



ВОСТОЧНО ЕВРОПЕЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

DOI: 10.31618/ESSA.2782-1994.2023.2.90

#5(90), 2023 часть 2

#5(90), 2023 part 2

Восточно Европейский научный журнал
(Санкт-Петербург, Россия)
Журнал зарегистрирован и издается в России
В журнале публикуются статьи по всем
научным направлениям.
Журнал издается на русском, английском и
польском языках.

Eastern European Scientific Journal
(St. Petersburg, Russia)
The journal is registered and published in Russia
The journal publishes articles on all scientific
areas.
The journal is published in Russian, English
and Polish.

Статьи принимаются до 30 числа каждого
месяца.

Articles are accepted till the 30th day of each
month.

Периодичность: 12 номеров в год.

Periodicity: 12 issues per year.

Формат - A4, цветная печать

Format - A4, color printing

Все статьи рецензируются

All articles are reviewed

Бесплатный доступ к электронной версии
журнала.

Free access to the electronic version of journal
Editorial

Редакционная коллегия

Editor-in-chief - Adam Barczuk

Главный редактор - Адам Барчук

Mikolaj Wisniewski

Миколай Вишневецки

Szymon Andrzejewski

Шимон Анджеевский

Dominik Makowski

Доминик Маковски

Pawel Lewandowski

Павел Левандовски

Scientific council

Ученый совет

Adam Nowicki (University of Warsaw)

Адам Новицки (Варшавский университет)

Michal Adamczyk (Institute of International
Relations)

Михал Адамчик (Институт
международных отношений)

Peter Cohan (Princeton University)

Питер Коэн (Принстонский университет)

Mateusz Jablonski (Tadeusz Kosciuszko
Cracow University of Technology)

Матеуш Яблоньски (Краковский
технологический университет имени
Тадеуша Костюшко)

Piotr Michalak (University of Warsaw)

Петр Михалак (Варшавский университет)

Jerzy Czarnecki (Jagiellonian University)

Ежи Чарнецкий (Ягеллонский университет)

Kolub Frennen (University of Tübingen)

Колуб Френнен (Тюбингенский
университет)

Bartosz Wysocki (Institute of International
Relations)

Бартош Высоцкий (Институт
международных отношений)

Patrick O'Connell (Paris IV Sorbonne)

Патрик О'Коннелл (Париж IV Сорбонна)

Maciej Kaczmarczyk (University of Warsaw)

Мацей Качмарчик (Варшавский
университет)

Давид Ковалик (Краковский технологический университет им. Тадеуша Костюшко)

Питер Кларквуд (Университетский колледж Лондона)

Игорь Дзедзич (Польская академия наук)

Александр Клиmek (Польская академия наук)

Александр Роговский (Ягеллонский университет)

Кехан Шрайнер (Еврейский университет)

Бартош Мазуркевич (Краковский технологический университет им. Тадеуша Костюшко)

Энтони Маверик (Университет Бар-Илан)

Миколай Жуковский (Варшавский университет)

Матеуш Маршалек (Ягеллонский университет)

Шимон Матысяк (Польская академия наук)

Михал Невядомский (Институт международных отношений)

Главный редактор - Адам Барчук

1000 экземпляров.

Отпечатано в ООО «Логика+»

198320, Санкт-Петербург,

Город Красное Село,

ул. Геологическая,

д. 44, к. 1, литера А

«Восточно Европейский Научный Журнал»

Электронная почта: info@eesa-journal.com,

<https://eesa-journal.com/>

Dawid Kowalik (Kracow University of Technology named Tadeusz Kościuszko)

Peter Clarkwood (University College London)

Igor Dziedzic (Polish Academy of Sciences)

Alexander Klimek (Polish Academy of Sciences)

Alexander Rogowski (Jagiellonian University)

Kehan Schreiner (Hebrew University)

Bartosz Mazurkiewicz (Tadeusz Kościuszko Cracow University of Technology)

Anthony Maverick (Bar-Ilan University)

Mikołaj Żukowski (University of Warsaw)

Mateusz Marszałek (Jagiellonian University)

Szymon Matysiak (Polish Academy of Sciences)

Michał Niewiadomski (Institute of International Relations)

Editor in chief - Adam Barczuk

1000 copies.

Printed by Logika + LLC

198320, Region: St. Petersburg,

Locality: Krasnoe Selo Town,

Geologicheskaya 44 Street,

Building 1, Litera A

"East European Scientific Journal"

Email: info@eesa-journal.com,

<https://eesa-journal.com/>

СОДЕРЖАНИЕ

МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ

Попова Н.Н., Худых Н.А., Попова Я.С. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕГИОНАРНОГО МЕТОДА ОБЕЗБОЛИВАНИЯ У ПАЦИЕНТОВ ВЫСОКОГО АНЕСТЕЗИОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА ПРИ РЕКОНСТРУКТИВНО-ОНКОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЯХ НА МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЕ	4
Чаддуд М., Анохина А.В., Царевина А.Б. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ОККЛЮЗИОННЫХ СООТНОШЕНИЙ У ВЗРОСЛЫХ ПАЦИЕНТОВ, ОБРАТИВШИХСЯ К ОРТОДОНТУ В Г. КАЗАНИ (РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ) И Г. ТАРТУС (СИРИЙСКАЯ АРАБСКАЯ РЕСПУБЛИКА)	5

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Grigoryan D. MODERN TECHNOLOGIES FOR DEVELOPING SOFTWARE FOR MOBILE APPLICATIONS	10
Барщевский Е.Г. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ	20
Барщевский Е.Г. ТЕХНОЛОГИЯ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ	23

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Потапов В.В., Горев Д.С., Сердан А.А. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАНОКРЕМНЕЗЕМА И МИКРОКРЕМНЕЗЕМА SiO ₂	26
--	----

МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ*Попова Н.Н., Худых Н.А., Попова Я.С.***ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕГИОНАРНОГО МЕТОДА ОБЕЗБОЛИВАНИЯ У ПАЦИЕНТОВ
ВЫСОКОГО АНЕСТЕЗИОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА ПРИ РЕКОНСТРУКТИВНО-
ОНКОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЯХ НА МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЕ**

DOI: 10.31618/ESSA.2782-1994.2023.2.90.365

Цель данной статьи является демонстрация метода обезболивания при онкореконструктивных операциях на молочной железе у больных высокого анестезиологического риска при плановых оперативных вмешательствах. В основу данного метода положен частично метод, разработанный В.С. Соколовским в 2005 году при операциях на верхней конечности, который защищен патентом на изобретение. Доказана высокая безопасность, надежность и эффективность плексусного метода обезболивания верхней конечности и его адекватность травматичности выполняемых операций. Метод Соколовского В.С. нами дополнен методом интраплевральной анестезии, которые в сочетании обеспечивают высокий уровень анестезии при данных видах операций. Из существующих на сегодняшний день методик блокады плечевого сплетения отдаем предпочтение методу блокады плечевого сплетения в надключичной области, интраплевральная блокада проводится на уровне V3-4. Среди местных анестетиков, используемых при проведении блокад, отдаем предпочтение Sol.Ropivacaini 1% - 20 ml и Sol. Lidocaini 1%-20 ml, причем блокаду плечевого сплетения производим именно раствором лидокаина для того, чтобы избежать длительного моторного блока верхней конечности, что негативно воспринимается больными при пробуждении. Хотим отметить, что поскольку введение местного анестетика в места скопления нервных стволов это вызывает ipsilaterальный моторный, сенсорный и симпатический блок

Хотелось бы отметить, что операции под проводниковым видом обезболивания проводятся при сохранении спонтанного дыхания, что является особенно важным при наличии сопутствующей патологии дыхательной системы, а местные анестетики не влияют активно на метаболизм в печени, а именно, не угнетая элиминацию эндогенных веществ и медикаментозных средств, используемых при проведении анестезии.

Лечебными эффектами, достигаемые проведением данного сочетанного блока, считаем:

Вегетативный блок. Сегментарная симпатическая денервация способствует снижению артериального давления за счет увеличения емкости сосудистого русла, что особенно ценно у

больных с сопутствующей гипертонической болезнью, что в свою очередь уменьшает также и объем интраоперационной кровопотери. Индукция ГОМКом, сопровождаемая проведение данного вида блокады обеспечивает проведение медикаментозного сна, близкого по своему качеству естественному, больные пробуждаются, не имея галлюцинаторного эффекта.

Сенсорный блок. Достигается путем сегментарной блокады ветвей плечевого сплетения и межреберных нервов и грудной симпатической цепочки в плевральной полости. Впервые метод интраплеврального введения местных анестетиков сделали норвежские анестезиологи L. Kvalheim и F.Reiestad (1984), ими было доказано, что распространение местного анестетика вблизи задней срединной линии обеспечено тем, что межреберные нервы отделены от плевры тонким слоем, и чем выше межреберье, тем мембрана тоньше и возможность распространения анестетика лучше. Кроме того, анестетик распространяется и в паравертебральное пространство, которое тесно прилегает к межреберному пространству и включает в себя симпатическую нервную цепочку.

Все выше перечисленное оправдывает наш выбор данного метода анестезии при онкореконструктивных операциях по поводу злокачественных образований молочной железы.

Моторный блок развивается не в 100% случаев за счет возможного рассыпного расположения нервных стволов плечевого сплетения, но в большинстве случаев расслабление мышечного тонуса способствует лучшему осмотру подкрыльцовой ямки при проведении необходимой лимфаденэктомии и при данном виде хирургического лечения.

Нами произведен ретроспективный сравнительный анализ за 3 года (2020-2022гг), выбраны 120 пациентов, перенесших онкореконструктивную операцию на молочной железе под проводниковой анестезией и 50 пациентов, которым данный вид лечения выполнялись под комбинированным ЭТН. Исследовалась частота пульса и величина среднего артериального давления, а также показатели внешнего дыхания: парциальное давление рO₂, рCO₂, рН крови.

