивается одной или несколькими машинами [8].

Целью информационного поиска является вывод как можно большего числа документов, подходящих под запрос пользователя, и как можно меньшего числа неподходящих.

Запрос представляет выражение на естественном языке, которое пользователь вводит в поле запроса.

Одним из эффективных методов информационного поиска является моделирование тем (topic modeling). Модель присваивает каждому документу одну или более тем, которые выявляются из текста в процессе обучения модели. Как правило, используется обучение без учителя. Запросу пользователя также присваиваются темы из выявленных в процессе обучения, затем выводятся документы в порядке, определяемом количеством совпадающих с запросом тем [9].

Поисковые системы типа Google и Яндекс используют полнотекстовый поиск (full-text search). Данный метод оценивает все слова в документе на совпадение с поисковым запросом. Для ускорения полнотекстового поиска используется процесс индексации: система сканирует все документы в доступной ей коллекции и составляет список поисковых терминов – индексов. На стадии поиска система ищет совпадения слов в запросе с индексами, присвоенными документам [10]. Одним из популярных движков полнотекстового поиска является Elasticsearch.

Таким образом, значимость многоязычных и многосторонних подходов к информационному поиску трудно переоценить. Информационный поиск начал представлять не только академический интерес, но и стал базисом для удовлетворения информационных потребностей большинства людей.

Проблема информационного поиска может быть преуменьшена неосведомленным пользователем, который, впрочем, меняет точку зрения при работе с цифровым поиском.

УДК 624.139.26

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ДЛИНЫ БУРОНАБИВНОЙ СВАИ С УШИРЕНИЕМ

Серватинский В.В.

канд. техн. наук, доц.

Преснов О.М.

канд. техн. наук, доц.

Холодов С.П.

канд. техн. наук, доц.

Холодов В.С.

студент ИСИ СФУ

*Сибирский федеральный университет,
660041, Россия, Красноярск, проспект Свободный, 79.*

Состояние вопроса.

В работе [1] показано, что при работе буронабивных свай с уширением на вертикальную нагрузку, удельная несущая способность свай (несущая способность отнесенная к объему свай,

Список литературы

1. Николаев А.А. Разнообразие структур данных в современной информации // Молодой ученый. 2019. №23 (261). С. 21-23.
2. Укуев Б.Т. Особенности обработки неструктурированных данных в информационной базе научных исследований вуза // Естественные и технические науки. 2018. № 3. С. 75-76.
3. Смирнов Ю.В. Информационный поиск для облачных библиотечных систем: особенности лингвистического обеспечения: дисс. к.т.н. – Москва, 2019. – 228 с.
4. ГОСТ Р 7.0.91_2015. СИБИБД. Тезаурусы для информационного поиска. – Введ. 2016-07-01. – Москва: Стандартинформ, 2016. – С. 4
5. Магомедов Р.М. О развитии интеллектуальных систем // Территория науки. 2015. №6. С 39-44
6. Батура Т.В. Семантический анализ и способы представления смысла текста в компьютерной лингвистике // Программные продукты и системы. 2016. №4. С. 45-57
7. Цитильский А.М., Иванников А.В., Рогов И.С. NLP – Обработка естественных языков // Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet». 2020. №6. С.467-475.
8. Панфилова О.А., Крюкова Д.Ю., Давыдова Е.Н. Информационные ресурсы. Системы поиска. Вологда. 2019. С. 81-88.
9. Леонов Е.А., Синицин И.В., Шептунов С.А. Применение методов тематического моделирования для анализа успеваемости студентов в рамках мониторинга образовательного процесса // Качество. Инновации. Образование. Москва. 2018. С. 15-19
10. Мироничев Д.А., Тихонов В.Д. Обзор существующих решений для организации поиска в корпоративных системах информации // Передовые инновационные разработки. Перспективы и опыт использования, проблемы внедрения в производство. Москва. 2019. С. 39-41.

кН/м³) зависит от размеров уширения. В ней приведена методика определения оптимальных его размеров.

В работе также показано, что на удельную несущую способность свай влияют и другие

конструктивные факторы, а именно размеры сваи ℓ и r (длина сваи и радиус скважины).

Можно предположить, что зависимость влияния этих факторов имеет экстремумы, т.е. точки, где значение удельной несущей способности наибольшее.

Поэтому вопрос поиска этих значений (оптимальных) становится актуальным.

Постановка задачи.

Найдем зависимость удельной несущей способности буронабивной сваи от ее длины ℓ .

Для оценки эффективности конструкции, при работе сваи на вертикальную нагрузку, воспользуемся характеристиками и методикой предложенными в [2] для сваи с уширением в форме полусферы.

Используем показатель m , равный отношению объемов свай с уширением к обычной:

$$m = V_{\text{уш}}/V_c = 1 + 2 R^3 / 3r^2 \ell - R/\ell = 1 + d/\ell - R/\ell,$$

где R - радиус уширения; r - радиус скважины, ℓ - длина сваи; $d = 2 R^3/(3r^2)$.

Для оценки роста несущей способности сваи за счет уширения, введем показатель K , равный отношению несущих способностей свай с уширением к обычной:

$$K = F_{d\text{уш}}/F_{dc} = \gamma_c (\gamma_{cR} R \pi R^2 + 2 \pi r \gamma_{cf} f \ell) / \gamma_c (\gamma_{cR} R \pi r^2 + 2 \pi r \gamma_{cf} f \ell) = (c + n\ell) / (g + n\ell),$$

где $\gamma_c, \gamma_{cR}, R, \gamma_{cf}, f$ приняты по формуле (7.8) [3];
 $c = \gamma_c \gamma_{cR} R \pi R^2$;
 $n = \gamma_c 2 \pi r \gamma_{cf} f$
 $g = \gamma_c \gamma_{cR} R \pi r^2$;

Показателем эффективности выбора длины сваи будет отношение K/m прироста несущей способности K к приросту объема сваи m (т.е. стоимости).

Методика решения задачи

Для эффективного выбора длины сваи необходимо назначать $\ell = \ell_{\text{опт}}$, дающей максимальное значение показателя K/m .

$$K/m = (c + n\ell) / ((g + n\ell)(1 + d/\ell - R/\ell))$$

Для определения $\ell_{\text{опт}}$ необходимо взять производную от K/m по ℓ , приравнять ее нулю и из этого выражения найти $\ell = \ell_{\text{опт}}$.

Для преобразований менее громоздко взять производную от обратной величины m/K .

Поэтому найдем $\ell_{\text{опт}}$ для обратной величины m/K (минимальный прирост объема сваи на 1 кН несущей способности).

$$m/K = (g + n\ell)(1 + d/\ell - R/\ell) / (c + n\ell)$$

После преобразований и вводя обозначения:

$$q = nd - nR + g;$$

$$p = gd - gR = g(d - R).$$

$$m/K = (n\ell + p/\ell + q) / (c + n\ell),$$

$$K/m = (c + n\ell) / (n\ell + p/\ell + q)$$

В таблице ниже приведены значения K/m в зависимости от длины сваи ℓ для конкретных условий, песок мелкий $R = 2000$ кПа; $f = 28$ кПа; $R = 0,4$ м; $r = 0,1$ м; $\gamma_c = \gamma_{cR} = \gamma_{cf} = 1,0$.

Таблица

$\ell, \text{ м}$	$K/m, \text{ кН/м}^3$
2	3,617
4	4,105
6	4,010
8	3,794
10	3,567
12	3,357

Найдем производную от K/m по ℓ :

$$m/K = (u/v) = (n\ell + p/\ell + q) / (c + n\ell),$$

$$\text{где } u = (n\ell + p/\ell + q);$$

$$v = (c + n\ell).$$

$$u\ell = (n - p/\ell^2);$$

$$v\ell = n.$$

$$(u/v)\ell = (v u\ell - u v\ell) / v^2 = ((c + n\ell)(n - p/\ell^2) - n(n\ell + p/\ell + q)) / (c + n\ell)^2 = 0.$$

После выполнения преобразований, получим выражение вида:

$$z\ell^2 + 2pn\ell + cp = 0,$$

где $z = qn - cn = n(q - c)$.

Тогда:

$$\ell = (-2pn - ((2pn)^2 - 4zcp)^{1/2}) / 2z.$$

Для отмеченных выше условий, $\ell_{\text{опт}} = \ell = 4,27$ м. Удельная несущая способность сваи в этом случае $K/m = 4,108$, что существенно выше средних значений.

Выводы

1. Удельная несущая способность буронабивных свай с уширением, работающих на вертикальную нагрузку, с ростом длины сваи ℓ вначале растет, а затем снижается.

2. Предложена методика позволяющая определить оптимальную длину сваи $\ell_{\text{опт}}$ обеспечивающий максимальную удельную несущую способность сваи.

Литература

1. Влияние геологических и конструктивных факторов на оптимальные размеры уширения буронабивных свай. Серватинский В.В., Холодов С.П., Холодов В.С. Национальная ассоциация ученых, Выпуск: 35(62), Том:1, с. 37-39, 2020.
2. Выбор размеров уширения для буронабивных свай с уширенной пятой. Холодов С. П., Преснов О. М., Серватинский В. В. Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. Вып. 51(70), ISSN 1994-0351, с. 44-48, 2018.
3. СП 24.13330.2011. Свайные фундаменты.- М.: Минрегион России ОАО «ЦПП», 2010.
12. Малонагруженные фундаменты в условиях большой глубины промерзания. Холодов С.П., Системы. Методы. Технологии. Братский государственный университет. ISSN 2077-5415, вып. 2, с. 138 – 141, 2015.
13. Холодов С.П. Расчет буронабивной свай с уширением в климатических условиях Сибири. Системы. Методы. Технологии. Братский государственный университет. ISSN 2077-5415, вып. 2, с. 138 – 142, 2017.
14. Буронабивные свай с уширением в условиях большой глубины промерзания. Преснов О.М., Холодов С.П., Серватинский В.В., Современное строительство и архитектура. № 3 (07). ISSN 2411-3581, с. 40-44, 2017.
18. Выбор размеров уширения для буронабивных свай с уширенной пятой. Холодов С. П., Преснов О. М., Серватинский В. В. Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. Вып. 51(70), ISSN 1994-0351, с. 44-48, 2018.

После выполнения преобразований, получим выражение вида:

$$K/m = (c + n\ell)/(n\ell + p/\ell + q). n = 17,6;$$

$$c = 1005,3; q = 130,9; p = 243,1.$$

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ФОСФИДА ГАЛЛИЯ И ФОТОДИОДЫ ШОТТКИ НА ЕГО ОСНОВЕ

Мелебаев Д., Аннабердиева М.Р., Котыров М., Ташлиева А.М.
 Туркменский государственный университет имени Махтумгули
 744000, проспект Сапармырат Туркменбаши 31, Ашхабад, Туркменистан
 DOI: 10.31618/nas.2413-5291.2021.2.65.393

АННОТАЦИЯ

В данной работе рассмотрены оптические и люминесцентные свойства фосфида галлия (GaP) и спектральные характеристики GaP p-n, m-s-структур для изучения энергетической зонной структуры GaP. Исходя из литературных данных построена зависимость коэффициента поглощения вблизи и выше края фундаментального поглощения от энергии фотона $h\nu=2-6$ эВ в GaP (300 K) для обсуждения полученных экспериментальных результатов.

Приводятся результаты изучения спектров fotocувствительности барьеров Шоттки Au-n-GaP, Au-p-GaP, изготовленных методом химического осаждения нанослоя Au (~15 нм) на поверхности GaP.

Сопоставлением спектра поглощения GaP со спектрами фототока Au-n-GaP и Au-p-GaP структур в видимой и ультрафиолетовой (УФ) области спектра установлено, что обычно фототок (I_{f_0}) в m-s-структурах при $h\nu$ меньшей энергии прямых оптических переходов (E_0) экспоненциально увеличивается с ростом $h\nu$, при $h\nu > E_0$ он возрастает сначала линейно, а затем – сублинейно. Линейный участок в спектре начинается при $h\nu = E_0$, что позволяет определить E_0 непосредственно из спектра I_{f_0} m-s-структуры при освещении m-s-перехода через нанослой Au. Использованием этой методики определена E_0 , для GaP n- и p-типа она составила 2,80-2,83 эВ (300 K). Фотоэлектрическим измерением GaP m-s-структур по методике Спитцера и Мида $I_{f_0} \approx (h\nu - q\phi_{B_0})^2$ определена ширина запрещенной зоны (E_g) GaP, она составила 2,26 эВ (300 K) как для n-, так и для p-типа.

В данной работе впервые исследован спектр fotocувствительности Au-p-GaP в широкой области энергий фотонов и получены новые данные об энергетической зонной структуре GaP и сделан вывод о возможности использования Au-p-GaP структур для создания высокоэффективных фотоприёмников УФ излучения.

ABSTRACT

In this paper, the optical and luminescent properties of gallium phosphide (GaP) and spectral characteristics of GaP p-n, m-s structures for studying the energy-band structure of GaP were considered. Based on literature data, the absorption coefficient dependence was constructed near and above the fundamental absorption edge of the photon energy $h\nu=2-6$ eV in GaP (300 K) to discuss the obtained experimental results.

The results of the photosensitivity spectra study of Au-n-GaP, Au-p-GaP Schottky barriers are presented, which were produced by the chemical deposition of Au nanoscale (~15 nm) on the GaP surface.