подгруппы	Ср АД	Пульс	рO ₂	рCO ₂	рН
ИПА+БПС	78±5,1*	68±5,2*	55±3	35±0,7	7,35±1,2
ЭТН	98±8,8*	84±6,7*	65±1	45±0,1	7,45±1,3

При анализе полученных результатов выявлено, что у пациентов I группы отмечено статистически подтвержденное снижение среднего артериального давления на 30% от исходных величин, частота пульса также была достоверно ниже у пациентов этой группы, что свидетельствует о лучшей сенсорной блокаде, проводимой при проводниковой анестезии. Изменение параметров внешнего дыхания не имели статистически различимой разницы, что нам дает право утверждать об отсутствии угнетения функции внешнего дыхания при проведении проводниковой анестезии. Данные, помеченные * статистически достоверны.

Противопоказания для применения проводниковой анестезии:

Абсолютным противопоказанием считаем повышенную чувствительность и аллергическую непереносимость препаратов для местной анестезии.

Вторым противопоказанием считаем отсутствие соответствующих знаний и профессиональных навыков у врача анестезиолога.

Наличие гнойно-воспалительных изменений на коже в месте пункций.

Артериальная гипотензия, травматический шок, хотя артериальная гипотензия может не быть противопоказанием при правильно проведенной предоперационной подготовки и грамотно проводимой интраоперационной инфузионной терапии.

Повышенная психоэмоциональная лабильность, детский возраст или нарушение вербального контакта с пациентом является также относительным противопоказанием для выполнения этого вида обезболивания.

Выводы:

Применение метода проводниковой анестезии при хирургическом лечении рака молочной железы характеризуется благоприятным влиянием на

центральную гемодинамику и показатель внешнего дыхания без применения интубации трахеи и проведения ИВЛ.

Двухинъекционная методика блокады, благодаря временному фактору и селективной ипсилатеральной симпатической блокаде позволяет системной гемодинамике лучше адаптироваться к перераспределению крови в микрососудах, обеспечивая достаточную афферентную блокаду, необходимую для проведения хирургического вмешательства.

Проводниковая блокада, в отличие от общей анестезии обладает высокой антиноцицепцией на базе мультимодальности и предупреждения посленаркозной депрессии дыхания, способствуя ранней активизации больных, минуя использование наркотических анальгетиков в раннем послеоперационном периоде.

Используемая литература:

1. Применение плексусных анестезии верхней конечности и их лечебно –диагностические возможности. //В.С. Соколовский, Новокузнецк, 2005 , 21 стр. Методическое пособие для врачей анестезиологов-реаниматологов, ортопедов-травматологов, хирургов и невропатологов.

2. Местная анестезия: Иллюстрированное практическое руководство/М.Малрой; пер. с англ. С.А.Панфилова; Под ред. Проф. С.И. Емельянова.- Бинном. Лаборатория знаний, 301 стр.

3. Пащук А.Ю. Регионарное обезболивание. М.: Медицина, 1987, - 156 стр.

4. Спасова А.П. Интерплевральные аналгезии в лечении болевых синдромов. Методика и клиническое применение (Текст) \ А.П.Спасова. – LAP LAMBERT, Academic Publishing, 2011-144 с

5. Спасова А.П. Лечение болевого синдрома в онкологии (текст)\ А.П. Спасова, Петрозаводск, 2009 – 90 стр.

УДК 616-036.8 [616-036.12]

Чаддуд Мохамед

*аспирант кафедры стоматологии и имплантологии
Института фундаментальной медицины и биологии Казанского (Приволжского)
Федерального университета*

Анохина Антонина Васильевна

*доктор медицинских наук, профессор кафедры стоматологии и имплантологии
Института фундаментальной медицины и биологии Казанского (Приволжского)
Федерального университета*

Царевина Анастасия Борисовна

*врач-терапевт, выпускница
Казанского Государственного медицинского университета*

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ОККЛЮЗИОННЫХ СООТНОШЕНИЙ У ВЗРОСЛЫХ ПАЦИЕНТОВ, ОБРАТИВШИХСЯ К ОРТОДОНТУ В Г. КАЗАНИ (РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ) И Г. ТАРТУС (СИРИЙСКАЯ АРАБСКАЯ РЕСПУБЛИКА)

DOI: 10.31618/ESSA.2782-1994.2023.2.90.366

Актуальность. Зубочелюстные аномалии занимают одно место по распространенности среди стоматологических заболеваний в мире [1, 3]. Практически каждый третий житель планеты имеет нарушения роста и развития зубочелюстно-лицевой области [7, 10]. Взаимозависимость формы и функции ставит проблему диагностики и устранения зубочелюстных аномалий в число актуальных в стоматологии [6, 9, 10]. Функциональная и морфологическая составляющие формирования жевательного аппарата связаны с полноценной установкой и функционированием всех зубов, включая третьи постоянные моляры [8, 2]. Ортодонтическая патология, в частности окклюзионная патология не только способствуют возникновению дисфункции височно-нижнечелюстного сустава, но и существенно осложняют его течение [2, 7, 8].

В настоящее время недостаточно изучены частота и структура зубочелюстных аномалий у взрослых, обратившихся на прием к ортодонт, не определена нуждаемость и степень выраженности патологии.

Исследования частоты и структуры зубочелюстной патологии у взрослых пациентов дает возможность планировать лечебные и реабилитационные мероприятия [4, 9]. Изучение нуждаемости и планирование возможности оказания ортодонтической помощи позволяет совершенствовать уровень ортодонтической помощи в любом регионе.

Цель нашего исследования состоит в том, чтобы изучить состояние зубочелюстной системы у лиц с постоянным прикусом, обратившихся к ортодонт в разных странах для решения задач коррекции имеющихся нарушений.

Материал и методы исследования. Была проведена слепая выборка, где за период с 2018 по 2022 годы взято 152 клинических случая - из Российской Федерации (Казань) и 80 случаев – из Сирийской Арабской Республики (город Тартус). Всего было проанализировано 232 амбулаторные карты и данные рентгенологических обследований. В том числе - 73 мужского и 159 – женского пола в возрасте от 18 до 44 лет. оценивали 5 возрастных групп населения, согласно рекомендациям

Всемирной организации здравоохранения [5]: 18, 20-24, 25-29, 30-34, 35-44 года.

На основании данных амбулаторных карт была составлена карта исследования, внесенная в электронную базу данных Excel. Изучались такие параметры как пол, возраст, мотивация к ортодонтическому лечению, состояние прикуса по молярам, клыкам и фронтальной группе зубов, степень вертикального перекрытия зубных рядов, симметричность зубных рядов, степень скученности зубов.

Состояние прикуса изучалась по соотношению на молярах и клыках по Энгля (I, II, III класс).

Степень скученности зубов оценивали по 3 степеням: 1 – легкая (дефицит места составляет 2 – 3 мм); 2 – средняя (от 4 до 6 мм); 3 - тяжелая (более 6 мм).

Нуждаемость и степень тяжести оценивали с помощью индекса ICON.

Статистическая обработка полученных результатов проводилась с помощью программы Statistic 6.0 Exsel.

Результаты исследования. Сравнивая две выборки (российская и сирийская) мы нашли что здесь не было существенных различий, кроме одного. Сирийские пациенты в среднем были старше российских на 1,8 года. Средний возраст составил 26,5 лет. Однако эта разница не влияла на другие показатели. В целом пол и возраст не влияли на прикус, состояние зубных рядов и третьи постоянных моляров.

Анализ факторов, которые мотивировали пациентов для обращения к ортодонт показал, что в большинстве случаев (38,79%) пациенты хотели исправить внешний вид и выделяли причины эстетического характера. Меньше всего (12,07%) пациенты жаловались на морфологические нарушения, такие как снижение уровня (рецессия) десны из-за перегрузки отдельных зубов, дисфункция ВНЧС (хруст, крипитация и щелканье сустава при открывании рта), сужение или расширение зубных рядов.

Пациенты сравниваемых групп в двух странах предъявляли практически одинаковые жалобы на приеме врача ортодонта. Мы наблюдали отсутствие статистически значимой разницы в группах сравнения (рис. 1)

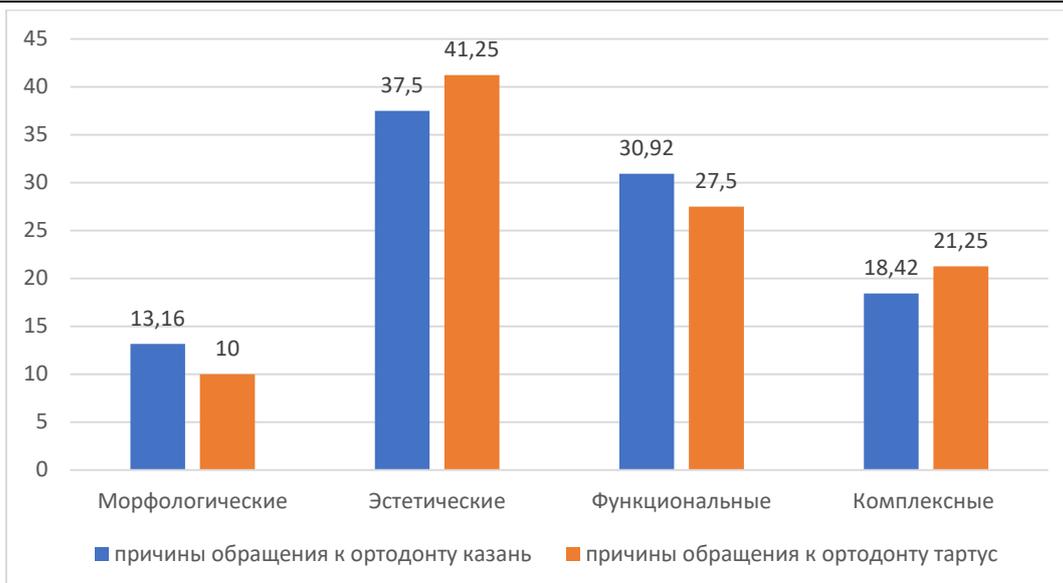


Рисунок 1. Сравнительные данные причин обращения к ортодонту в г. Казань (РФ) и г. Тартус (САР)

Чаще всего в клинику обращались пациенты с зубочелюстными аномалиями I класса по Энгля (48,27±3,28 %), пациенты с дистальным прикусом (II класс по Энгля) в нашей выборке составляли 28,02±2,9% от общего числа. Доля пациентов с III классом аномалий прикуса было на 5 пунктов

меньше (23,71±2,79%). Сравнивая данные зарегистрированные в г. Казани и в г. Тартус следует отметить отсутствие значимой разницы ($t=0,38 - 0,98$; $P>0,05$) в структуре видов прикуса среди обратившихся к ортодонту (рис. 2).

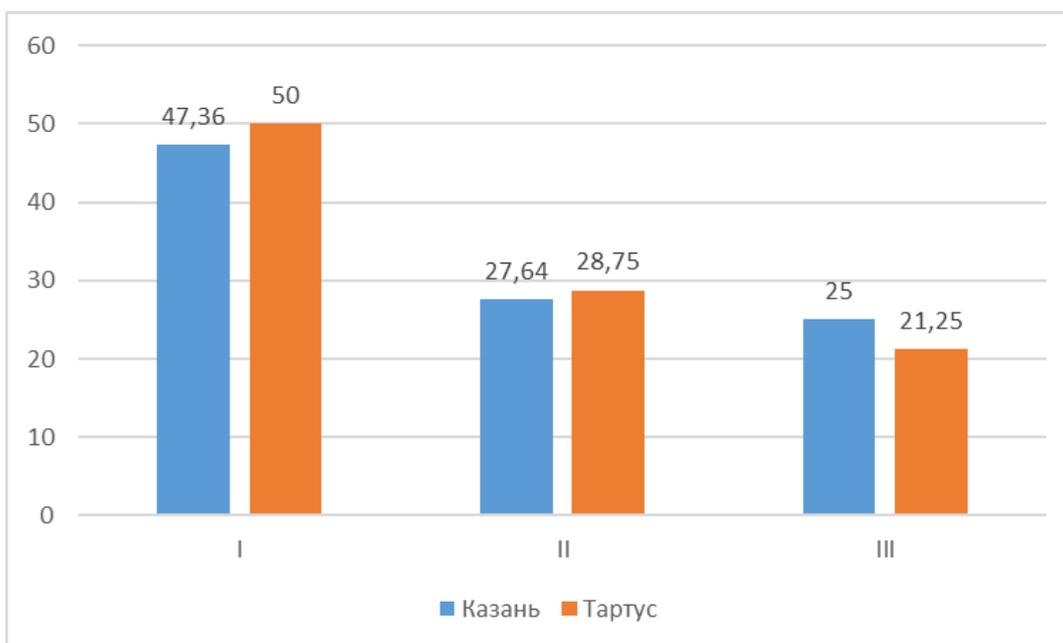


Рисунок 2. Структура окклюзионных соотношений у лиц, обратившихся к ортодонту в г. Казани (РФ) и г. Тартус (САР)

Интенсивность деформаций формы зубных рядов в расчете на одного пациента составила 2,43±0,15 (370 случаев на 152 наблюдения) у Казанских пациентов и 2,48±0,21 (199 случаев на 80 наблюдений) по данным в г. Тартус, что свидетельствует об отсутствии разницы между сравниваемыми группами ($P>0,05$).

Структура нарушений формы зубных рядов у казанских и сирийских пациентов, была практически одинаковой ($P>0,05$), кроме ассиметричного сужения нижнего зубного ряда. Эта деформация встречалась в 1,6 раза чаще у российских пациентов, чем у сирийских (табл.1).

Таблица 1.

Структура нарушений формы зубных рядов у взрослых пациентов обратившихся к ортодонту в долях к числу нарушений формы зубных рядов (по данным наблюдений в г. Казани, n=152 и в г. Тартус, n= 80)

Вид деформации зубного ряда	Казань (n; % ±m)		Тартус (n; % ±m)	
	верхняя челюсть	нижняя челюсть	верхняя челюсть	нижняя челюсть
Симметричное сужение	n=56; 28,4±3,21	n= 47; 39,49±4,48	n=21; 19,63±3,84	n=29; 31,52±4,84
Асимметричное сужение	n=96; 48,73±3,56	n=105; 88,24±2,95*	n=59; 55,14±4,81	n=51; 55,43±5,1*
уплощение	n=24; 12,18±2,33	n=7; 5,88±2,16	n=16; 14,95±3,45	n=5; 5,43±2,36
удлинение	n=21; 10,66±2,20	n=14; 11,76±2,95	n=11; 10,2±2,92	n=7; 7,61±2,76
Всего нарушений формы зубных рядов	n=197; 100,0	n=119; 100,0	n=107; 100,0	n=92; 100,0

* - P<0,01

Исходя из данных анамнеза и зубной формулы пациентов, мы нашли причину в преждевременном удалении боковой группы зубов на нижней челюсти по поводу осложненного кариеса.

Практически все пациенты в 232 клинических случаях, изучаемых нами, имели ту или иную

степень скученности зубов. Нарушения формы зубных рядов сочетались со скученностью зубов. По материалам амбулаторных карт была проведена сравнительная оценка степени скученности зубов у пациентов г. Казани и г. Тартус (таблица 2)

Таблица 2.

Степень скученности зубов у взрослых пациентов в г. Казани и в г. Тартус (в расчете на 100 наблюдений (n) в каждой группе сравнения).

Степень скученности зубов	Казань, (n= 152)		Тартус, (n=80)	
	Верхняя челюсть	Нижняя челюсть	Верхняя челюсть	Нижняя челюсть
1- легкая	0,58±0,04 (n= 93)	0,82±0,03 (n= 130)	0,38±0,05** (n= 28)	0,54±0,05** (n= 43)
2 - средняя	0,23±0,03 (n= 37)	0,18±0,03 (n= 28)	0,21±0,04 (n= 17)	0,18±0,04 (n= 14)
3 - тяжелая	0,08±0,02 (n= 12)	0,03±0,01 (n= 5)	0,08±0,03 (n= 6)	0,04±0,02 (n= 3)
Всего случаев скученности зубов	0,93±0,02 (n= 142)	1,03±0,01 (n= 163)	0,64±0,05* (n= 51)	0,75±0,5** (n= 60)

*- P < 0,05

**- P < 0,01

В целом, следует отметить, что в клинических случаях интенсивность скученности зубов в расчете на одного казанского пациента (1,9) была выше, чем в наблюдениях г. Тартус (1,3). На верхней челюсти сравниваемый показатель в г. Казани составил 0,93±0,02, а в г. Тартус - 0,64±0,05. Интенсивность скученности зубов на нижней челюсти составила соответственно 1,03±0,01 и 0,75±0,5 на одного пациента. В целом в обоих сравниваемых группах преобладали случаи 1 легкой степени тяжести. Частота их в Казани была в 1,53 раза выше, чем в Тартус. Средняя степень тяжести была диагностирована в 42,76±4,01% клинических случаев у казанских пациентов и в 38,75±5,44% случаев у сирийских, т.е. не имела различий (P>0,05). Отмечено, что случаи тяжелой степени скученности зубов 3 степени тяжести встречались с одинаково низкой частотой как в

Казани, так и в Тартус (соответственно 0,11±0,03 и 0,12±0,05; P> 0,05). Разница

Отмечено, что эта аномалия встречалась при всех классах прикуса и не коррелировала (r= 0,12) с наличием или отсутствием третьих постоянных моляров.

У российских пациентов нуждаемость в ортодонтическом лечении согласно индекса ICON составляла в среднем 31,28±1,5 баллов, а у сирийских 33,47±1,8, что не имело существенных и достоверных различий (P>0,05).

Выводы:

1. У российских пациентов нуждаемость в ортодонтическом лечении согласно индекса ICON составляла в среднем 31,28±1,5 баллов, а у сирийских 33,47±1,8, что не имело существенных и достоверных различий (P>0,05).

2. Пациенты сравниваемых групп в двух странах предъявляли практически одинаковые жалобы, в основном это были жалобы на эстетику (37,5 – 41,25%).

3. Интенсивность скученности зубов в расчете на одного пациента клинических случаях г. Казани (1,9) была выше, чем в наблюдениях г. Тартус (1,3).

4. Состояние зубочелюстной системы в двух группах сравнения ортодонтических пациентов г. Казани и г. Тартус не имеют существенных различий и могут быть исследованы совместно.

Библиография

1. Арзуманян А.Г. Изучение распространенности и структуры зубочелюстных аномалий среди детей и подростков (обзор литературы)/ А.Г. Арзуманян, А.В. Фомина // ВНМТ. 2019. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/izuchenie-rasprostranennosti-i-struktury-zubochelyustnyh-anomaliy-sredi-detey-i-podrostkov-obzor-literatury> (дата обращения: 11.04.2023).

2. Вязьмин А. Частота болевых синдромов у взрослых с нарушением прикуса / А. Вязьмин, Н. Диденко, Н. Мамонова // Cathedra. - №43, 2013. – с. 36 - 40

3. Куроедова В. Д. Распространенность зубочелюстных аномалий у взрослых и доля асимметричных форм среди них / В.Д. Куроедова, А.Н. Макарова// СМБ. 2012. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rasprostranennost-zubochelyustnyh-anomaliy-u-vzroslyh-i-dolya-asimmetrichnyh-form-sredi-nih> (дата обращения: 10.05.2023).