By comparing the absorption spectrum of GaP with the photocurrent spectra of Au-n-GaP and Au-p-GaP structures in the visible and ultraviolet (UV) region of the spectrum, it has been established that usually the photocurrent (I_{f_0}) in m-s structures increases exponentially with the growth of $h\nu$, at $h\nu > E_0$ it increases first linearly and then sublinearly. The linear section in the spectrum begins at $h\nu = E_0$, which makes it possible to determine E_0 directly from the spectrum of the m-s structure when the m-s junction is illuminated through the Au nanolayer. Using this technique, E_0 was determined, for GaP n- and p-type it was 2.80-2.83 eV (300 K). Photoelectric measurement of GaP m-s structures by Spitzer and Mead method determined the width of the band gap (E_g) of GaP, it was 2.26 eV (300 K) for both n- and p-type.

In this paper, for the first time was investigated the photosensitivity spectrum of Au-p-GaP in a wide range of photon energies and new data on the GaP energy-band structure were obtained, and also it was concluded that Au-p-GaP structures can be used to make UV photoreceivers with high-performance.

Ключевые слова: зонная структура, поглощение, фосфид галлия, p-n-структура, fotocувствительность, m-s-структура, ширина запрещенной зоны, высота барьера, золото.

Keywords: energy-band structure, absorption, gallium phosphide, p-n structure, band-gap width, barrier height, gold.

Введение

Ведущие научные центры мира в последние годы усиленно занимаются исследованием свойств широкозонных полупроводников A^3B^5 и барьерных структур на их основе для создания эффективных электронных и оптоэлектронных полупроводниковых приборов [1-5]. Подавляющее большинство из них основано на гетероструктурах,

состоящих из толстых слоёв GaN и тонких (единицы или десятки нанометров) слоев AlGaN и InGaN с содержанием алюминия и индия не более 30%. В отдельных случаях в конструкции приборных структур содержатся слои AlN (зародышевые, буферные или барьерные), также, однако, небольшой толщины. В тоже время введение в конструкцию прибора толстых

(единицы микрон) слоёв AlN в качестве изолирующих буферных слоёв или широкозонных окон для ввода и вывода излучения со стороны подложек, позволяет улучшать параметры уже существующих приборов и создать приборы нового типа [6-8]. В работе [9] представлен обзор свойств полупроводниковых материалов с широкой запрещённой зоной, таких как алмаз, алмазоподобные углеродные плёнки, SiC, GaP, GaN и AlGaIn/GaN, которые используются в квантовых, оптоэлектронных и микроволновом применении; обсуждаются самые последние достижения и перспективы развития на основе экспериментальных и теоретических результатов, полученных для полупроводниковых приборов с широкой запрещённой зоной.

В последние годы в связи с требованиями медицины, биологии, военной техники и проблемой «озоновой дыры» сформировалась ультрафиолетовая электроника. Её особенностью является необходимость регистрировать слабые, но сильно влияющие на жизнедеятельность человека сигналы на фоне мощного видимого и инфракрасного излучения. Основой ультрафиолетовой фотоэлектроники являются: p-n-структуры на основе Si, барьеры Шоттки на основе GaP, p-n-структуры и барьеры Шоттки на основе GaN и AlGaIn (солнечно-слепые приборы), SiC-структуры с потенциальными барьерами (высокотемпературные приборы), ZnO- и ZnS-фоторезисторы и диоды Шоттки [2]. Для регистрации ультрафиолетового излучения более перспективны широкозонные полупроводниковые структуры с потенциальными барьерами, в частности с барьером Шоттки на основе Au-окисел-p-GaP наноструктур, из-за высокой фоточувствительности в коротковолновой области спектра. В этих структурах при энергии фотонов $h\nu > 5$ эВ начинается процесс лавинного умножения носителей заряда и происходит резкий рост коротковолновой фоточувствительности. Типичные значения токовой фоточувствительности вблизи $h\nu \approx 6,0$ эВ достигает $\sim 0,25$ А/Вт (300 К) в присутствии внутреннего электрического поля ($E_{m_0} \approx 2 \cdot 10^5$ В/см) [10].

Эксперимент

Среди широкозонных полупроводников A^3B^5 особое место занимают бинарные полупроводники фосфида галлия (GaP). Одни из первых светодиодов красного и зелёного излучения были созданы на основе GaP [5,11,12] и накопленный с тех пор опыт исследований GaP открыл путь для дальнейшего усовершенствования светоизлучающих диодов и фотодиодов в коротковолновой области спектра и создания источников ультрафиолетового излучения на основе нитридов (бинарных полупроводниковых соединений InN, GaN, AlN и твёрдых растворов $Al_xIn_{1-x}N$, $Al_xGa_{1-x}N$).

Эпитаксиальные GaP-технологии, разработанные к настоящему времени в ряде научных центров позволяют получить высококачественные эпитаксиальные слои, которые могли бы служить основой для создания силовых электронных приборов и фотоэлектронных преобразующих диодных структур различного назначения, работоспособных в температурном диапазоне до 400°C . Метод газовой и жидкофазной эпитаксии, наряду с молекулярно-лучевой эпитаксией [41], используется для получения высококачественных слоёв GaP и структур на их основе [13,14].

Настоящая работа посвящена изучению на основе литературных данных оптических свойств GaP, p-n-переходов и барьеров Шоттки на его основе; исследованию спектров фоточувствительности поверхностно-барьерных структур Au-n-GaP и Au-p-GaP с целью определения фундаментальных параметров фосфида галлия и сравнения полученных в ходе эксперимента результатов с коэффициентом поглощения света в GaP.

Для создания оптоэлектронных приборов (фотодиодов, светодиодов, лазеров) и других дискретных приборов необходимо знать оптические параметры и зонную структуру полупроводниковых материалов [15-18]. Одним из хорошо изученных полупроводников и разработанным технологически в промышленном масштабе является GaP. Некоторые свойства GaP представлены в таблице.

Таблица

Свойства GaP при комнатной температуре [5]

Величина	Обозначение	GaP	Единица измерения
Структура кристалла		Z	—
Прямозонный (D)/непрямозонный (I)		I	—
Постоянная решетки	a_0	5,4512	Å
Ширина запрещенной зоны	E_g	2,26	эВ
Концентрация собственных носителей зарядов	n_i	$1,6 \cdot 10^0$	см^{-3}
Эффективная ПС на краю ЗП	N_c	$1,9 \cdot 10^{19}$	см^{-3}
Эффективная ПС на краю ВЗ	N_v	$1,2 \cdot 10^{19}$	см^{-3}
Подвижность электронов	μ_n	110	$\text{см}^2/\text{В} \cdot \text{с}$
Подвижность дырок	μ_p	75	$\text{см}^2/\text{В} \cdot \text{с}$
Коэффициент диффузии электронов	D_n	2,8	$\text{см}^2/\text{с}$
Коэффициент диффузии дырок	D_p	1,9	$\text{см}^2/\text{с}$
Электронное сродство	χ	3,8	В
Время жизни неосновных носителей	τ	10^{-6}	с

Эффективная масса электрона (ПС)	m_e^*	0,82 m_e	–
Эффективная масса тяжелой дырки (ПС)	m_{hh}^*	0,60 m_e	–
Относительная диэлектрическая постоянная	ϵ_r	11,1	–
Показатель преломления	n	3,0	–
Коэффициент поглощения вблизи E_g	α	10^3	$см^{-1}$

* Z – сфалерит, ПС – плотность состояний, ЗП – зона проводимости, ВЗ – валентная зона.

Большое внимание изучению энергетической зонной структуры и энергии электронных переходов между особыми точками в зоне

Бриллюэна для GaP посвящены многие работы [15,18,20-30].

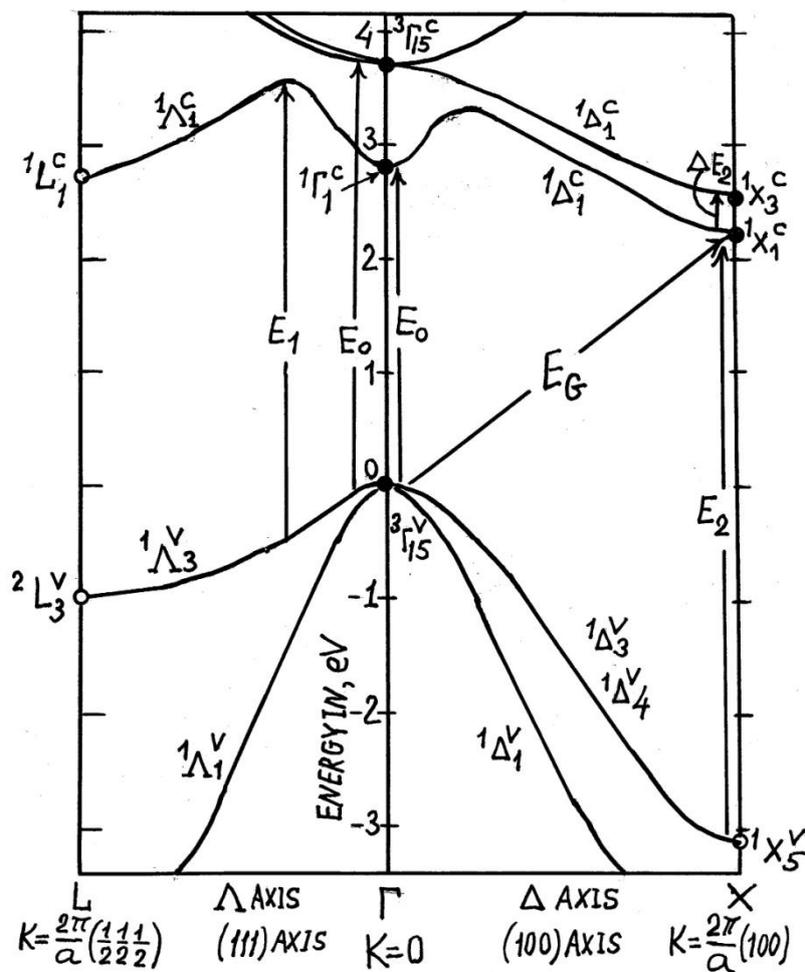


Рис. 1. Зонная структура фосфида галлия [29].
 Параметры зонной структуры приведены в работах [15,16,29,30].

Особенностью зонной структуры GaP является то, что абсолютный максимум валентной зоны расположен в центре зоны Бриллюэна при $k=0$ в точке с симметрией Γ_{15} , а абсолютный минимум зоны проводимости – вблизи края зоны Бриллюэна в точке с симметрией X_1 (рис.1). Таким образом, краевые межзонные переходы в GaP непрямые, они запрещены в первом порядке теории возмущений. Неизвестно, насколько смещён максимум валентной зоны от точки $k=0$ вследствие отсутствия инверсионной симметрии [30]. Исходя из этой теории нельзя сказать, удалён ли и насколько от

края зоны Бриллюэна минимум E_c , а это существенно для знания числа эквивалентных минимумов ($k=3$ или $k=6$) [30]. (В тех случаях, когда число минимумов несущественно, можно считать особую точку X расположенной на границе зоны Бриллюэна [31^a]).

Экспериментальное изучение энергетической зонной структуры GaP приводится на основе исследований спектров поглощения [26, 32^a, 33^a,33,34^a], спектров отражения [29,35^a], спектра вентильного фотоэффекта [27,28,36^a,70], эффекта Франца-Келдыша [34,35], электроотражения [36].

Оптические измерения являются наиболее подходящими при определении зонной структуры полупроводников. Электронные переходы, вызванные фотонами, могут происходить между различными зонами, что позволяет определять ширину запрещенной зоны (E_g). Если же они происходят в пределах одной зоны, то возникает поглощение на свободных носителях. Вблизи края поглощения, где значения $(h\nu - E_g)$ сравнимы с энергией связи экситона, нужно учитывать кулоновское взаимодействие между свободной дыркой и электроном. Для $h\nu < E_g$ поглощение происходит непрерывно из-за наличия возбужденных состояний экситона. При $h\nu \gg E_g$ в процессах поглощения участвуют зоны с более

высокой энергией и на коэффициент поглощения может сказываться сложная зонная структура (рис.1).

Спитцер и др. [26^a] измеряли спектр поглощения фосфида галлия при комнатной температуре в интервале 2,1÷2,8 эВ. Полученные результаты они объяснили непрямыми переходами вблизи порога (2,20 эВ) и сменяющими их прямыми переходами (E_0) при более высоких энергиях. Зависимость коэффициента поглощения от энергии квантов возбуждающего света для прямых переходов в зоне проводимости фосфида галлия при отсутствии вырождения электронов имеет вид [34^a]:

$$K_{13}(\omega) = \frac{4\pi^{3/2}\hbar e^2 f_{13} n}{3ncm(kT)^{3/2}} \left(\frac{\Delta_{13}}{\hbar\omega}\right) \frac{m^*}{m_1^*} (\hbar\omega - \Delta_{13})^{1/2} \exp\left[-\frac{m^*(\hbar\omega - \Delta_{13})}{m_1^* kT}\right]. \quad (1)$$

Здесь f_{13} —сила осциллятора для переходов с первой в третью подзону, энергетический зазор между которыми равен Δ_{13} ; m_1^* —эффективная масса электрона в i -й подзоне, $m^* = m_1^* m_3^* (m_1^* + m_3^*)^{-1}$. Сравнение уравнения (1) с экспериментальной кривой поглощения показывает их удовлетворительное соответствие [34^a]. Если же предположить, что между ветвями зоны проходят не прямые переходы, то для данного конкретного случая рассчитанная полоса поглощения сильно отличается от результатов эксперимента.

В квантовой теории поглощение и испускание инфракрасного излучения представляется как процесс взаимодействия фотонов и фононов. Фундаментальным полосам соответствует однофотонный процесс: поглощается квант света – возникает один фонон. Из законов сохранения энергии и импульса следует, что таким фононом может быть только либо LO–, либо TO–фонон, поскольку акустические фононы при частотах колебаний, соответствующих инфракрасному спектру, обладают импульсом, значительно большим, чем кванты света [16].

Фотоны, имеющие энергию большую, чем ширина запрещенной зоны E_g , способны возбуждать электроны из валентной зоны в зону проводимости. Коэффициент поглощения для таких фотонов обычно порядка 10^4 см^{-1} . Спектр поглощения фосфида галлия при комнатной температуре в интервале энергий фотонов:

$h\nu = 2,1 \div 2,8 \text{ эВ}$ [26]; $h\nu = 2,3 \div 3,1 \text{ эВ}$ [38]; $h\nu = 2,3 \div 6,0 \text{ эВ}$ [20] приведены в указанных работах. Использование литературных данных построен график коэффициента поглощения для GaP в интервале $h\nu = 2,2 \div 6,0 \text{ эВ}$ при 300 К (рис.2).

Оптические и люминесцентные свойства фосфида галлия рассмотрены во многих работах и показаны два типа оптических переходов [29,30] (рис.1). Когда волновой вектор $k=0$ полупроводника имеет «прямую зонную структуру», фосфид галлия обладает двумя типами переходов, как прямыми переходами (E_0), так и непрямыми переходами (E_g), но в самом деле GaP считается непрямозонным полупроводником. Коэффициенты поглощения света в таких полупроводниках как GaP, показаны на рис. 2.

Фосфид галлия оказался полупроводником, весьма удобным для оптических исследований. Ряд явлений, в первую очередь связанных с люминесценцией фосфида галлия, происходящей с участием примесных центров, был впервые обнаружен и подробно исследован именно в этом материале [30,37^a]. Поэтому полученных данных об оптических, люминесцентных и фотоэлектрических свойствах фосфида галлия могут оказаться весьма полезными при анализе рекомбинационного излучения различных широкозонных полупроводниковых материалов и структур на их основе [5].

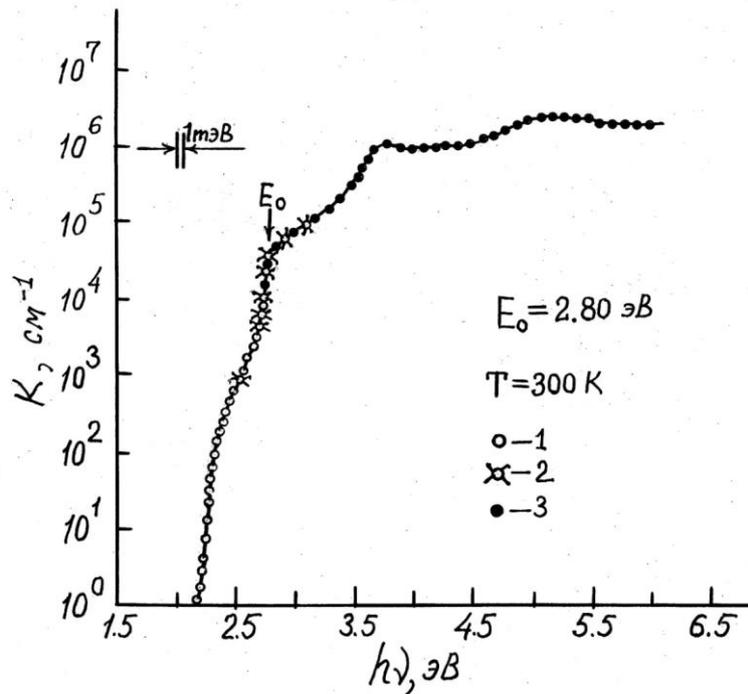


Рис. 2. Коэффициент поглощения света в фосфиде галлия. Экспериментальные данные из работ: 1 – [26], 2 – [38], 3 – [20].

Для исследования зонных структур полупроводников используются различные методы. Мид и Спитцер [27,53] предложили напылять металлическую плёнку на поверхность полупроводника и наблюдать фотовольтаический эффект. Фото-ЭДС пропорциональна оптическому поглощению, если область, обеднённая носителями, и диффузионная длина неосновных носителей в получающемся переходе гораздо меньше глубины проникновения света. При этом устраняются трудности, связанные с приготовлением очень тонких образцов, необходимых в экспериментах по поглощению. Использование вентильного фотоэффекта с измерением спектра фототока структур металл (m)-полупроводник (s), Мид и Спитцер [28,54] впервые исследовали зонную структуру полупроводников с измерением ширины запрещённой зоны, ими было также показано преимущество фотоэлектрического метода при разделении прямых и непрямых переходов. Впоследствии, в монографии Зи [54] и в других работах [38^a,39^a,63,64], было показано, что фотоэлектрический метод измерения является самым точным методом определения высоты барьера поверхностно-барьерных m-s-структур. В дальнейшем для определения зонных параметров как варизонных, так и гомозонных полупроводников, был предложен модернизированный контактный фотоэлектрический метод [69,70].

Ширина запрещённой зоны E_g , один из наиболее важных параметров, определяющих спектры излучения и другие оптические свойства, исследовалась во многих работах [30,37,39]. Наиболее надёжные данные в широком интервале температур получены из спектров поглощения [3,24,40,41] и согласуются в пределах ошибки опыта и методики обработки измерений [30].

В работе Варшни [42] было предложено эмпирическое приближение для зависимости $E_g(T)$ во всём интервале изменения T для различных полупроводников. Оно качественно учитывает изменение E_g с T не только из-за теплового расширения, но и вследствие электронно-фононного взаимодействия: $E_g(T) = E_g(0^\circ\text{K}) - \alpha T^2 / (T + \Theta)$, где Θ – температура порядка дебаевской температуры Θ_D , а α – подбираемая константа. В работе [24] показано, что данная формула при $\Theta = 460\text{K}$, $\alpha = 6,2 \cdot 10^{-4} (\text{°K})^{-1}$ выполняется для GaP вплоть до 1270 K (рис.3), причём значения равны: $E_g = 2,338 \pm 0,001$ эВ;

$$E_g = 2,338 - 6,2 \cdot 10^{-4} T^2 / (T + 460)$$

Так, данные о крае низкотемпературного внутреннего поглощения GaP, полученные из различных кристаллов данного полупроводника, толщиной от $\sim 0,35$ мкм и $\sim 0,6$ см при 25 K приведены в работе [32]. Температурные зависимости низкоэнергетических прямых и непрямых энергетических зон прослеживались до 300 K.

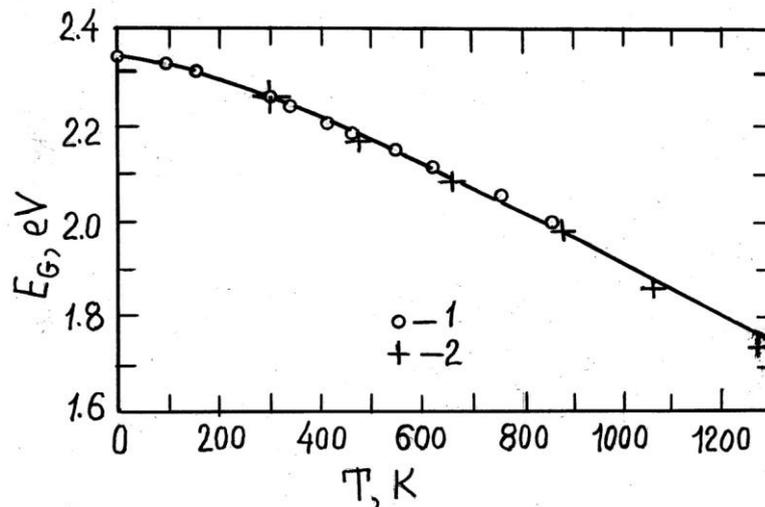


Рис. 3. Температурная зависимость ширины запрещенной зоны (E_g) GaP [24]. 1 – [43], 2 – [24].

Оптические свойства р-п-структур на основе GaP, выращенных методом жидкофазной эпитаксии, подробно рассмотрены в работе [12]. Модель, позволяющая оценить плотность дислокаций в области объёмного заряда р-п-перехода приведена в работе [44], для р-п-структур из GaP на подложках GaP плотность дислокаций составила 10^5 – 10^6 см $^{-2}$.

При пропускании тока через диод на основе GaP в прямом направлении наблюдается электролюминисценция (ЭЛ): при небольшой примеси Zn в GaP в случае р-п-перехода наблюдается зелёная ЭЛ ($\lambda_{\max}=0,565$ мк), присутствие Zn и O $_2$ обнаруживает красную ЭЛ ($\lambda_{\max}=0,71$ и $0,945$ мк). В этом случае энергетический переход, отвечающий за ЭЛ находится или между двумя уровнями Sn и Au-Zn электродов, или между зоной и одним из уровней [45-47]. Изучение влияния доноров и акцепторов на оптические свойства GaP приведено в работах [22,23,25,48-50].

Исследование спектрального распределения фотолюминисценции в n-GaP, p-GaP, легированном Zn, р-п-перехода в GaP в зависимости от температуры и уровня инжекции рассмотрено в работе [51]. При этом было выяснено, что спектральное распределение рекомбинационного излучения не зависит от механизма возбуждения. Помимо максимумов $\sim 1,8$ и $2,0$ эВ в р-п-переходах, имеются максимумы $\sim 2,4$ и $2,8$ эВ, связанные с прямыми и непрямыми переходами из зоны в зону, что было выяснено при измерении спектральной зависимости фото-ЭДС. При комнатной температуре напряжение холостого хода в фотоэлементах достигало $1,2$ В.

В р-п-переходах в GaP [52] фототок состоит из тока носителей, генерированных светом в толще перехода и на расстоянии диффузионной длины от него. Величина фототока определяет величину диффузионной длины. Размножение носителей тока в р-п-переходах в GaP качественно и количественно подобно этому явлению в кремнии.

Технология поверхностно-барьерных диодов Шоттки включает в себя подготовку поверхности полупроводника (полировка, травление, очистка), создание омического контакта вплавлением тонких слоёв металла в полупроводник [55] и создание барьерного контакта либо напылением металла на сколотую в высоком вакууме поверхность полупроводника [27], либо электрохимическим [8] или низкотемпературным химическим [55,57] осаждением металла на химически обработанную поверхность полупроводника.

Изучение наноструктурированных фотодиодов Шоттки впервые было начато в 1976 году во главе полупроводникового твёрдого раствора GaAs $_{1-x}$ P $_x$ [57]. Использованием низкотемпературной химической нанотехнологии был разработан фотоприёмник видимого и ультрафиолетового излучения на основе Au-GaAs $_{1-x}$ P $_x$ поверхностно-барьерных структур. При $x=0,4$ GaAs $_{1-x}$ P $_x$ поверхностно-барьерные структуры имеют высокую фоточувствительность (вплоть до $0,4$ эл./фот.) в видимой и ультрафиолетовой областях спектра и практически не чувствительны к инфракрасному излучению. Максимальная эффективность достигается при толщине слоя золота около 15 нм (рис.4) [57]. Данная методика была использована в дальнейшем для создания высокоэффективных фотодиодов Шоттки на основе GaP [10,58,59].

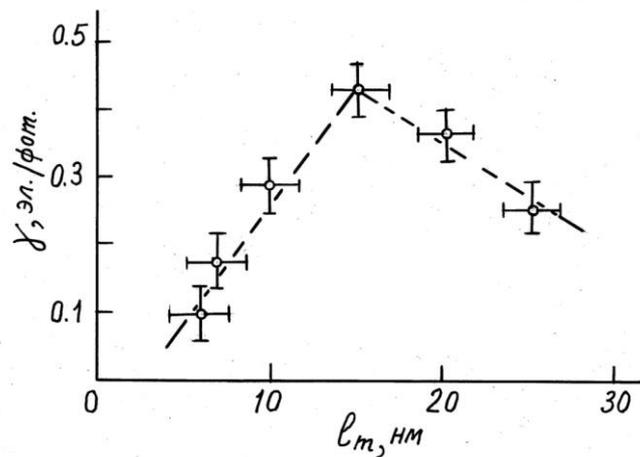


Рис. 4. Зависимость квантовой эффективности Au-GaAs_{1-x}P_x от толщины слоя Au (T=300 K) [57].

В работе [60] проведён широкий комплекс работ по разработке и исследованию высокочувствительных фотоприёмников с барьером Шоттки на основе GaP, GaP_xAs_{1-x} и GaAs. Исследованием электрофизических характеристик Au-n-GaP показано, что они близки к идеальному барьеру Шоттки и обладают фоточувствительностью в области 200 – 510 нм. Максимальная фоточувствительность наблюдается при (430 – 440) нм. Токовая чувствительность при λ_{max} достигает до значения 0,15 А/Вт. При $\lambda=254$ нм токовая чувствительность равна 0,04 А/Вт (рис. 5).

Использование GaP в фотоэлектропреобразователях для УФ области спектра основано на том, что, хотя GaP имеет $E_g = 2,26$ эВ, что значительно меньше энергии квантов УФ излучения, этот полупроводник непрямозонный и имеет пороговую энергию прямых оптических переходов с высоким коэффициентом поглощения света ($E_0 = 2,8$ эВ), достаточно близкую к границе УФ области спектра [58,60,62].