4. Лебедев С.Н. Распространенность и структура зубочелюстных аномалий у подростков

коренного малочисленного населения Ханты-Мансийского автономного округа – Югры / С.Н. Лебедев, В.Р. Галимуллина, М.О. Нагаева, Ю.Е. Тимофеева // Проблемы стоматологии. 2019. №1. URL:

<https://cyberleninka.ru/article/n/rasprostranennost-i-struktura-zubochelyustnyh-anomaliy-u-podrostkov-korenного-malochislennogo-naseleniya-hanty-mansiyskogo> (дата обращения: 10.05.2023).

5. Методы и программы профилактики основных стоматологических заболеваний: доклад комитета экспертов ВОЗ. – Женева: Всемирная организация здравоохранения, 1986. – 47 с.

6. Персин, Л. С. Ортодонтия. Диагностика и лечение зубочелюстно-лицевых аномалий и деформаций: учебник под редакцией Л. С. Персина // Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2015. - 640 с.

7. Проффит У.Р. Современная ортодонтия. Уильям Р. Проффит; пер. с англ.; под ред. чл.-корр. РАН, проф. Л.С. Персина. 3-е изд. М.: МЕДпресс-информ, 2015. 560 с.

8. Пузин А.М. Болевая дисфункция височно-нижнечелюстного сустава / А. М. Пузин, А.Я. Вязьмин // М.: Медицина, 2002, 160 с

9. Юрис О.В. Нарушение окклюзионных взаимоотношений среди населения республики Беларусь и факторы риска, обуславливающие проблему /О.В. Юрис //Вестник ВГМУ.– 2015.– Том 14, №6. – с.112-119.

10. Alnamlah S. Impacted Third Molars and Anterior Crowding-Beliefs and Evidence/ S. Alnamlah, R. Almazroa, N. Alkhamash, R. Alfotawi, S. Premnath // Journal of Research in Medical and Dental Science. - 2021, Volume 9, Issue 11, Page No: 53-60

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Grigoryan David

*Software engineer tech lead
VCV Inc.*

MODERN TECHNOLOGIES FOR DEVELOPING SOFTWARE FOR MOBILE APPLICATIONS

DOI: [10.31618/ESSA.2782-1994.2023.2.90.367](https://doi.org/10.31618/ESSA.2782-1994.2023.2.90.367)

Abstract. The research topic of the article is related to the definition of the characteristics of modern mobile application development tools, the rationale for the use of each, depending on the requirements for the final product. The study identified the main types of mobile applications: web applications and sites, hybrid software development and native software. Concluded that native applications that give the best performance are well suited for complex projects that work with complex graphics. The most relevant four trends in mobile development today are highlighted: the spread of AR, new ways of monetization in social networks, attracting users to development, and the development of mobile wallets. The features of the development of a client-server mobile application are described. The interaction of the Firebase service with the application and the data received to work with the service are analyzed. Two algorithms for the operation of some of the most common mobile applications are presented.

Keywords: technologies, development, software, mobile applications

Introduction. The development of mobile applications is relevant in many areas, such as transport services, chains of restaurants and cafes, online stores, the media, the organization of corporate communication and many other enterprises and trade in products [1].

In modern conditions, the Mobile First approach is included in all sectors of the economy. With the growing popularity of mobile platforms, a large number of technologies have been introduced to facilitate the promotion of smartphones [2]. Initially, hybrid frameworks were developed for application development, allowing the use of basic web technologies such as HTML, CSS and JavaScript to compile and deploy applications on different platforms [3]. Later, native frameworks appeared, allowing not only the use of web tools for mobile development, but also using the native API for Android or iOS. These platforms serve to support and create mobile applications using web technologies such as HTML, CSS, JavaScript. Where they differ is in the features they provide and how they communicate with platform-specific APIs [4; 5; 6; 7].

The purpose of the article is to study modern technologies for developing software for mobile applications.

Research methods include a set of methodological apparatus for systematizing, summarizing and analyzing scientific and research literature on the subject of the characteristics of modern mobile application development tools, substantiating the feasibility of using each tool depending on the requirements for the final product.

Results and discussion. Mobile application development is one of the most popular services in the digital technology market today. The number of application users using various mobile platforms is constantly increasing [8].

In 2023, the user downloads applications on a smartphone not only for the purpose of entertainment, but also for optimizing the performance of work tasks, as well as solving urgent business issues. The price for lost time is too high, so the modern user must be equipped with the best software for daily use. According to the Sensor Tower Store Intelligence, COVID-19 has accelerated mobile trends, boosted global consumer spending on premium apps, and in-app purchases and subscriptions on the Apple App Store and Google Play will reach \$270 billion a year by 2025, nearly 2.5 times more than in 2020 (fig. 1).

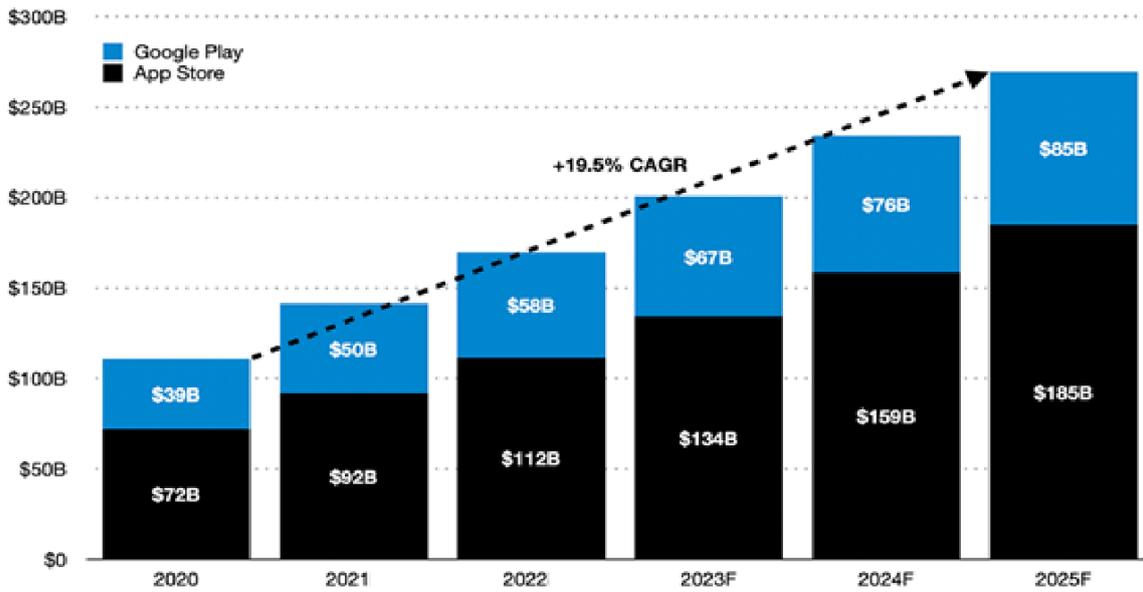


Fig. 1 - Dynamics of the mobile application development market. Source Sensor Tower Store

Consumer spending on mobile apps in 2020 increased by 30% to \$111 billion. Even if annual spending growth returns to pandemic levels, over the next five years, the gross revenue of both app stores will continue to grow annually at a compound annual growth rate (CAGR) 19.5%. According to Sensor Tower, the App Store will grow at a CAGR of 21% by 2025, reaching \$185 billion a year. Consumer spending on Google Play will grow by an average of 17%, reaching \$85 billion a year over the next five years.

Next, let's look at the main types of mobile applications. Modern software products are conditionally divided into 3 main types [9; 10; 11; 12]:

- Web application and website. This type is the most popular on the market. With HTML 5 support, users can surf the web in the same way as they would on a desktop computer. It is worth noting that the development of mobile applications for smartphones based on Android or iOS is an ideal startup that does not require a significant investment of funds, but has a wide range of functions. In addition, the site is easy to adapt to any convenient platform.

- Hybrid software development. To create the functionality of mobile applications with hybrid software, HTML, JAVA, CSS and frameworks are most often used. Since this kind of software is developed with an integrated markup, the application contains the advantages of the native and combines them with innovations in information technology. The best-known example of hybrid software is Facebook, which is easy to download on a mobile device but does not work without Internet access. The main advantages of hybrid applications include versatility and the ability to quickly enter the market.

- Native software. Applications with native software are the most demanding on resources, which determines their ability to include the full potential of the OS. Mobile application development with native software contains more functionality and is the most

productive type of applications. Native applications are much easier for users to master, they have a high speed of work.

The process of developing mobile applications is carried out on one of the existing Android or iOS platforms, in an integrated environment that allows the manufacturer to create open coding, conduct tests, solve current problems and plan further implementation of the application.

Over the fifteen years of its existence, the mobile application market has grown significantly in terms of technology development.

Consumers are downloading over 435,000 apps per minute, and that number looks set to rise. Users already spend a third of their day consuming content in apps. Today, there are four trends in mobile development [13-20].

Distribution of AR. Augmented reality (AR) continues to gain popularity. An increasing number of services are launching new features based on this technology. For example, IKEA introduced the IKEA Place app, which allows you to arrange furniture in a 3D model of an apartment and evaluate how it will look.

In September, along with iOS 16, a feature appeared on the iPhone that allows you to cut out objects in a photo (both people and objects) and move them to a different background. Technologies for editing the background and even replacing the face in the video are also actively spreading and improving. Various programs have appeared on the market that allow you to place animated 3D models in a real environment. Through this technology, companies can create attractive videos with their products.

Thanks to the availability and rapid development of AR technologies, as well as the creative potential of users, authors with a small audience will soon be making videos that are almost as good as studio ones. Content creation is actively democratizing and new

developments in the field of augmented reality are helping to strengthen this trend.

New ways to monetize in social networks. This concept is not new, however, the difficult situation in the global economy and the growth of social networks further encourage gamers, content creators and ordinary users to look for new ways to monetize their activities.