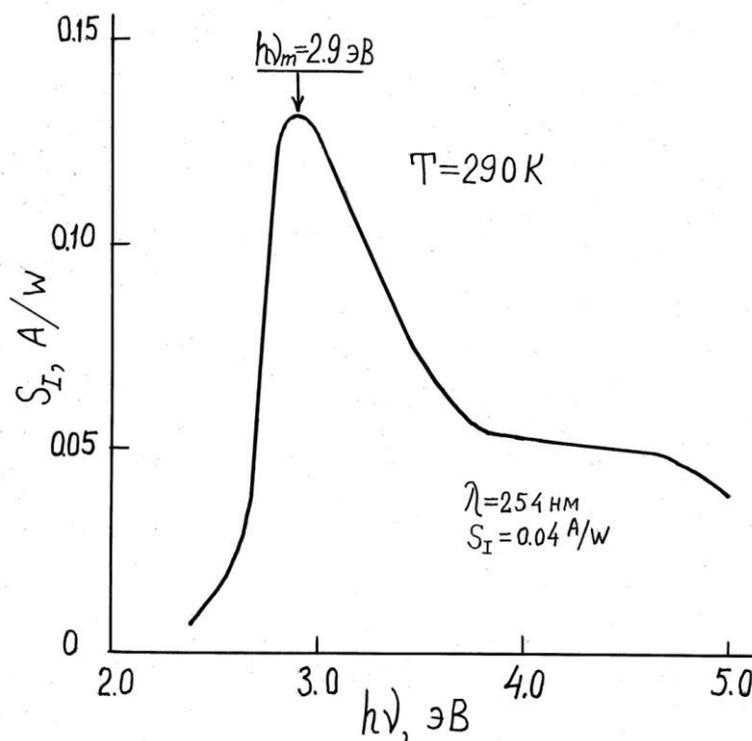


Рис. 5. Спектральная характеристика фотодиода на основе GaP [60].

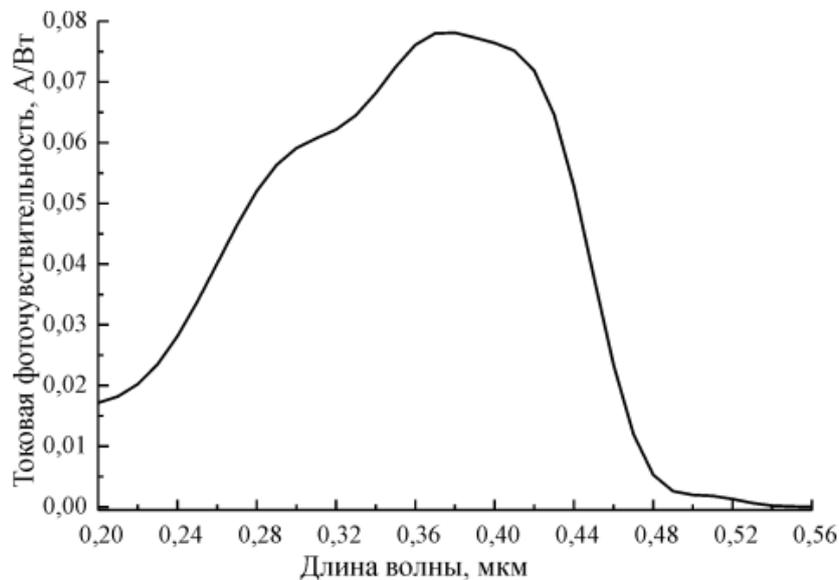


Рис. 6. Спектр фоточувствительности фотоэлектропреобразователя с барьером Шоттки Au-n-GaP [63]. $T=300\text{ K}$.

Спектральная область фотодиодов Шоттки Au-GaP [38,63] составляла 0,2-0,55 мкм (рис. 6) с максимумом при $\sim 0,4$ мкм. Величина S_1 достигала 0,12 А/Вт в максимуме спектра и 0,03 А/Вт

при 0,254 мкм. При энергиях фотонов $\hbar\omega > 3,7\text{ эВ}$ коэффициент поглощения света в GaP превышает $6 \cdot 10^5\text{ см}^{-1}$ [64]. Малая потеря фоточувствительности в УФ области спектра связана с неполным разделением неравновесных

носителей заряда [63]. Использование ИТО (смесь SnO_2 и In_2O_3) вместо Au [65] приводит к тому, что токовая монохроматическая чувствительность к излучению с длиной волны 250 нм у такой структуры достигает 0,1- 0,12 А/Вт. Интересно отметить, что фотоотклик диодов Au-GaP, изготовленных в системе масляной диффузии, в пределах экспериментальной ошибки не изменился наличием внешних загрязнений [66].

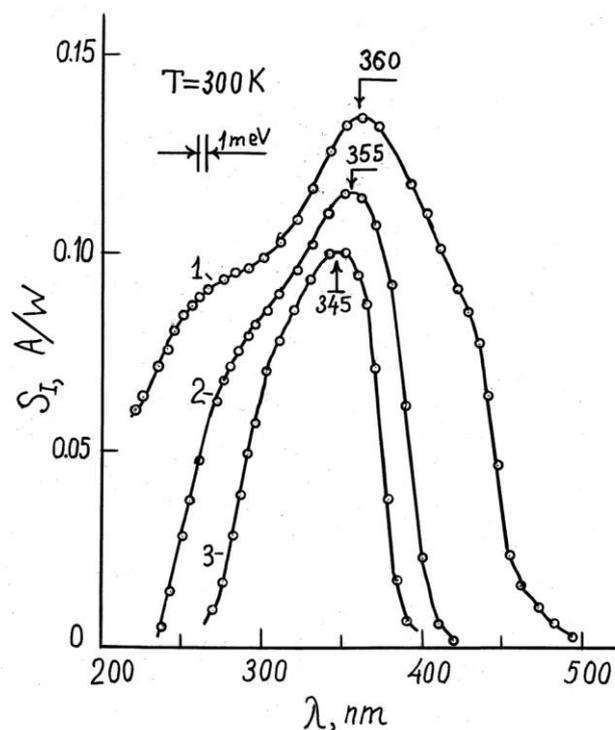


Рис. 7. Фоточувствительность Au-окисел-n-GaP: 1-отсутствие УФС; 2-УФС-5; 3-УФС-2 [59].

Комплектация GaP фотодиодов УФС-2 светофильтром делает их спектр близким к спектру солнечного УФ излучения. Спектры токовой фоточувствительности (S_1) Au-окисел-n-GaP фотоприёмника без светофильтра (1), со светофильтром УФС-5 (2) и со светофильтром УФС-2 (3) представлены на рис. 7. Высокая фоточувствительность (ФЧ) прибора в УФ области спектра обеспечивается большим значением пороговой энергии прямых оптических переходов GaP ($E_0=2,8$ эВ, 300 К) [59].

При этом световая чувствительность фотодиодов на основе GaP при температуре $(-190\div 300)^\circ\text{C}$ в области $(250\div 410)$ нм остаётся практически постоянной [60].

Результаты изучения влияния коэффициента идеальности β (толщины промежуточного слоя δ) на коротковолновую фоточувствительность GaP структур (рис. 8) приведены в работе [61]. Создание поверхностно-барьерных

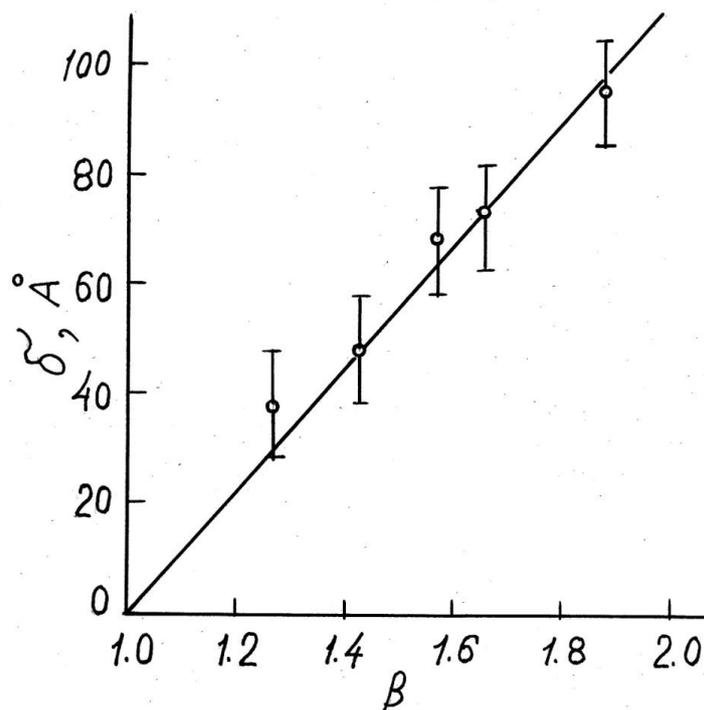


Рис. 8. Зависимость толщины диэлектрического слоя δ в структурах GaP от их коэффициента идеальности β [61].
структур металл-полупроводник на основе GaP с тонким промежуточным слоем ($\delta=30-60$ Å) между полупроводником и металлом позволяет существенно повысить их фоточувствительность в ультрафиолетовой области спектра (рис. 9).

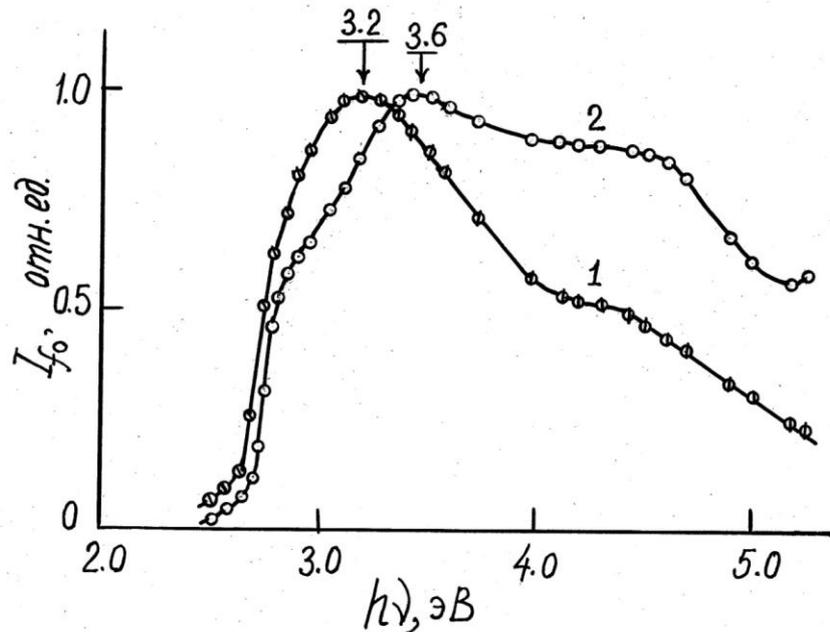


Рис. 9. Спектры фототока Au-n-GaP с разными коэффициентами идеальности β ($1 - \beta = 1,07$
 $2 - \beta = 1,44$) [61].

Спектры фоточувствительности диодов Шоттки Au-GaP в относительных единицах при энергии фотонов $h\nu < 2,8$ эВ приведены в работах [62,66] и определены высоты поверхностного потенциального барьера. Исследования спектров квантовой эффективности фотоприёмников Au-n-GaP-n⁺-GaP установили, что с уменьшением плотности состояний на поверхности фосфида галлия от $3 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-2} \cdot \text{В}^{-1}$ до $1 \cdot 10^{11} \text{ см}^{-2} \cdot \text{В}^{-1}$ квантовая эффективность фотоприёмника в области энергии 3-5 эВ возрастает в 3-4 раза [67].

Измерение фоточувствительности структур Au-n-GaP при обратном смещении выполнено в работе [64]. При $h\nu \cong E_g$ наблюдался рост отношения $I_f(U)/I_f(0)$ с возрастанием энергии фотонов, что связано с началом генерации носителей тока в полупроводнике и обусловлено изменением толщины слоя объёмного заряда W под влиянием напряжения U . С дальнейшим ростом $h\nu$, вплоть до начала прямых переходов в GaP, отношение $I_f(U)/I_f(0)$ слабо зависело от энергии фотонов из-за однородности генерации электронно-дырочных пар в фотоактивном слое (слабое поглощение света). На фоне такого изменения в области $h\nu = 2,2-2,3$ эВ при 300 К и 2,3-2,4 эВ при 80 К наблюдалась структура, связанная с эффектом Франца-Кельдыша для непрямых оптических переходов [35,64]. Эта структура по форме несколько отличалась от образца к образцу. Кроме того, при 80 К отмечен небольшой максимум $I_f(U)/I_f(0)$ в области $h\nu \cong 2,65$ эВ. Подобный максимум наблюдался и ранее в спектрах изменения фототока p-n-переходов [35] и коэффициент поглощения GaP [34] и связывался с

непрямыми переходами в расположенном более высоко минимуме зоны проводимости.

Следует отметить, что поверхностно-барьерные структуры на основе широкозонных полупроводников A^{III}B^V имеют спадающую коротковолновую фоточувствительность с ростом $h\nu$, в связи с переходом горячих электронов из полупроводника в металл [41].

Результаты и их обсуждение

В данной работе объектом исследования служили Au-n-GaP/n⁺-GaP и Au-p-GaP/p⁺-GaP структуры. В качестве подложек использовались пластинки n⁺-GaP ($n^+ = 5 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$, 300 К), p⁺-GaP ($p^+ = 2 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$, 300 К) соответственно, толщиной 350-400 мкм, изготовленные методом Чохральского. Активные слои n-GaP и p-GaP толщиной 10-20 мкм выращивались методом жидкофазной эпитаксии [68]. Омический контакт к подложке n⁺-GaP и p⁺-GaP изготовлялся сплавлением индия (In) [10], сплава [56], содержащего 97% In + 3% Zn соответственно, в атмосфере водорода при температуре 550 °С в течение около 5 мин. Наноструктурированный барьерный контакт создавался химическим осаждением слоя золота при комнатной температуре (300 К) из раствора золотохлористоводородной кислоты H₂AuCl₄ по методике [57]. Толщина барьерных слоёв золота, согласно эллипсометрическим данным, составляла 10-15 нм. Площадь барьерного контакта (Au) у разных структур имела значение от 0,05 до 0,2 см². Конструктивная схема барьеров Шоттки (БШ) Au-n-GaP и Au-p-GaP, а также условия их освещения представлены на рис.10.

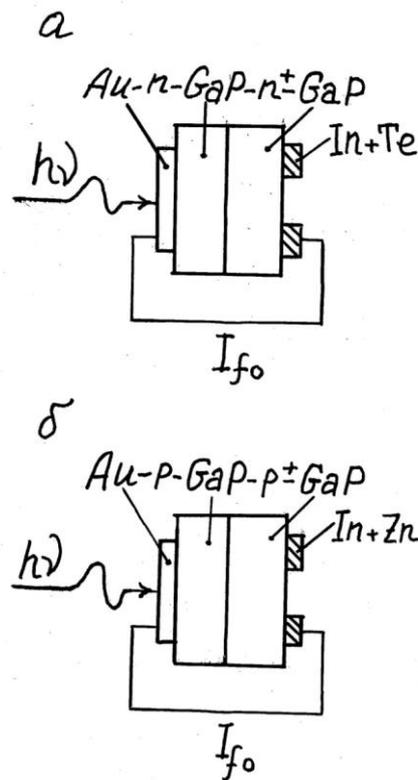


Рис.10. Конструктивная схема наноструктурированного фотодиода:
 а) Au-n-GaP, б) Au-p-GaP.

Были исследованы вольт-ёмкостные (C-U) характеристики и спектр фототока короткого замыкания ($I_f - h\nu$) созданных Au-n-GaP и Au-p-GaP диодных структур при 300 К. На основе анализа электрических (C-U) и использованием модернизированного фотоэлектрического метода [69] фотоэлектрических ($I_{f_0} - h\nu$) свойств БШ определялись параметры кристаллов GaP: концентрация носителей заряда (N_a-N_a , N_d-N_a), энергия прямых межзонных переходов E_0 . Оценивались также параметры энергетических диаграмм БШ: ширина слоя объёмного заряда W_0 , максимальное электрическое поле E_{m_0} при нулевом смещении и $q\Phi_{B_0}$.

Для определения параметров энергетической диаграммы Au-n-GaP и Au-p-GaP структур измерения C-U характеристик проводились на частоте 10 кГц. Зависимость дифференциальной ёмкости C от напряжения U для исследуемых и контрольных структур линейна в координатах $1/C^2 = f(U)$, что соответствует теории Шоттки.

Типичные спектры фоточувствительности БШ Au-n-GaP и Au-p-GaP в спектральном диапазоне 0,9 – 3,8 эВ при их освещении со стороны слоя Au представлены на рис. 11, 12.

При энергиях фотонов $1,30 \text{ эВ} < h\nu < 2,26 \text{ эВ}$ (рис. 11), $0,78 \text{ эВ} < h\nu < 2,26 \text{ эВ}$ (рис. 12) зависимость фототока короткого замыкания I_{f_0} от энергии фотонов $h\nu$ для Au-n-GaP и Au-p-GaP соответственно оказалась квадратичной,

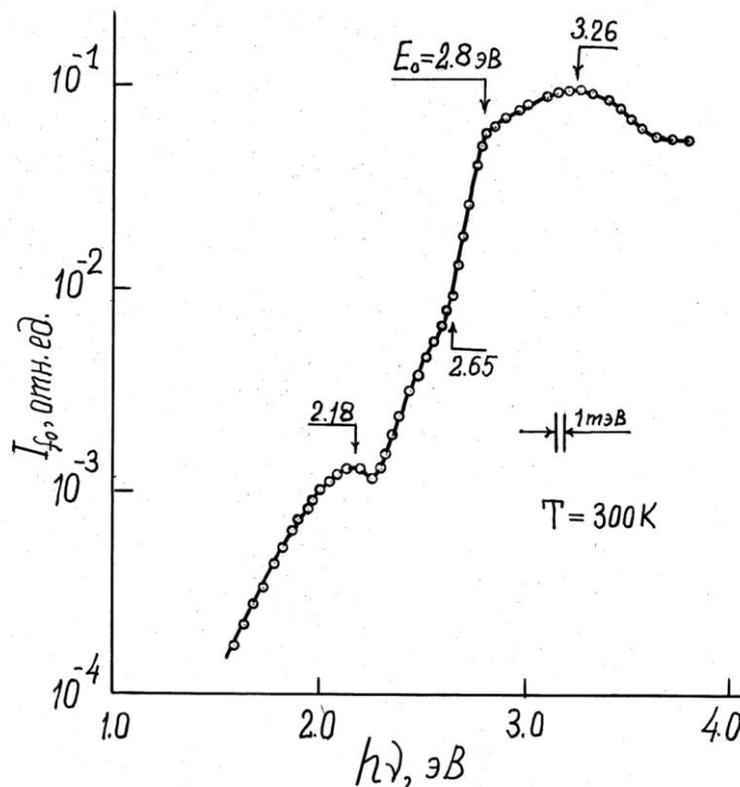


Рис. 11. Спектр фоточувствительности Au-n-GaP при освещении со стороны слоя Au.

что соответствует закону Фаулера, а высота барьера, определённая из $I_{f_0} \approx (h\nu - q\phi_{B_0})$ и составляющая 1,30 эВ для Au-n-GaP, 0,78 эВ для Au-p-GaP,

равна высоте барьера 1,36 эВ и 0,86 эВ для Au-n-GaP и Au-p-GaP соответственно, определённой по данным C – U характеристикам из выражения: $q\phi_{B_0} = qU_D - \mu = qU_C + kT - \mu$, где U_D – диффузионный потенциал, k – постоянная Больцмана, U_C – ёмкостное напряжение отсечки, μ – энергия уровня Ферми (E_f). В данном случае I_{f_0} обусловлен фотоэмиссией носителей заряда, переходящих из металла в полупроводник через

барьер [28,53,54]. В исследованных Au-n-GaP и Au-p-GaP структурах в области фотонов $q\phi_{B_0} < h\nu < E_g$ в спектре фототока наблюдался локальный максимум при $h\nu \approx 2,18$ эВ (рис.11,12). Данное явление может быть связано с экситонным поглощением, поскольку кристалл слабо легирован донорами (акцепторами), или переходами мелкие доноры (акцепторы) – зона проводимости. Связанные носители заряда, появляющиеся в результате таких переходов, выбрасываются в разрешённые зоны электрическим полем в слое объёмного заряда и фононами в объёме, создавая фототок.

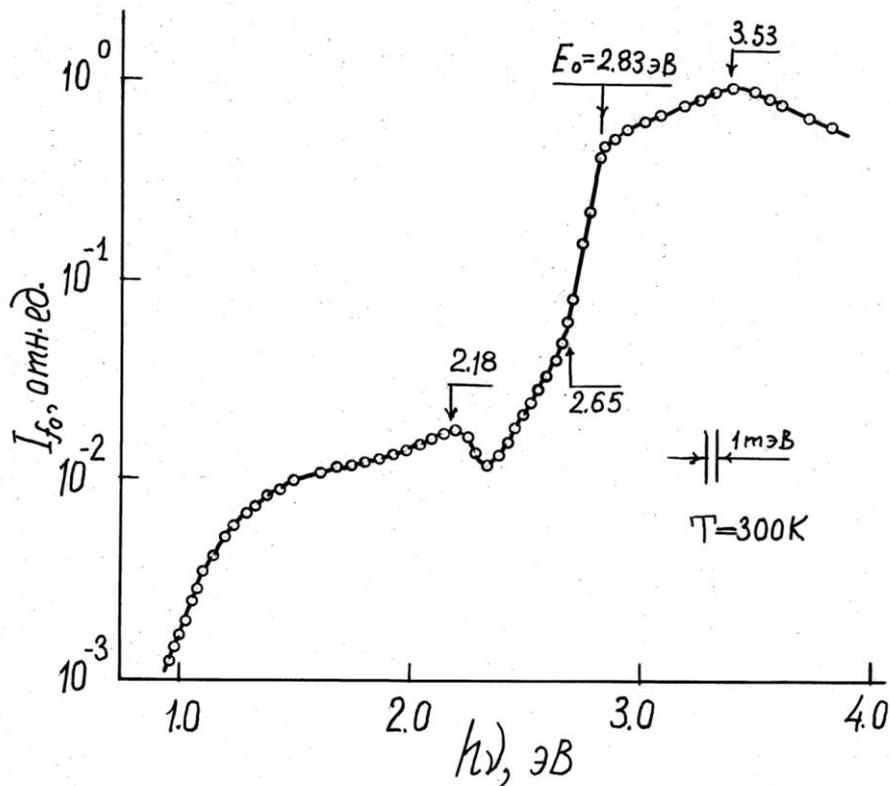


Рис. 11. Спектр фоточувствительности Au-p-GaP при освещении со стороны слоя Au.

При энергиях фотонов $h\nu \geq 2,26\text{эВ}$ зависимость фототока от энергии фотонов вначале растёт, затем практически не изменяется, а далее слабо уменьшается. Фототок данных структур при $h\nu \geq E_g$ обусловлен возбуждением электронно-дырочных пар в полупроводнике и разделением их полем поверхностного потенциального барьера E_{m_0} . При $h\nu \geq 2,3\text{эВ}$ наблюдается резкий рост фоточувствительности, связанный с началом межзонных переходов в GaP [64]. В области 2,3-2,8 эВ существует хорошее соответствие спектров фоточувствительности и коэффициента оптического поглощения в фосфиде галлия, измеренного в [39], при комнатной температуре.

При анализе экспериментальной зависимости I_{f_0} от $h\nu$ для Au-p-GaP структур по известной методике [70,71] было определено значение энергии прямых оптических переходов E_0 (рис. 11, 12), которое составляло 2,80 эВ для Au-n-GaP (рис. 11) и 2,83 эВ для Au-p-GaP (рис. 12), при 300 К.

При энергиях фотонов, больших, чем энергия прямых переходов E_0 фототок практически не зависит от энергии фотонов, что соответствует формуле Гартнера: $I_{f_0} = -q\Phi \left[1 - \frac{\exp(-kW)}{1+kL_p} \right]$, где Φ – поток фотонов, прошедших в полупроводнике, W – ширина слоя объёмного заряда, L_p – диффузионная длина неосновных носителей заряда, k – коэффициент поглощения.

Экспериментальные зависимости $I_{f_0}^{1/2}$ от $h\nu$ (рис. 13) оказываются линейными. Высота барьера $q\phi_{B_0}$, ширина запрещённой зоны E_g определялись путём экстраполяции этой зависимости к значению $I_{f_0}^{1/2} = 0$. В исследованной Au-p-GaP структуре величина $q\phi_{B_0}$ оказалась равной 0,78 эВ [72] (для Au-n-GaP составляла 1,30 эВ), $E_g=2,26$ эВ в соответствии с данными [5].

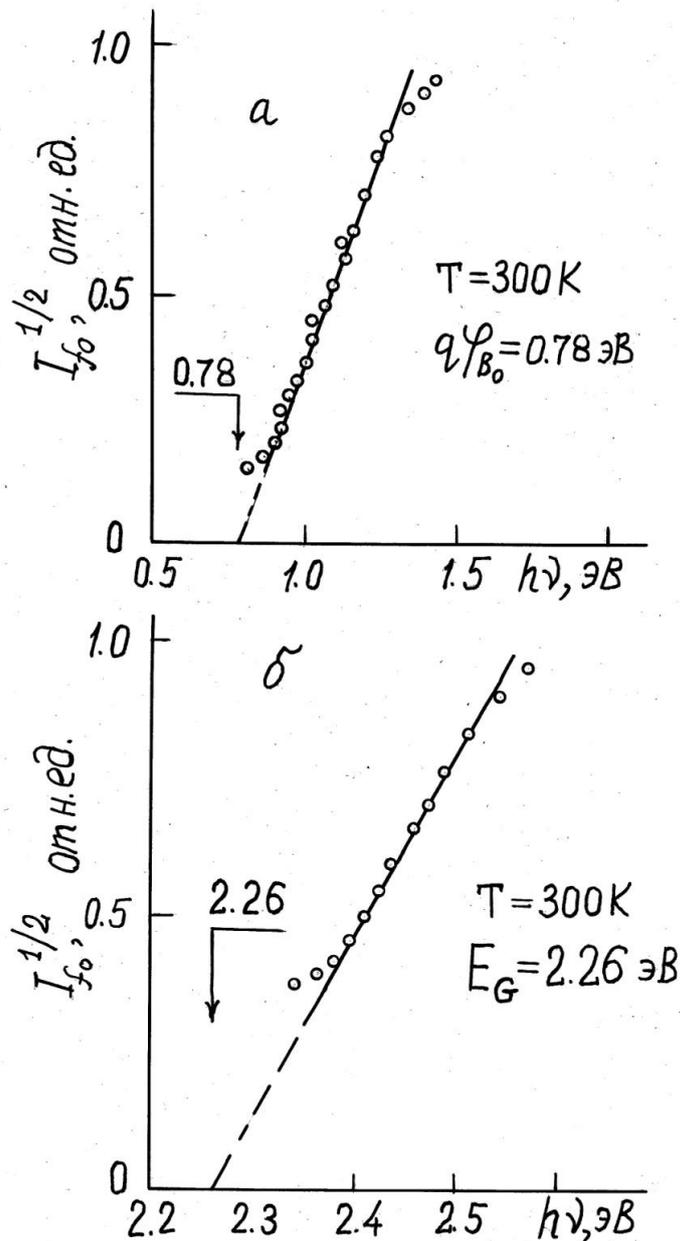


Рис. 13. Зависимости корня квадратного из величины фототока $I_{f_0}^{1/2}$ от энергии фотонов $h\nu$ для m - s -структуры Au-p-GaP .