In August 2022, Instagram launched a paid subscription for exclusive content creators. This trend is likely to be followed by other platforms. Earlier this year, Yapp launched an app that shares its ad revenue with users, who can earn from creating and consuming memes. This revenue sharing model could also become popular in the coming months. In addition, as digital marketing develops, more social networks will add features for online trading. So people will be able to buy clothes, works of art and other goods and services not only on platforms created specifically for this.

Involving users in development. There is now a growing understanding that a broader range of thoughts is important for product improvement. Therefore, application developers and companies are paying more and more attention to the development of communities within the framework of beta testing.

In the near future, more users and customers are likely to participate in the early stages of software development. The result will be products created by people and for people.

Development of mobile wallets. Convenience, security and speed are becoming increasingly important for users, and their trust in traditional banks and financial systems is declining. The 2021 Mobile Wallets Report predicts that mobile wallet usage will grow by 74% between 2021 and 2025. As stated, by the end of 2025, the number of such wallets will be 4.8 billion rubles.

Consumers are already much more careful about their finances. Therefore, in 2023, new wallets and applications may appear that will attract more users.

However, in 2023 we are likely to see new ESG-focused services that inspire consumers to save and save, and help communities by promoting social and environmental projects.

As of early 2023, about 50% of users prefer Android mobile devices. 30% of users choose the iOS operating system developed by Apple.

In fact, for an experienced programmer, the differences between hybrid and native software are minimal, because for each kind of application it is necessary to develop code to be able to be used on both Android and iOS. In this regard, it is important to choose the type of application that, in the opinion of the programmer, will be necessary, useful and, most importantly, convenient for a wide range of users.

When considering how to build iOS and Android apps, many programmers find that sister languages Objective-C, Swift, and Java are the only choice. However, this approach has a serious drawback: when developing for two platforms at once, it is necessary to develop the same code fragments twice.

Considering different programming languages (Java and Swift), different approaches to doing the same in iOS and Android, different ways of creating a GUI, it's hard to do anything without writing the same code twice [21].

The situation is more complicated if two different developers are creating apps for iOS and Android, since two people are likely to implement the same feature in slightly different ways. However, over the past few years, a whole ecosystem of platforms for creating mobile applications has emerged. There is no doubt that when it comes to the development of mobile applications, the leaders in performance are products written in native languages [22; 24; 25]. This minimizes abstraction levels.

Принцип «меньше обмена данными – лучше быстродействие» наиболее оперативно работает на мобильных платформах, где системные ресурсы сильно ограничены. Тем не менее, разница в бюджете и сроках разработки более значима, чем разница в быстродействии. Выход на рынок таких игроков как React Native или Xamarin сделали эту пропасть еще более значимой, поэтому вопрос стал острее. Ionic, Cordova и PhoneGap – средства для разработки гибридных приложений.

The biggest problem with hybrid apps is their speed and efficiency. In the beginning, websites were built for simple web pages, rather than the complex applications currently being developed. Hybrid programs will be able to run smoothly on high-tech devices, but not as smoothly as we would like. The limited system parameters of phones is the biggest problem.

Another problem is that when developing a hybrid application, all the problems that a website developer experiences are automatically inherited. Websites may work differently on some browsers, and applications work with certain nuances on certain devices. Diagnosing errors and debugging becomes time-consuming for the developer. Statistics show that smartphone owners spend most of their time using just a few apps, and they expect any new app they use to be as fast as Facebook, YouTube or Uber.

Hybrid apps fall short of high user expectations by offering more limited user experience: slow animations, lack of gesture recognition, sometimes incorrect keyboard behavior or insufficient interaction with the mobile platform and its operating system. All of the above problems lead to a decrease in the popularity of hybrid applications. For example, PhoneGap and Ionic show noticeable weaknesses in large applications.

It should be noted that there are applications that have moved from a hybrid to a native interface on React Native, the number of which is rapidly increasing. These include Facebook, Airbnb, Instagram, Skype, Tesla, Slack and many more. The biggest benefit that React Native offers is better performance compared to hybrid apps. The developer gets access to the entire platform and all native interface elements, which allows you to create an application with complex animations and many controls.

Also, hardware features are handled by the specific platform. React Native works without using a WebView, so the developer doesn't have to worry about browser compatibility issues. Finally, React Native is based on the React framework with much better support from both Facebook and an active and large community. With ongoing support, React Native stays up to date, provides greater reliability, and a great knowledge base where you can learn how to develop apps and solve problems.

The next mobile development tool is Xamarin, one of the oldest cross-platform frameworks of its kind. The project was acquired by Microsoft in 2016 and became

part of their Visual Studio IDE, which provided the platform with further development. This is one of the key reasons why big companies like Pinterest rely on Xamarin. It offers a single language, C#, a class library and runtime that runs on three mobile platforms: iOS, Android, and Windows Phone (Windows Phone's native language is C#). The output speed and performance of the product is sufficient even for demanding games.

Regarding the popularity of the funds under consideration, a selection of statistical data from the Google Trends service was made (table 1).

Table 1

A selection of statistical data from the Google Trends service

	React Native	Xamarin	Ionic	Cordova	PhoneGap
In Russia	40%	25%	24%	10%	1%
In the world	18%	14%	44%	22%	2%

In the world, a popular query from Google is Ionic. The general trend shows that React Native and Xamarin are steadily taking away the popularity of technologies based on WebView over time. At the same time, if we compare native and hybrid applications, then the question arises about the advantage of one or another type. To do this, you need to find out how many applications a typical user uses daily and how many applications they have not opened since installation.

The user interface is very important for mobile applications. The main features include:

- attractive user interface elements;
- smooth scrolling;
- gesture recognition for the platform;
- advanced animations and effects.

In comparison with these characteristics, hybrid application development must adapt to the specific user interface of several platforms at the same time. Despite the fact that cross-platform technologies and systems are being actively improved, hybrid applications may not work correctly on different devices.

Thus, if you are interested in the user interface, you should choose native application development. To protect the hybrid approach, a web designer can overcome the UX disadvantages and make applications look very similar to native design. But there are also cases, like Google Gmail, where developers don't pay more attention to the native user interface and implement the same design for all platforms. Users don't care what the app looks like, as long as it serves all its purposes.

Native apps communicate directly with the device hardware and typically all static content is downloaded after the app is installed [2]. Thus, users are not dependent on the speed of the Internet, so the program always runs smoothly and reliably. Unlike native apps, hybrid apps first need to traverse the hybrid platform and execute code, and then access the device. Typically, content is downloaded from a server

(although not always), and performance depends on the speed of your Internet connection.

You may also notice some lag, for example by switching the iPad from portrait to landscape. This is a big minus of a hybrid application. In the native app, changing the screen orientation is quick and easy, unlike the hybrid one (Facebook has gotten faster since switching to the native app). However, it is worth noting that hybrid programs are still slower than their competitors, but not as critical.

Performance is an individual application characteristic that depends on the needs of the project and the capabilities of the device. The developer and end user need to pay attention to speed if the goal is to create applications that support real-time updates, high loads (social networks such as Facebook), complex business logic with multiple calculations (photo, music or video editors) and 3D - graphics (games). In other cases it is not significant. For example, the owner may think that scrolling on a website is somewhat laggy and users don't even notice [3].

In general, the efficiency of hybrid applications has increased in recent years due to the following factors:

1. Every year devices become much more powerful and faster.
2. The action of the OS is getting better from version to version.
3. Progress in technology.
4. The skill level and experience of developers is growing.

The poor performance of hybrid applications is due to an outdated OS or poor optimization of the technologies used.

Hybrid programs can beat a competitor only in the speed of developing a software product. By having a single codebase, these apps develop faster, so the owner or developer can bring the app to market in just a few months. Adapting features across platforms in a hybrid

approach takes less time than designing for all possible device options (iPhone, tablets, different Android smartphones, etc.) in native app development. By the way, changes in hybrids are more likely to deliver to users without forcing them to download an update. Typically, developers specialize in only one platform (iOS or Android).

So, to create a native application for different platforms, you need at least two development teams, which means two budgets. Any further changes and updates will also give funds multiplied by the number of platforms. Hybrid app development is cheaper because some solutions are built with HTML and JS rather than Objective-C or Java. In addition, much of the code can be reused across platforms, although there is a need to adapt to platform specifics. In any case, fewer resources and less budget will be needed. The following are the advantages and disadvantages of native and hybrid applications [4].

Benefits of a native app:

1. A set of rich native interfaces that are familiar to users and help them intuitively explore applications.
2. The full potential of the platform (a large number of ready-made and proven solutions).
3. High execution speed.
4. Direct access to device functions (camera, GPS, address book, calendar, push notifications) via API.

Disadvantages of a native app:

1. Long-term development, as it requires knowledge in different programming languages.
2. High cost, since it requires the involvement of specialists of different profiles to create and support different platforms.

Advantages of a hybrid application:

1. Rapid development: one code base for all platforms.
2. Easy testing and implementation of many changes and scaling to other platforms.

3. Lower cost as payment is made by only one team.

Disadvantages of a hybrid application:

1. Not enough smooth and intuitive UX compared to native app.
2. Slower performance: Highly loaded applications slow down when the Internet connection is poor.
3. In rare cases, battery consumption increases for complex applications.

Native development is the most sought after as the platform's feature set is constantly updated, making hybrid development more challenging. The advantage of native over hybrid mobile apps is greater performance and UX. Native development is more suitable for interactive applications with a lot of graphics and animations, or where content needs to be updated quickly. In this case, we mean games, some types of social networks, etc. In the event that some exclusive features are needed, hybrid development may require additional effort and consultation from the platform's language developers to write them from scratch.

Hybrid applications have emerged with the aim of speeding up development. The use of cross-platforms is only limited to guidance for mobile platforms imposing their designs and OS upgrades. The main advantage is that this type of development has a lower cost. A well-designed mashup has no visible or functional differences for users. The end user does not care how the application is built, as long as it is convenient and pleasant to use. There are three main IDEs for Android OS development: Eclipse (today it is used less and less), IntelliJ idea, Android Studio.

A mobile application was developed as part of the client service. The developed mobile application is a client of a two-tier client-server architecture (Fig. 2).

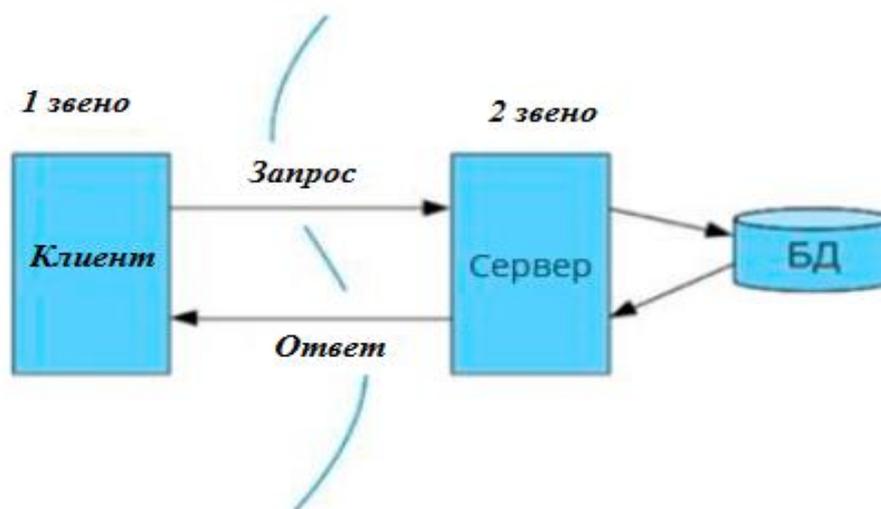


Fig. 2 – Program architecture

The client is software that provides the user with an interface to interact with the system. The client does

not interact directly with the database, nor does it contain much business logic. The client is responsible

for receiving and displaying the data received from the server, is responsible for sending the data received from the user, or makes a request to the data at the user's command.

In the iOS application, all user interactions take place using the touch screen.

The architecture of the iOS program has 4 layers (Fig. 3).

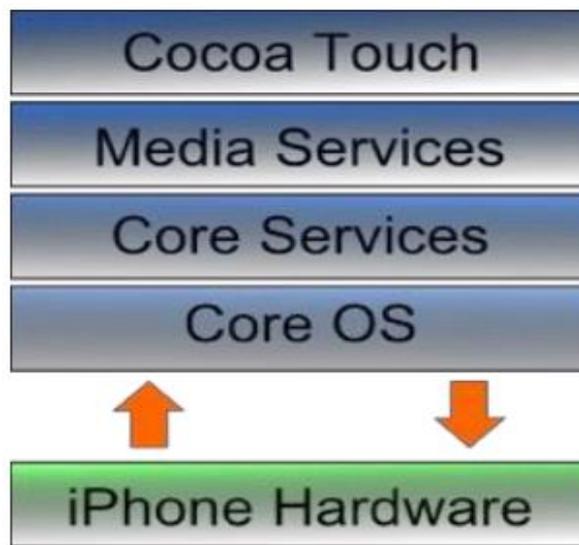


Fig. 3 - iOS program architecture

The Firebase server interacts with the app to get information like this:

1. When registering a new user:
 - information about the user's first and last name;
 - information about yourself from the user;
 - information about the user's phone;
 - information about the user's email;
 - information about the place of residence of the user;
 - information about the user website;
 - the main photo of the user;
 - background photo of the user;
 - user ID;
 - identifier of the user device.
2. When searching for new users via the Internet:
 - Information about the user's sender ID.
 - Information about the location of the user.
 - Information about the user's search radius.
3. When adding new users using the QR code:
 - Information about the user's sender ID.
 - Information about the user's recipient ID.

- Information about the creation time of the QR code.

- Information about whether the code is valid.
- Location information when reading the code.
- Information about the code reading time.

4. While adding new users via beeps:
 - Information about the user's audio sender ID.
 - Information about the user's audio recipient ID.
 - Location information when adding a user.
 - Information about when the user was added.

Two algorithms were developed:

1) Algorithms for searching users via the Internet. This algorithm shows the entire business logic of searching for users over the Internet. It presents three aspects of the algorithm for Firebase, Backend, and the mobile app itself.

2) Algorithm for adding a user using a QR code. The developed algorithm shows the entire logic of the mobile application for exchanging data via a QR code.

An example of data generation through a QR code is shown in Fig. 4.

```

- (UIImage *)createNonInterpolatedUIImageFromCIImage:(CIImage *)image
withScale:(CGFloat)scale
{
    // Render the CIImage into a CGImage
    CGImageRef cgImage = [[CIContext contextWithOptions:nil]
createCGImage:image fromRect:image.extent];
    // Now we'll rescale using CoreGraphics
    UIGraphicsBeginImageContext(CGSizeMake(image.extent.size.width * scale,
image.extent.size.height * scale));
    CGContextRef context = UIGraphicsGetCurrentContext();
    // We don't want to interpolate (since we've got a pixel-correct image)
    CGContextSetInterpolationQuality(context, kCGInterpolationNone);
    CGContextDrawImage(context, CGContextGetClipBoundingBox(context),
cgImage);
    // Get the image out
    UIImage *scaledImage = UIGraphicsGetImageFromCurrentImageContext();
    // Tidy up

```

Fig. 4 - An example of sending data to play audio signals after encoding.

Let's describe the development of the main screens of the application. The program was developed in the Xcode environment, using the Objective C language, according to the Apple MVC pattern. The layout of the screen elements was made using constraints, the layout

is scaled depending on the screen size using Auto-Layout.

The welcome screen allows the user to choose the next step to create a new user or log into an old account.

The welcome screen contains three Labels, two Buttons, one ScrollView, one ImageView (Fig. 5).



Fig. 5 – Welcome Screen

The registration screen allows the user to enter a username and password and password confirmation to create a Firebase account.

The registration screen contains two Labels, three Buttons and three TextFields (Fig. 6).

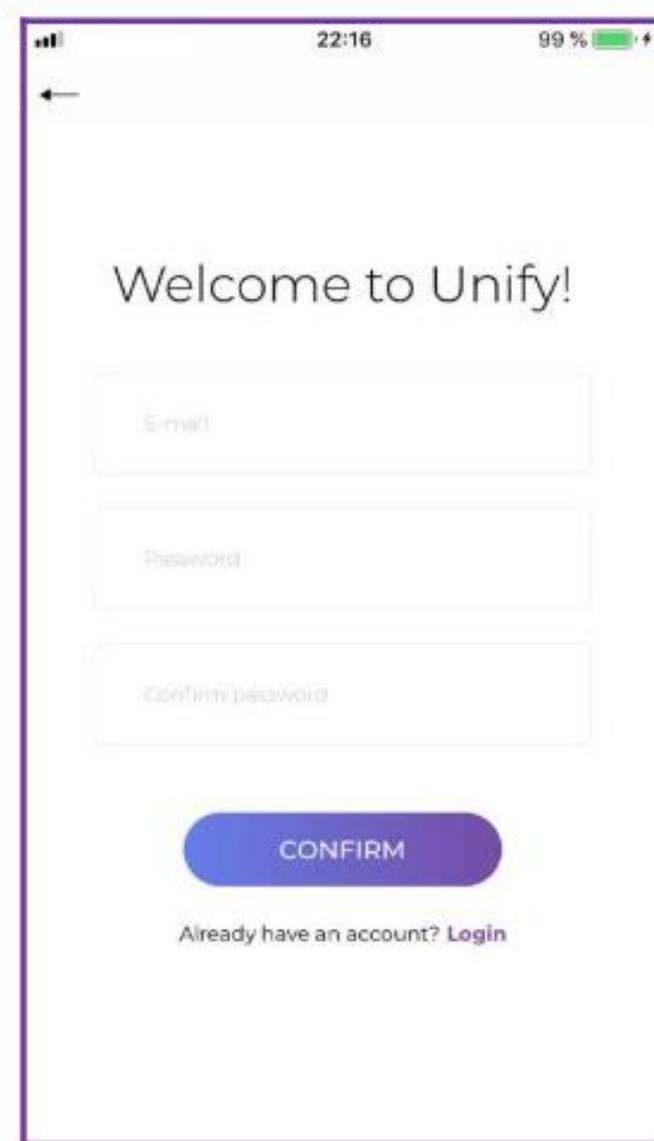


Fig. 6 – Registration Screen

The login screen allows the user to enter the username and password used in Firebase. The login

screen contains two Labels, four Buttons and two TextFields (Fig. 7).