Следует отметить, что фоточувствительность исследованных структур при $h\nu < E_g$ (2,26 эВ при 300 К) на два и более порядков ниже фоточувствительности в ультрафиолетовой области спектра ($h\nu = 3,2 - 3,8\text{ эВ}$).

Заключение

Полученные экспериментальные данные позволяют разработку фотоприёмников из фосфид галлиевых структур для актуальных участков УФ области спектра и создание миниатюрных измерительных устройств на их основе, позволяющих, в частности, проводить мониторинг УФ с целью определения влияния УФ излучения на жизнедеятельность человека.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алфёров Ж.И. Физика и жизнь.-Изд.2-е, доп. -М.: СПб: Наука,2001.-288 с.
2. Бланк Т.В., Гольдберг Ю.А. Полупроводниковые фотопреобразователи для ультрафиолетовой области спектра // ФТП. - 2003. - Т.37. - Вып.9. - С. 1025-1055.
3. Галчина Н.А., Коган Л.М., Социн Н.П., Широков С.С., Юнович А.Э. Спектры электролюминесценции ультрафиолетовых светодиодов на основе p-n-гетероструктур InGaN/AlGaIn/GaN , покрытых люминофорами // ФТП. - 2007. - Т.41. - Вып.9. - С.1143-1148.
4. Tut Turgut, Gokkavas Mutlu, Inal Ayse, Ozbay Ekmel. $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ -based avalanche photodiodes

- with high reproducible avalanche gain // *Appl. Phys. Lett.* - 2007. - V.90. - No.16. - P. 16506/1-16506/3.4.
5. Шуберт Ф. Светодиоды: Пер. с англ. / Под ред. А.Э.Юновича. - 2-е изд. - М.:Физматлит, 2008. - 496 с.
 6. Жилиев Ю.В., Родин С.Н. Рост слоёв нитрида галлия методом хлоридной газовой эпитаксии при пониженной температуре источника // Письма в ЖТФ. - 2010. - Т.36. - Вып.9. - С.11-16.
 7. Лудин В.В., Николаев, Сахаров А.В., Брунков П.Н., Заварин Е.Е., Цацульников А.Ф. Эпитаксия слоёв AlN с высокой скоростью роста в планетарном МОС-гидридном реакторе // Письма в ЖТФ. - 2010. - Т.36. - Вып.24. - С.33-39.
 8. Сорокин Л.М., Калмыков А.Е., Бессолов В.Н., Феоктистов Н.А., Осипов А.В., Кукушкин С.А., Веселов Н.В. Структурная характеристика эпитаксиальных слоёв GaN на кремнии: влияние буферных слоёв // Письма в ЖТФ. - 2011. - Т.37. - Вып.7. - С.72-79.
 9. Buniatyan V.V., Aroutiounian V.M. Wide gap semiconductor microwave devices // *J. Phys. D.* - 2007. - V.40. - No. 20. - P.6355-6385.
 10. Мелебаев Д. Фотоприёмники ультрафиолетового излучения на основе наноструктур Au-окисел-n-GaP // Труды Межд. науч.-техн. конф. «Нанотехнологии функциональных материалов» (НФМ'10). - Санкт-Петербург: Изд. Политехнического университета. - 2010. - С.114-115.
 11. Грачёв В.М., Евстропов В.В., Елисева Н.М. и др. Высокоэффективные диоды-источники красного излучения из GaP // ФТП. - 1968. - Т.2. - Вып.7. - С.1055.
 12. Lorenz M.R., Pilkuhn M. Preparation and Properties of Solution Grown Epitaxial p-n-junctions in GaP // *J. Appl. Phys.* - 1966. - Vol. 37. - No.11. - P.4094-4102.
 13. Баранский П.И., Беляев А.Е., Городничий О.П., Макаренко В.Г. Влияние иттербия на электрофизические свойства эпитаксиальных слоёв n-GaP // ФТП. - 1988. - Т.22. - Вып.1. - С.158-161.
 14. Жилиев Ю.В., Панютин Е.А., Фёдоров Л.М. Высокотемпературные диоды на основе фосфида галлия // Письма в ЖТФ. - 2009. - Т.35. - Вып.17. - С.50-57.
 15. Гавриленко В.И., Грехов А.М., Корбутяк Д.В., Литовченко В.Г. Оптические свойства полупроводников: Справочник. - Киев: «Наукова думка», 1987. - 607с.
 16. Грибковский В.П. Теория поглощения и испускания света в полупроводниках. - Минск: «Наука и техника», 1975. - 464 с.
 17. Лебедев А.И. Физика полупроводниковых приборов. - М.: Физматлит, 2008. - 488 с.
 18. Оура К., Лифшиц В.Г., Саранин А.А., Зотов А.В., Катаяма М. Введение в физику поверхности - М.: Наука, 2006. - 490 с.
 19. Зегря Г.Г., Перель В.И. Основы физики полупроводников. - М.: Физматлит, 2009. - 336 с.
 20. Aspnes D.E., Studna A.A. Dielectric functions and optical parameters of Si, Ge, GaP, GaAs, GaSb, InP, InAs, and InSb from 1,5 to 6,0 eV // *Phys. Rev. B.* - 1983. - Vol.27. - No.2. - P.985-1009.
 21. Cohen M.L. and Bergstresser T.K. Band structures and Pseudopotential Form Factors for Fourteen Semiconductors of the Diamond and Zincblende Structures // *Phys. Rev.* - 1966. - Vol.141. - No.2. - P.789-796.
 22. Dean P.J., Faulkner R.A., Kimura S. Optical Properties of the Donor Tin in Gallium Phosphide // *Phys. Rev. B.* - 1970. - Vol.2.-No.10.-P.4062-4076.
 23. Onton A., Morgan T.N. Effect of Uniaxial Stress on Excitons Bound to Bismuth in GaP // *Phys. Rev. B.* - 1970. - Vol.1. - No.6. - P.2592-2604.
 24. Panish M.B., Casey H.C., Jr. Temperature Dependence of the Energy Gap in GaAs and GaP // *J. Appl. Phys.* - 1969.-Vol.40.-No.1.-P.163-167.
 25. Phillips J.C. Dielectric Theory of Impurity Binding Energies. II. Donor and Isoelectronic Impurities in GaP // *Phys. Rev. B.* - 1970. - Vol.1. - No.4. - P.1545-1548.
 26. Spitzer W.G., Gershenzon M., Frosch C.J., Gibbs D.F. // *J. Phys. Chem. Sol.* - 1959. - Vol.11. - P.339.
 27. Spitzer W.G., Mead C.A. Barrier Height Studies on Metal-Semiconductor Systems // *J. Appl. Phys.* - 1963. - Vol. 34. - No.10. - P.3061-3069.
 28. Spitzer W.G., Mead C.A. Conduction Band Minima of Ga(As_{1-x}P_x) // *Phys. Rev.* - 1964. - Vol. 133. - No. 3A. - P. A872-A875.
 29. Zallen R., Paul W. Band structure of Gallium Phosphide from Optical Experiments at High Pressure // *Phys. Rev.* - 1964. - Vol.134. - No.6A. - P. A1628-A1641.
 30. Юнович А.Э. Излучательная рекомбинация и оптические свойства фосфида галлия // Излучательная рекомбинация в полупроводниках. - М.: Наука, 1972. - С.224-304.
 31. Спайсер У.Е., Иден Р.К. // Труды IX Межд. конф. по физ. полупр. - Т.1. - Москва. - 1968. - С.68.
 - 31^a. Morgan T.N., Welber B., Bhargava R.N. Optical properties of Cd-O and Zn-O complexes in GaP // *Phys. Rev.* - 1968. - V.166. - P.751.
 32. Dean P.J., Kaminsky G., Zetterstrom R.B. Intrinsic Optical Absorption of Gallium Phosphide between 2,33 and 3,12 eV // *J. Appl. Phys.* - 1967. - Vol.38. - No.9. - P.3551-3556.
 - 32^a. Kleinman D.A., Spitzer W.G. Infrared lattice absorption of GaP // *Phys. Rev.* - 1960. - V.118. - P.110.
 33. Гуткин А.А., Наследов Д.Н., Фараджев Ф.Э. Электропоглощение в GaP в области не прямых оптических переходов // ФТП. - 1973. - Том7. - Вып.7. - С.1280-1286.
 - 33^a. Пихтин А.Н., Яськов Д.А. Край собственного поглощения фосфида галлия // ФТТ. - 1969. - Т.11. - Вып.3. - С.560-566.
 34. Субашиев В.К., Чаликян Г.А. Эффект Франца-Келдыша и оптическое поглощение GaP_xAs_{1-x} // Тр. IX Межд. конф. по физ. полупр. - Т. 1. - Л.: Изд-во «Наука», 1969. - С.397.
 - 34^a. Шмарцев Ю.В., Ременюк А.Д. Поглощение инфракрасного излучения в фосфиде

галлия n-типа. III. О структуре зоны проводимости // ФТП. – 1969. – Т.3. – С.1697.

35. Kozakov O., Nasledov D.N., Slobodchikov S.V. Franz-Keldysh effect on indirect transitions in GaP // Phys. Stat. Sol. - 1969. - V. 35. - No.1.-P.139-144.

35^a. Белле М.Л., Алферов Ж.И., Григорьева В.С., Крадинова Л.В., Прочухан В.Д. Оптическое отражение фосфида галлия, арсенида галлия и их твёрдых растворов // ФТТ. – 1966. – Т.8. – Вып.9. – С.2623-2627.

36. Thompson A.G., Cardona M., Shaklee K.L., Wooley J.C. Electroreflectance in the GaAs-GaP Alloys // Phys. Rev. - 1966. - Vol.146. -No.2.-P.601-610.

36^a. Crowell C.R., Spitzer W.G., Howarth L.E., Labate E.E. Attenuation length measurements of hot electrons in metal films // Phys. Rev. – 1962. – Vol.127. – No.6. – P.2006-2015.

37. Джонсон Е. Поглощение вблизи края фундаментальной полосы // Оптические свойства полупроводников (полупроводниковые соединения $A^{III}B^V$): Пер с англ. / Под ред. Уиллардсона Р. и Бира А. - М.: Изд-во Мир, 1970. - 488с.

37^a. Берг А., Дин П. Светодиоды: Пер с англ. / Под ред. Юновича А.Э. – М.: Изд-во «Мир», 1979. – 686 с.

38. Huges R.C., Zipperian T.E., Dawson L.R., Biefeld R.M., Walko R.J., Dvorack M.A. Gallium phosphide junctions with low leakage for energy conversion and near ultraviolet detectors // J. Appl. Phys. - 1991. - Vol.69. - No.9. - P.6500-6505.

38^a. Mead C.A. Metal-semiconductor surface barriers // Sol. State Electronics - 1966. - Vol.9. - No.11-12. - P.1023-1033.

39. Серафин Б., Беннетт Х. Оптические параметры ряда соединений $A^{III}B^V$ // Оптические свойства полупроводников (полупроводниковые соединения $A^{III}B^V$): Пер с англ. / Под ред. Уиллардсона Р. и Бира А. - М.: Изд-во Мир, 1970. - 488с.

39^a. Мелебаев Д., Мелебаева Г.Д., Рудь В.Ю., Рудь Ю.В. Фоточувствительность и определение высоты барьеров Шоттки в структурах Au-n-GaAs // ЖТФ. – 2008. – Т.78. – Вып.1. – С.137-142.

40. Dean P.J., Thomas D.G. Intrinsic absorption-edge spectrum of gallium phosphide // Phys. Rev. - 1966. - V.150. - P. 690.

41. Молекулярно-лучевая эпитаксия и гетероструктура : Пер. с англ. / Под ред. Ченг Л., Плог К. – М.: Мир, 1989. – 584 с.

42. Varshni Y.P. Temperature dependence of the energy gap in semiconductors // Physica. - 1967. - V.34. - P.149.

43. Lorenz M.R., Pettit G.D., Taylor R.C. // Phys. Rev. - 1971. - Vol.171. - P.876.

44. Евстропов В.В., Джумаева М., Жилиев Ю.В., Назаров Н., Ситникова А.А., Фёдоров Л.М. Дислокационное происхождение и модель избыточного туннельного тока в p-n-структурах на основе GaP // ФТП. - 2000. - Том.34. - Вып.11. - С.1357-1362.

45. Logan R.A., White H.G., Wiegmann W. Efficient green electroluminescence in nitrogen-doped GaP p-n-junctions // Appl. Phys. Lett. - 1968. - Vol.13. - No.4. - P.139-141.

46. Logan R.A., White H.G., Wiegmann W. Efficient green electroluminescent junctions in GaP // Sol. State Electronics. - 1971. - Vol.14. - P.55-70.

47. Stakiewicz J., Allen J.W. Injection electroluminescence at p-n-junctions in zinc-doped gallium phosphide // J. Phys. Chem. Sol. - 1962. - Vol.23. - P.881-884.

48. Lorenz M.R., Pettit G.D., Blum S.E. Optical properties of the Ge donor and acceptor in GaP // Solid State Commun. - 1972. - Vol.10. - P.705-708.

49. Onton A., Taylor R.C. Spectroscopic Study of Tellurium Donors in GaP // Phys. Rev. B. - 1970. - Vol.1. - No.6. - P.2587-2591.

50. Wiley J.D., DrDomenico M. Jr. Free-Carrier Absorption in n-Type GaP // Phys. Rev. B. - 1970. - Vol.1. - No.4. - P.1655-1659.

51. Grimmeiss H.G., Rabenau A., Koelmans H. Some properties of p-n-junctions in GaP // J. Appl. Phys. Suppl. - 1961. - Vol.32. - No.10. - P.2123-2127.

52. Logan R.A., Chynoweth A.G. Charge multiplications in GaP p-n-junctions // J. Appl. Phys. - 1962. - Vol. 33. - No.5 - P.1649-1654.

53. Mead C.A., Spitzer W.G. Conduction band minima at AlAs and AlSb // Phys. Rev. Letters - 1963. - Vol.11. - No.8. - P.358-361.

54. Зи С. М. Физика полупроводниковых приборов: Пер. с англ. / Под ред. Трутко А.Ф. - М.: «Энергия». - 1973. - 656 с.

55. Гольдберг Ю.А., Царенков Б.В. Современное состояние разработок и исследований поверхностно-барьерных структур металл-полупроводник A^3B^5 , создаваемых методом химического осаждения металлов // Полупроводниковая техника и микроэлектроника. – Киев, 1978. - Вып. 27. - С.33-43.

56. Dörbeck F.H. Electrochemically deposited Schottky contacts on GaAs // Sol. State Electronics - 1966. - Vol.9. - No.11-12. - P.1135-1136.

57. Беркелиев А., Гольдберг Ю. А., Мелебаев Д., Царенков Б.В. Фотоприёмник видимого и ультрафиолетового излучения на основе $GaAs_{1-x}P_x$ поверхностно-барьерных структур. // ФТП. - 1976. - Т. 10. - Вып. 8. - С. 1532-1534.

58. Жилиев Ю.В., Сергеев Д.В., Полетаев Н.К., Старобинец С.М., Фёдоров Л.М., Мелебаев Д., Дурдымурадова М. Создание и исследование структур с барьером Шоттки на основе GaP. - Л., 1988.

59. Мелебаев Д. Высокоэффективные фотоприёмники ультрафиолетового излучения на основе GaP МДП структур // Тр. VII Междунар. научно-практич. конф. «СИЭТ-2006». - г. Одесса. - 2006. - С.164.

60. Стафеев В.И., Анисимова И.Д. Фотодиоды с барьером Шоттки на основе GaP, GaP_xAs_{1-x} и GaAs для УФ и видимого диапазонов спектра // ФТП. - 1994. - Т.28. - Вып.3. - С. 461-466.

61. Видгорович Е.Н., Гольдберг Ю.А., Дурдымурадова М.Г., Мелебаев Д., Царенков Б.В.

Коротковолновая фоточувствительность поверхностно-барьерных структур: влияние промежуточного диэлектрического слоя // ФТП. - 1991. - Т.25. - Вып.8. - С.1419-1422.

62. White H.G., Logan R.A. GaP Surface-Barrier Diodes // J. Appl. Phys. - 1963. - Vol.34. - No.7. - P.1990-1997.

63. Царенков Б.В., Гольдберг Ю.А., Гусев Г.В., Огурцов В.И. Фотоэлектрические свойства поверхностно-барьерных структур Au-n-GaP в ультрафиолетовой области спектра // ФТП. - 1974. - № 2. - С.410-413.

64. Гуткин А.А., Дмитриев М.В., Наследов Д.Н. Фоточувствительность поверхностно-барьерных диодов Au-n-GaP в области спектра 1,4-5,2 эВ // ФТП. - 1972. - Т.6. - Вып.3. - С. 502-508.

65. Добровольский Ю.Г. Фотодиод на основе GaP с повышенной фоточувствительностью в коротковолновой области УФ-спектра // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. - 2012. - № 5. - С.31-34.

66. Cowley M., Heffner H. Gallium Phosphide-Gold Surface Barrier // J. Appl. Phys. - 1964. - V. 35. - No.1. - P. 255-256.

67. Жилиев Ю.В., Мелебаев Д., Полетаев Н.К., Сергеев Д.В., Федоров Л.М. Ультрафиолетовый поверхностно-барьерный фотоприёмник на основе

n-p⁺GaP эпитаксиальных структур // Тр. I Всес. конф. по физ. осн. твердотел. электрон. - Том А. - Л. - 1989. - С.190-191.

68. Андреев В.М., Долгинов Л.М., Третьяков Жидкостная эпитаксия в технологии полупроводниковых приборов / Под. ред. Алфёрова Ж.И. М.: «Сов. радио», 1975. – 328 с.

69. Беркелиев А., Гольдберг Ю.А., Именков А.Н., Мелебаев Д., Розыева М.Х. Фотоэлектрический метод определения параметров варизонных полупроводников // Изв. АН. ТССР. – Сер. ФТХ и ГН. – 1986. – Вып.1. – С.8-14.

70. Конников С. Г., Мелебаев Д., Рудь В. Ю. Исследование зонной структуры полупроводниковых твердых растворов GaP_xAs_{1-x} фотоэлектрическим методом // Письма в ЖТФ. - 1993. - Т.19. - Вып.13. - С.47-54.

71. Конников С.Г., Мелебаев Д., Рудь В.Ю. Поляриметрический эффект в GaP_xAs_{1-x} поверхностно-барьерных структурах // ФТП. - 1993. - Т.27. - Вып.4. - С.57-64.

72. Ташлиева А.М. Фоточувствительность барьеров Шоттки Au-p-GaP // Тез. докл. Российской конф. и школы по акт. пробл. полупр. нанофотоэлектрон. (ФОТОНИКА-2011). - г. Новосибирск. - 2011. - С.119.

УДК 378.146

ПРИМЕНЕНИЕ САМООРГАНИЗУЮЩИХСЯ КАРТ КОХОНЕНА ДЛЯ АНАЛИЗА БАЗЫ ПАТЕНТОВ

DOI: 10.31618/nas.2413-5291.2021.2.65.392

Пастухова Галина Витальевна

*Академическая школа информационных технологий при ПННУ,
614003, Россия, г. Пермь, улица Чернышевского, д. 28*

Рассматривается одна из технологий кластеризации – самоорганизующиеся сети Кохонена, проанализированы узкие места для анализа данных подобными алгоритмами. Затронуты общие проблемы адаптации математических моделей и применимости самих алгоритмов кластеризации.

Задача классификации – одна из древнейших задач, суть которой в разбиение множества исследуемых объектов на однородные в некотором смысле группы. Основание для классификации диктуется природой того, что классифицируем, хотя порой необходимо за основание брать такие метрики, для которых существуют объективные способы их измерения.

Также надо четко различать классификацию от типологии, последнее значительно шире. Под типологией понимается метод научного познания, в основе которого расчленение объектов и их группировка с помощью обобщенной, идеализированной модели или типа.

Типология может либо непосредственно основываться на понятии типа как основной логической единице расчленения изучаемой реальности, либо использовать иные логические формы, такие как:

- классификация, цель которой сводится к построению иерархических систем классов и их подклассов на основе некоторых признаков, не свойственных самим объектам (название, число) или присущих им;

- систематика, предполагающая максимально полную и расчлененную классификацию данного множества объектов с фиксированной иерархией единиц описания;

- таксономия, в рамках которой специально исследуются и обосновываются принципы рациональной классификации и систематики [5, С. 563-564].

Один из способов решения задачи автоматической классификации – это технология кластерного анализа, группы однородности в нем называются кластерами. Алгоритмы кластеризации очень похожи на алгоритмы классификации, но есть и принципиальные различия.

Так, например, алгоритмы классификации позволяют отнести в определенный класс каждый объект с заранее известными параметрами, полученными на этапе обучения и каждый объект может принадлежать только одной группе разбиения, что зачастую создает довольно таки жесткую модель, по ряду признаков «оторванную»

от реальных объектов, чья сущность двулика, а порой и n -лика.

В кластеризации же разбиваются множества объектов на кластеры, параметры которых заранее неизвестны. В классификации количество классов строго ограничено, а в кластеризации число кластеров может быть как произвольным, так и фиксированным. Таким образом, отличием кластерного анализа от других методов классификации является отсутствие обучающей выборки (классификация без обучения), а его достоинством – возможность производить разбиение объектов не по одному параметру, а по ряду признаков, что формально трактует задачу кластеризации как способ нахождения такого основания классификации, который оптимален и адекватен к измерению исходя из поставленной задачи.

Или иначе: кластерный анализ как таковой является не автоматической задачей, а итеративным процессом обнаружения знаний или интерактивной многоцелевой оптимизацией, которая включает в себя пробные и неудачные попытки.

Общепринятой классификации алгоритмов кластеризации не существует, но выделяют две группы по способу внутренних связей создаваемых кластеров: неиерархические и иерархические. Разница состоит в выдаваемых данных на выход. Алгоритмы иерархии на выходе дают некую иерархию кластеров, с системой как внутренней, так и внешних связей кластеров. Неиерархические – все алгоритмы, которые на выходе иерархию не выдают (или выбор интерпретации происходит не по уровню иерархии).

В свою очередь иерархические методы подразделяются на агломеративные и итеративные дивизимные процедуры.

Агломеративные (соединяющие) процедуры начинают свое выполнение с того, что каждый объект заносит в свой собственный кластер и по мере выполнения объединяют кластеры до тех пор, пока в конце не получается один кластер,

Итеративные дивизимные (разъединяющие) процедуры, напротив, сначала относят все объекты в один кластер и затем разделяют этот кластер до тех пор, пока каждый объект не окажется в своем собственном кластере, исходя из данных ранее условий разбиения, которые могут быть изменены для достижения желаемого качества.

Основными методами иерархического кластерного анализа являются метод ближнего соседа, методы средней и полной связи, а также метод Варда.

Неиерархических методов больше, хотя работают они на одних и тех же принципах. По сути, они представляют собой итеративные методы дробления исходной совокупности. В процессе деления формируются новые кластеры, и так до тех пор, пока не будет выполнено правило остановки. Между собой методы различаются выбором начальной точки, правилом формирования новых кластеров и правилом остановки. Чаще всего

используется алгоритм K -средних, который подразумевает, что аналитик заранее фиксирует количество кластеров в результирующем разбиении [3, С. 927-930].

Необходимо понимать, что кластерный анализ – суть многомерный статистический метод и исходные его данные могут быть значительного объема, т.е. существенно большим может быть, как количество объектов исследования (наблюдений), так и признаков, характеризующих эти объекты. Помимо объемности, эти данные зачастую являются «плохими», то есть природа их разнородности, слабоструктурируемости кроется не в невозможности или возможности разложения на кластеры, а в поиске основания для формирования (или нахождения) кластера или кластеров, ведь не секрет, что кластеризация данных необходима для решения некоей задачи, где природа данных порой вторична, а в первую очередь важны способы объективной оценки этих самых данных. Иначе говоря, это разложение кубиков по цвету, при решении задачи классификации по весу при отсутствии весов.

Чаще всего вышеуказанные ошибки (неудачное основание для классификации, и, как следствие, для кластеризации, «жесткая» модель интерпретации данных) типичны при реализации метода кластерного анализа технологиями нейронных сетей, которые решаются ручным подбором как функции активации, выбором меры расстояний, нормализация данных и т.п.

Объекты кластеризации представляются точками в n -мерном пространстве признаков (n – количество признаков, характеризующих объекты) и сходство между объектами определяется через понятие расстояния между точками, так как интуитивно понятно, что чем меньше расстояние между объектами, тем они более схожи.

Реализация кластерного анализа возможна посредством сетей (карт) Кохонена или самоорганизующихся карт признаков (Self-Organizing Maps или SOM), являющихся семейством соревновательных нейронных сетей без учителя, предложенных финским исследователем Теуво Кохоненом в начале 1980-х годов. Сущностью является методом проецирования многомерного пространства в пространство с более низкой размерностью.

Искусственная нейронная сеть Кохонена [9, С. 12-17] представляет собой двухслойную сеть. Каждый нейрон первого (распределительного) слоя соединен со всеми нейронами второго (выходного) слоя, которые расположены в виде двумерной решетки.

Нейроны выходного слоя называются кластерными элементами, их количество определяет максимальное количество групп, на которые система может разделить входные данные. Увеличивая количество нейронов второго слоя можно увеличивать детализацию результатов процесса кластеризации.

Для обучения сети Кохонена используется соревновательный метод, где на каждом шаге

обучения из исходного набора данных случайно выбирается один вектор. Далее производится поиск нейрона выходного слоя, для которого расстояние между его вектором весов и входным вектором — минимально.

По определённому правилу производится корректировка весов для нейрона-победителя и нейронов из его окрестности, которая задаётся соответствующей функцией окрестности. Чаще всего в качестве функции окрестности используется функция Гаусса

$$h(u, c, t) = \exp\left(-\frac{\rho(c, u)}{\sigma(t)}\right)$$

где u - номер нейрона в двумерной решетке второго слоя сети, для которого вычисляем значение h , c — номер нейрона-победителя в двумерной решетке второго слоя сети, t — параметр времени.

Радиус окрестности h должен уменьшаться с увеличением параметра времени:

$$\sigma(t) = \frac{1}{\exp(t^{-2})}$$

Алгоритм обучения сети Кохонена выглядит следующим образом:

1. Случайными значениями инициировать матрицу весов малыми (на отрезке $[-1,1]$);
2. Из элементов входного множества построить очередь, разместив их в случайном порядке, пометив всех как необработанные;
3. Первый необработанный элемент x выбрать из очереди;
4. Вычислить расстояние d_j для каждого выхода j между его вектором весов w_j и входным вектором x :

$$d_j := \rho(w_j, x);$$

5. Найти номер выходного нейрона j_m с минимальным расстоянием d_j :

$$j_m := \arg \min_j (d_j);$$

6. Вычислить изменение весов $\Delta W = \{\Delta w_u\}$ для всех нейронов u выходного слоя:

$$\Delta \bar{w}_u := (\bar{w}_u - \bar{x}) \cdot h(u, c, t) \cdot \eta, \quad (3)$$

где c — номер (пара индексов) нейрона победителя j_m в двумерной решетке второго слоя; u — номер (пара индексов) нейрона с вектором весов w_u в двумерной решетке второго слоя; w_u — вектор весовых коэффициентов связи входного слоя и выходного нейрона номер u ; x — текущий вектор входов сети; $h(u, c, t)$ — значение функции окрестности для

нейрона номер u в момент времени t ; η — коэффициент скорости обучения;

7. скорректировать матрицу весов

$$W := W - \Delta W;$$

8. пометить элемент входной очереди x как обработанный;

9. **если** в очереди остаются не обработанные точки, **то** переход на п.3.