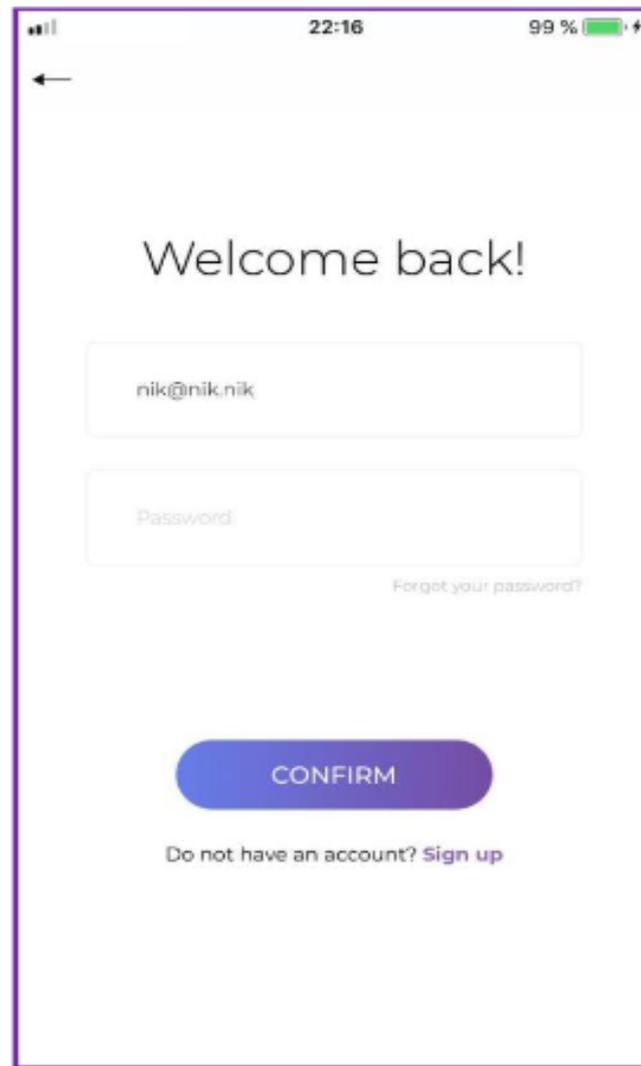


Fig. 7 – Login screen

The password recovery screen allows the user to enter their email, which they use in Firebase in order to recover a forgotten password. The password update screen contains one Label, two Buttons, and one TextField.

The profile screen allows the user to customize their data page and after clicking the Done button, the user saves the information locally and on the server. The profile screen contains seven Labels, seven Buttons, five TextFields, two ImageViews, one ScrollView, one generic TabBar.

The user search screen uses three technologies for data exchange - the Internet, the Chirp Connect framework for using sound signals, and a QR code. The user search screen contains one Label, four Buttons, two ImageViews, one shared TabBar.

The QR code screen simultaneously generates data into a QR code and starts reading data from the camera. The QR code screen contains one Button, one ImageView, one UIView, one UIAlertView to show errors or add users.

The contact list screen displays contacts sorted alphabetically or by the date they were added to the list.

The user search screen contains one TableView, two Buttons, one SearchBar, one generic TabBar.

The profile screen of the added contact. In it, you can view information about the added contact, delete this contact, make notes, view the place where users have added each other. The profile screen of the added contact contains a common TabBar, one ImageView, eleven Labels, seven Buttons, one TextView, one MapView.

Thus, the development of a client-server mobile application was carried out.

Conclusions. Based on the analysis carried out, it can be argued that native applications that give the best performance are well suited for complex projects that work with complex graphics (for example, video games). The wrong choice of development tools in this case will definitely make itself felt in the final product. At best, you can get user dissatisfaction, and at worst, there will be no opportunity to introduce such an application at all. For less demanding applications, when developing for multiple platforms (i.e. iOS and Android), it is worth looking into tools such as Xamarin or React Native. Their end product, which has a native user interface, will be fast and fluid when applied

correctly. In this case, the user will not notice a performance loss without special tests. In addition, it significantly reduces the development time and, accordingly, the cost.

So, in the article, the development of a client-server mobile application was carried out. The interaction of the Firebase service with the application and the data received to work with the service are described. Two algorithms for the operation of individual frequent mobile applications were presented, in general, these algorithms describe data exchange using the Internet and a QR code. In addition, separate parts of the code for data exchange are presented, taking into account the encryption and decryption of data after reading the QR code, as well as the methods of operation of sound signals. The basic principles of interface design for mobile devices are studied and described, which will be used for further functional development of the application. The user interface of the program has been developed, the maximum number of transitions between screens for executing test scenarios is eight, which allows the user to quickly carry out their activities with the application.

References

- Shamsujjoha M., Grundy J., Li L., Khalajzadeh H., Lu Q. Human-centric issues in ehealth app development and usage: A preliminary assessment. 28th IEEE International Conference on Software Analysis, Evolution and Reengineering, SANER, IEEE (2021), pp. 506-510.
- Holst A. Smartphone Users Worldwide 2016-2021: Tech. rep. Statista (2019) Available at <https://www.statista.com/statistics/330695>, Accessed: Dec-2020.
- Feshina Elena Vasil'evna, Kushtanok Svetlana Askerovna, Kramarenko Tat'yana Anatol'evna, & Skorbatyuk Rostislav YArosлавovich (2022). Analiz tekhnologij razrabotki mobil'nyh prilozhenij i informacionnyh sistem na baze operacionnoj sistemy android. Vestnik Adygejskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 4: Estestvenno-matematicheskie i tekhnicheskie nauki, (1 (296)), 85-91.
- Makeeva O.V., Krasnikov S.A., Tumanova M.B., & Chernov E.A. (2022). Tekhnologii razrabotki programmnyh prilozhenij. Innovacii i investicii, (3), 124-127. doi: 10.24412/2307-180X-2022-3-124-127
- Al'bekova Z. M., Svidnickij A. D., Lazareva M. M., Bogatyrev S. A., Kalyukarin A. V., Maslova O. I. Tekhnologiya razrabotki klientskogo prilozheniya dlya informacionnoj sistemy elektronnoho kampusa pod iOS-ustrojstva // Izvestiya KBNC RAN. 2022. №6 (110). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologiya-razrabotki-klientskogo-prilozheniya-dlya-informatsionnoy-sistemy-elektronnoho-kampusa-pod-ios-ustrojstva> (data obrashcheniya: 15.02.2023).
- Ivanova E.A., Kramarenko T. A. Krossplatformennye prilozheniya: ucheb. posobie. Krasnodar: KubGAU, 2020. 165 s.
- Kopan' A.O., Kramarenko T.A. Sravnitel'naya harakteristika nativnyh, veb i gibridnyh mobil'nyh prilozhenij // Informacionnoe obshchestvo: sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya: sb. materialov XI studencheskogo mezhdunar. foruma. Krasnodar: KubGAU, 2018. S. 159-161.
- Ajzenman B. Learning React Native. Moskva, 2018. 43 s.
- Zametti F. Flutter na praktike. Prokachivaem navyki mobil'noj razrabotki s pomoshch'yu otkryt. Frejmvorka ot Google: ucheb. posobie. Moskva: DMK-Press, 2020. 57 s.
- Gonataev R.G., Omel'chenko D.A., Feshina E.V. Preimushchestva razrabotki veb-prilozhenij s primeneniem frejmvorkov // Tendenciya razvitiya nauki i obrazovaniya. 2021. № 70-1. S. 12-15. Felgoise S. App Economy Stats You Should Know: Tech. rep. IronSource (2019) Available at <https://www.ironsrc.com/blog/app-economy-stats-you-should-know>, Accessed: Dec-2020
- Shamsujjoha M., Grundy J., Li L., Khalajzadeh H., Lu Q. Checking app behavior against app descriptions: What if there are no app descriptions? 29th IEEE/ACM International Conference on Program Comprehension, ICPC 2021, IEEE (2021), pp. 422-432.
- Clement J. Total Global Mobile App Revenues 2014-2023: Tech. rep. Statista (2019) Available at <https://www.statista.com/statistics/269025/worldwide-mobile-app-revenue-forecast>, Accessed: Dec-2020
- Grundy J., Abdelrazek M., Curumsing M.K. Vision: Improved development of mobile ehealth applications Int. Conf. on Mobile Software Engineering and Systems, MOBILESoft (2018), pp. 219-223, 10.1145/3197231.3197263
- Selic B. What will it take? A view on adoption of model-based methods in practice. Softw. Syst. Model., 11 (4) (2012), pp. 513-526, 10.1007/s10270-012-0261-0
- Brown A.W. Model driven architecture: Principles and practice. Softw. Syst. Model., 3 (4) (2004), pp. 314-327, 10.1007/s10270-004-0061-2
- Barnett S., Avazpour I., Vasa R., Grundy J. A multi-view framework for generating mobile apps. IEEE Symposium on Visual Languages and Human-Centric Computing (2015), pp. 305-306, 10.1109/VLHCC.2015.7357239
- Barnett S., Avazpour I., Vasa R., Grundy J. Supporting multi-view development for mobile applications. J. Comput. Lang., 51 (2019), pp. 88-96.
- Kitchenham B., Charters S. Guidelines for Performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering: Technical Report EBSE 2007-00. Keele University and Durham University Joint Report (2007)
- Rahmani C., Zand M., Siy H., Srinivasan S. A survey on model driven software development. 18th International Conference on Software Engineering and Data Engineering 2009, SEDE 2009 (2009), pp. 105-110
- Liddle S.W.. Model-driven software development Handbook of Conceptual Modeling, Springer (2011), pp. 17-54.
- Stahl T., Voelter M., Czarnecki K. Model-Driven Software Development: Technology, Engineering,

Management. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, USA (2006).

Brambilla M., Cabot J., Wimmer M. Model-Driven Software Engineering in Practice: Second Edition. (second ed.), Morgan & Claypool Publishers (2017).

Schwaber, K. The Definitive Guide to Scrum: The Rules of the Game: Creative Commons / K. Schwaber, D. Sutherland. – Text : electronic // ScrumAlliance. – 2017. – URL: <https://scrumguides.org/docs/scrumguide/v2017/2017-Scrum-Guide-US.pdf> (visited on 03/03/2022).

UDC 004.8
УДК 004.8

Griffith C. (2019). What is cross-platform app development. URL: <https://ionicframework.com/resources/articles/whatis-cross-platform-app-development> (visited on 03/03/2022).

Heitkotter H., Hanschke S., Majchrzak T. A. Comparing crossplatform development approaches for mobile applications. Department of Information systems, University of M^unster, 2012, p. 13. URL: [Scitepress.org, https://www.scitepress.org/Papers/2012/39045/39045.pdf](https://www.scitepress.org/Papers/2012/39045/39045.pdf) (visited on 03/03/2022).