10. **если** критерий остановки обучения не достигнут, **то** переход на п.2

11. **Конец.**

В качестве критериев останова процесса обучения можно использовать следующие:

- Количество полных циклов обучения ограничено константой, например, количество циклов равно количеству элементов во входном множестве.

- Выход сети стабилизируется, т.е. входные вектора не переходят между кластерными элементами.

- Изменения весов становятся незначительными [1, С.13-14]

Для анализа базы патентов (база ФИПС) советского периода метод кластерного анализа посредством карт Кохонена был доработан, а именно, было введено понятие соседства не столько по метрике расстояния, а по ранжированию проекций векторов при уменьшении размерности. Иначе говоря, была доработана функция активации нейронов на базе двойной или двухстадийной нормализации, для последующего применения метода многослойной кластеризации.

Задача, решаемая автором следующая: из формулы изобретения того или иного патента, составляется вектор, где упомянутые физические величины того или иного изобретения «улучшаются» за счет других, базисом такого пространства является расширенная система СИ. Пространств формируется два: по числу вхождений тех или иных физических величин, выраженных через базис, и по степеням вхождения этих физических величин. Таким образом, каждый объект изобретения имеет матрицу принадлежности к тому или иному разделу физики, на основе которых формируется последовательность изменений объектов, принадлежащих одному подпространству и, как следствие, при измерении размерности пространства – эволюционная динамика объекта исследования.

Функция активации нейронов $L(R_u(c))$ на базе k -мерной нормализации – это функция, принимающая вектор из n элементов и возвращающая вектор из n нормализованных элементов как результат:

$L_k(R_u(c)): [c_1, c_2, \dots, c_n] \rightarrow [L_{k-1}(R_u(c_1)), L(R_u(c_2)), \dots, L(R_u(c_n))]$, где $L_k(R_u(c_i))$ вычисляются по выражениям для линейной нормализации и нормализации по диапазону. Оценка точности результатов, выдаваемых нейронной сетью, по сравнению с известным правильным ответом в ходе обучения

выполняется с использованием кросс-энтропии. Получены выражения для определения значений ее частных производных:

$$\partial E(W) / \partial W_{ij} = x_j / (\max_s \{I_s\} - \min_s \{I_s\}) \sum c_z, (1)$$

где j – индекс, нумерующий столбец матрицы весов (совпадает с индексом, нумерующим элемент входного сигнала); i – индекс, нумерующий строку матрицы весов; n – число компонент в векторе возвращаемом функциями $L(c)$, $R_u(c)$ и $g(W)$; z – индекс элемента в векторе, который соответствует известному результату, который в обучающем нейронную сеть примере отмечен как верный (ожидаемый) результат; c – аргумент функции линейной нормализации; l – аргумент функции нормализации по диапазону, \min_s и \max_s – минимальное и максимальное значения в s -ной выборке. Анализируя (1) получаем, что значения, которые позволяют корректировать веса сети, отличны от нуля не только для нейрона, соответствующего результату, отмеченному в обучении как верный результат, что обеспечивает корректировку всех весов в процессе обучения, а не отдельно взятых, как это имеет место при нормализации только по диапазону, что при реализации послойной кластеризации особо эффективно для решаемой задачи.

Список литературы

1. Анисимова Э.С., Самоорганизующиеся карты Кохонена в задачах кластеризации//

Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2014. – № 9. – С.13 -16.

2. Гири Р.В. Двухстадийная нормализация выходных сигналов искусственных нейронных сетей/Р.В. Гири, С.П. Орлов// Вестник Самарского гос. тех. ун-та. Серия «Технические науки». – 2017. – № 4(56). – С.7-16.

3. Кондаков Н.И. Логический словарь-справочник. 2-е испр. и доп. изд. М.: Наука, 1975. 717 с.

4. Костенко С.А. ТЕХНОЛОГИЯ ПРИМЕНЕНИЯ МНОГОМЕРНОГО ШКАЛИРОВАНИЯ И КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 11-4. – С. 927-930; URL: <http://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=30685> (дата обращения: 30.01.2021).

5. Кочин Н.Е. Векторное исчисление и начала тензорного исчисления. 9-е изд. М.: Наука, 1965.

6. Огурцов А.П., Юдин Б.Г. Типология // БСЭ. 3-е изд. Т. 25. — М.: Сов. энцикл., 1969 – 1978.

7. Сагатовский В.Н. Основы систематизации всеобщих категорий. Томск, 1973. 431 с.

8. Типология и классификация в социологических исследованиях. М.: Наука, 1982. 295 с.

9. Энциклопедия информатиологии: учеб. пособие /авт. и сост. И.И. Юзвешин; под ред. А.М. Прохорова. М.: Информатиология, 2000.

10. Kohonen T., Self-Organizing Maps Springer, 1995.

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

УСТАНОВЛЕНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОЧВ ВБЛИЗИ АВТОМАГИСТРАЛИ КАШИРСКОЕ ШОССЕ

Бахшалиева Чинара Наримановна
магистр

Московский педагогический государственный университет
г. Москва

Орешкина Анастасия Васильевна
кандидат химических наук, доцент

Московский педагогический государственный университет
г. Москва

ESTABLISHMENT OF THE GRANULOMETRIC COMPOSITION OF SOILS NEAR THE KASHIRSKOE HIGHWAY

Bakhshaliyeva Chinara
master's student

Moscow State Pedagogical University
Moscow

Oreshkina Anastasia

candidate of chemical Science, assistant professor
Moscow State Pedagogical University
Moscow

АННОТАЦИЯ

Установлен физико-химический состав проб почв, отобранных вблизи Каширского шоссе Московского региона, в период с 2019 по 2021 гг. Установлено значение гигроскопической влаги, определен гранулометрический состав проб, а также содержание гумусовых веществ в отобранных образцах почв.

ABSTRACT

The physicochemical composition of soil samples was taken near the Kashirskoye highway in the Moscow region in the period from 2019 to 2021 has been established. The value of hygroscopic moisture, the grain size distribution of the samples, as well as the content of humic substances in the selected soil samples was determined.

Ключевые слова: почвы, пробоотбор, гигроскопическая влага, Каширское шоссе, гранулометрический состав.

Keywords: soils, sampling, hygroscopic moisture, Kashirskoe highway, particle size distribution.

Автомобильная дорога Каширское шоссе находится в Центральной части города Москвы и является одной из наиболее загрязненных магистралей столицы. Город Москва по количеству выбросов в атмосферу загрязняющих веществ от стационарных источников занимает одно из первых мест в России и входит в список объектов с высоким уровнем загрязнения. В Московской области Каширское шоссе является одной из транспортных артерий. Многочасовые пробки в сезон май-октябрь, большие скопления грузового транспорта в разрешенное законодательством время, бесчисленные скопления в дачный и праздничный сезон – все это яркие характеристики данной магистрали. По результатам исследования сотрудников из Южного административного округа (ЮАО) шоссе обладает максимальной антропогенной нагрузкой, поэтому проведение физико-химического мониторинга почв именно в этом районе наглядно демонстрирует влияние автотрассы на физико-химический состав.

Целью нашей работы является установление физико-химического состава проб почв автомагистрали Каширского шоссе.

В соответствии с целью решались следующие задачи: установить гранулометрический состав проб почв, отобранных вдоль Каширского шоссе в сентябре 2019-2021 годов, а также содержание гумусовых веществ в отобранных образцах проб почв.

Негативное воздействие автомобильного транспорта на почвенный покров придорожной полосы определяется поступлением в почву самых разнообразных химических веществ, среди которых тяжелым металлам и, прежде всего, свинцу и его соединениям в многочисленных исследованиях уделялось наиболее пристальное внимание. Однако проблема загрязнения свинцом придорожного почвенного покрова становится все менее актуальной, ведь уже практически 20 лет существует запрет на использование этилированных бензинов в крупных городах России, и фактически прекращен их выпуск. Теперь

очень остро встает вопрос загрязнения почв соединениями кобальта, цинка и нефтепродуктами.

Опытom экологических исследований почвенного покрова вблизи Каширского шоссе, начиная с 2004 года было установлено, что в последние десятилетия выявлен рост показателя кадмия, и это несет уже постоянный характер, что, по мнению авторов, также требует контроля и внимательного изучения. На миграцию основных загрязнителей, как нами установлено ранее [1], остро влияет гигроскопическая влага и гранулометрический состав, к ним относятся: соли цинка, кадмия и марганца. Поэтому крайне важно знать данные параметры, которые в дальнейшем

помогут прогнозировать и минимизировать негативные последствия. Авторы статьи на протяжении трех лет проводят мониторинг почв вдоль Каширского шоссе, а именно с сентября 2019 по сентябрь 2021. Результаты, представленные в данной работе, относятся к пробам почв, отбор которых осуществлялся в сентябре 2020. Образцы отбирали в сухую безветренную погоду, согласно методикам пробоотбора. Выбрано 4 направления, по следующим векторам: северное, южное, западное, восточное (табл.1). Для объективной оценки полученных результатов всех образцов проб почв было установлено наличие гигроскопической влаги (табл.1).

Таблица 1

Значения гигроскопической влаги в пробах почв (пробы 2020 г.)

Место отбора пробы (Каширское шоссе)	Гигроскопическая влага, %
Участок №1 (северное направление)	2,93
Участок №2 (южное направление)	5,63
Участок №3 (восточное направление)	7,12
Участок №4 (западное направление)	4,04

Авторами статьи проведено исследование гранулометрического состава структурным методом Н.И. Саввинова. Для этого, согласно методике [3], 100 грамм воздушно-сухой почвы просеивают через набор сит, диаметром ячеек 0,25,

1, 3 и 5 мм. На основе результатов ситового анализа, приведенных в табл. 2, построена диаграмма распределения частиц почвы, в зависимости от класса крупности.

Таблица 2

Гранулометрический состав проб почв

№	Класс крупности, мм	Характеристика агрегата	Выход, г
Участок №1 (северное направление)	+5	Макроагрегаты	58,65
Участок №2 (южное направление)	-5+3	Макроагрегаты	18,75
Участок №3 (восточное направление)	-1+3	Макроагрегаты	8,02
Участок №4 (западное направление)	-1+0,25	Макроагрегаты	12,58

Также определено количество гумусовых веществ в отобранных пробах, так как данный показатель является одним из важнейших. По

содержанию гумусовых веществ [2] выделяют 6 категорий почв, значения которых указаны в табл. 3.

Таблица 3

Содержание гумусовых веществ в зависимости от категории почв

Название типа почв	Содержание гумусовых веществ, %	Категория почв
<i>Чернозем</i>	10-15	Высокогумусные, очень плодородные
<i>Серые лесные</i>	4-7	Среднегумусные, среднеплодородные
<i>Серые лесные</i>	2-4	Малогумусные, среднеплодородные
<i>Сероземы</i>	1-2	Малогумусные, малоплодородные
<i>Песчаные</i>	0,5-1	Малоплодородные, очень малогумусные

При исследованиях определено процентное содержание гумусовых веществ, а также

количество азота и углерода, которые представлены в табл. 4.

Таблица 4

Определение количества гумусовых веществ, азота и углерода методом И.В. Тюрина

Пробы почв	% гумусовых веществ	%N	%C	Z запасы, т/га
Участок №1 (северное направление)	2,24	0,11	1,29	62,72
Участок №2 (южное направление)	2,32	0,11	1,34	65,07
Участок №3 (восточное направление)	2,43	0,12	1,40	68,04
Участок №4 (западное направление)	2,16	0,10	1,25	60,65

Согласно полученным результатам исследования все пробы почв относятся к серым лесным, малогумусным и среднеплодородным почвам.

Список литературы:

1. Орешкина А.В., Бахшалиева Ч.Н. Физико-химическое изучение почв Каширского шоссе. // *Annali d'Italia*. Vol. 2. 2019. pp. 12-13.
2. Орлов Д. С., Гришина Л.А. Практикум по химии гумуса. – М: МГУ, 1981. – 252 с.
3. Практикум по почвоведению. / Под ред. И.С. Кауричева. – М.: Агропромиздат, 1986. – 326 с.

ISSN 2413-5291

НАЦИОНАЛЬНАЯ АССОЦИАЦИЯ УЧЕНЫХ (НАУ)

Ежемесячный научный журнал

№65 / 2021

2 часть

Редакционный совет

Ответственный редактор – д.ю.н.Чукмаев А.И.
Секретарь конференции – к.ф.н. Варкумова Е.Е.
Редакционная коллегия
Сорновская Н.А.
Кажемаев А.В.
Каверин В.В.
Каримов П.Б.
Свистун А.А.
Селиктарова К.Н.
Артафонов В.Б.
Самиров А.И.
Семипалов С.А.
Новицкая О.С.

Ответственный редактор

Чукмаев Александр Иванович

Доктор юридических наук, профессор кафедры уголовного права.
(Астана, Казахстан)

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций.

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.

Адрес редакции: 620144, г. Екатеринбург, улица Народной Воли, 2, оф. 44

Адрес электронной почты: info@national-science.ru

Адрес веб-сайта: <http://national-science.ru/>

Учредитель и издатель Общество с ограниченной ответственностью
"Евразийское Научное Содружество"

Тираж 1000 экз.

Отпечатано в типографии 620144, г. Екатеринбург,
улица Народной Воли, 2, оф. 4