E.G. Barshchevsky,
professor

*Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping
St. Petersburg, Russian Federation*

MODERN MACHINE LEARNING TECHNOLOGIES

Барщевский Е.Г.
профессор

*ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова»,
Санкт-Петербург, Российская Федерация*

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

DOI: 10.31618/ESSA.2782-1994.2023.2.90.368

Summary. The relevance of the work is due to the widespread use of machine learning in various fields of science, technology, and human activity. The article discusses the components of modern machine learning, types of machine learning, key areas of machine learning, software tools used for machine learning.

Аннотация. Актуальность работы обусловлена широким использованием машинного обучения в различных сферах науки, техники, человеческой деятельности. В статье рассматриваются составные части современного машинного обучения, типы машинного обучения, ключевые области машинного обучения, программные инструменты, используемые для машинного обучения.

Keyword. Machine learning, types of machine learning, key areas of machine learning.

Ключевые слова. Машинное обучение, типы машинного обучения, ключевые области машинного обучения.

Введение (Introduction)

Машинное обучение – это особый способ обучать компьютер решать определенные задачи без применения программирования. На Международной конференции по искусственному интеллекту и анализу данных Artificial Intelligence Journey (AI Journey 2022) президент по глобальным продажам, маркетингу и операциям Microsoft Жан-Филипп Куртуа сообщил о том, что пандемия COVID-19 форсировала интерес к использованию машинного обучения: 80% компаний уже внедряют его в свою деятельность, а 56% планируют увеличить объем инвестиций в эту сферу. Учитывая актуальность машинного обучения в современных условиях [1],[2], рассмотрим основные части машинного обучения [3], его ключевые области [4], наиболее востребованные программные инструменты, которые используются для машинного обучения.

Методы и материалы (Methods and Materials)

Современное машинное обучение состоит из трех частей:

1. Алгоритмы, которые подсказывают компьютеру, какие источники требуется использовать, чтобы решить задачу.

2. Наборы данных или датасеты. Это память машины, в которой находится информация о предыдущем опыте решения задачи.

3. Признаки – индивидуальные параметры. Рассмотрим более подробно работу машинного обучения. Для этого рассмотрим типы машинного обучения.

Типы машинного обучения

Принято разделять все типы машинного обучения на три категории:

- с учителем (supervised learning);
- без учителя (unsupervised learning)
- с подкреплением (reinforcement learning).

На практике в настоящий момент реализованы три ключевых области машинного обучения [5]:

Рекомендательные системы

Рекомендательные системы – это наиболее узнаваемая модель машинного обучения, из всех используемых сегодня. Вы видите сервисы или сайты, которые пытаются рекомендовать книги или фильмы, статьи, базируясь на ваших предыдущих действиях. Они пытаются вывести вкусы и предпочтения, и идентифицировать неизвестные предметы, которые представляют интерес. К рекомендательным можно отнести следующие системы:

- Amazon.com это, возможно, наиболее известный сайт в электронной коммерции применивший рекомендации. Основываясь на покупках и активности на сайте, Amazon.com рекомендует книги и другие вещи, которые могут вызвать интерес.
- Netflix также рекомендует DVD, которые могут быть интересны и предлагают приз в 1M\$ для исследователей, которые могут улучшить качество их рекомендаций.
- Социальные сети, такие как Фейсбук, используют варианты рекомендательных техник для выявления людей, наиболее вероятно подходящих под определение так называемых “еще не связанных друзей”.

Кластеризация

Кластеризация менее очевидна, но оказывается в не менее известных упоминаниях. Как следует из названия, методы кластеризации пытаются группировать большие числа предметов вместе в кластеры, которые имеют общее сходство. Таким образом, устанавливают иерархию и порядок в больших или трудных для понимания множествах данных, и таким способом устанавливают интересные закономерности или делают набор данных более легким для понимания. К этой области машинного обучения относятся:

- Google News группирует новостные статьи по названию, используя технику кластеризации.
- Поисковые механизмы, такие как Clusty, так же группируют свои поисковые результаты.
- Заказчики могут быть сгруппированы в сегменты (кластера) при помощи техники кластеризации, основанные на атрибутах: доход, местоположение, покупательские привычки.

Кластеризация помогает определять структуру и даже иерархию, в большой коллекции вещей, которую, может быть, даже сложно осмыслить. Предприятия могут использовать эту технику для определения скрытых групп среди пользователей, или разумной организации большой коллекции документов, или определения общих паттернов для сайтов, используя их логи.

Классификация

Модели классификации позволяют определить: является ли предмет частью определенной категории или есть ли у нее некоторый атрибут. К моделям классификации относятся:

- Yahoo!, Mail, которые решают является ли предмет входящее сообщение спамом, основываясь на предшествующих письмах и сообщениях на

спам от пользователей, а также характеристиках самих писем.

- Google's Picasa и другие приложения для управления фотографиями могут определять область изображения, содержащую человеческое лицо.

- Программа оптического распознавания символов классифицирует малые области отсканированного текста на отдельные символы.

Классификация помогает решить вопрос о том, соответствует ли новый кусок входных данных или предмет предыдущим рассмотренным шаблонам; и она часто используется для классификации поведения или шаблона. Она может быть использована для обнаружения подозрительной сетевой активности или мошенничества, а также для выяснения того, указывает ли на разочарование или на удовлетворение сообщение пользователя. Каждая из этих моделей работает лучше, когда снабжена большим количеством хороших входных данных. В некоторых случаях, эти методы должны не только работать на больших объемах данных, но должны получать результат быстро, и эти факторы делают масштабируемость главной задачей. Одна из основных причин использовать Mahout это именно масштабируемость. Необходимо отметить, что нет готового рецепта, который можно взять и применить к типовой ситуации. Для каждого случая нужно пробовать различные алгоритмы и входные данные. Только поняв суть алгоритмов можно успешно применить библиотеку.

Для машинного обучения используют различные программные инструменты [6]. Наиболее продвинутыми считаются:

- TensorFlow;
- Shogun;
- io;
- Rapid Miner;
- Google Cloud ML Engine;
- Amazon Machine Learning (AML);
- NET;
- Apache Mahout;
- Microsoft Azure ML;
- SberCloud ML Space.

Все эти инструменты имеют свои особенности. Основные отличия в применяемых языках программирования и совместимости с определенными операционными системами. Каждый инструмент предназначен для решения узконаправленных задач, поэтому необходимо более подробно рассмотреть некоторые модели обучения поискового робота.

TensorFlow - открытая программная библиотека для машинного обучения, разработанная компанией Google и применяемая для решения задач построения и тренировки, позволяющая обучать искусственный интеллект решению разных задач. Используется в медицине, в частности, для предотвращения слепоты, помогая врачам сканировать диабетическую ретинопатию; спасения лесов, информируя власти о признаках

незаконной вырубке леса. На ее основе строятся AlphaGo и Google Cloud Vision.

io – доменная зона в IT- сфере. Существует даже новая расшифровка аббревиатуры — Input/Output. А ещё IO может означать «Internet Organization». Доменную зону можно рассматривать в качестве идеального варианта для стартапов и медиа, сайтов на тему инноваций и технологий.

RapidMiner - это программная многопользовательская платформа, представляющая собой интегрированную среду для обработки данных в больших информационных массивах, машинного обучения, текстовой аналитики и построения прогностических моделей, а также для решения иных задач Data Mining.

Сервис Google Cloud Search позволяет легко находить нужную для работы информацию с помощью ноутбука, мобильного телефона или планшета. Поиск выполняется по корпоративному контенту в сервисах Google Workspace или в сторонних источниках данных, предоставляемых компанией Google набор облачных служб, которые выполняются на той же самой инфраструктуре, которую Google использует для своих продуктов, предназначенных для конечных потребителей, таких как Google Search и YouTube.

Amazon Machine Learning (AML) - это зонтичный термин, объединяющий различные облачные платформы, решающие большинство инфраструктурных задач, включая предварительную обработку данных, обучение и оценку моделей с дальнейшим созданием прогнозов. Самая распространенная в мире облачная платформа Amazon Web Services (AWS) поддерживает любого на каждом этапе перехода к использованию машинного обучения с помощью самого универсального набора сервисов искусственного интеллекта и машинного обучения, инфраструктуры и ресурсов для внедрения.

Mahout - это open-source библиотека для машинного обучения от Apache. Алгоритмы, которые библиотека реализует, в совокупности можно назвать машинным обучением или даже коллективным интеллектом. Это может означать многое, но в настоящий момент это означает в первую очередь рекомендательные системы (коллаборативная фильтрация), кластеризацию и классификацию.

Mahout содержит ряд моделей и алгоритмов, многие из которых в настоящее время все еще в разработке или экспериментальной фазе. На этом раннем этапе жизни проекта, три ключевые темы наиболее заметны: рекомендательные системы

(коллаборативная фильтрация), кластеризация и классификация. Это далеко не все, что есть в Mahout, но эти темы наиболее зримые и зрелые. В теории Mahout — это проект, открытый для реализации любого вида моделей машинного обучения.

Выводы (Summary)

Использование машинного обучения в различных областях человеческой деятельности, в том числе: медицине (предотвращение слепоты), бизнесе (анализе поведения клиентов, прогнозировании тенденций движения цен, оценке рисков и многом другом), экологии (предотвращение вырубки лесов) позволит решить многие проблемы, связанные с выживанием человечества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Григорьев А. Машинное обучение. Портфолио реальных проектов. СПб.: Питер, 2023. – 487с.

Дэвенпорт Томас. Внедрение искусственного интеллекта в бизнес – практику. Преимущества и сложности. М.: Альбина Публишер, 2020. – 286с.

Архангельская Е. О., Кадури А. А., Николенко С. И. Глубокое обучение. Погружение в мир нейронных сетей. СПб.: Питер, 2022. - 430с.

Search Personalization Using Machine Learning [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://faculty.washington.edu/hemay/search_personalization.pdf. Дата доступа 05.04.2022.

Marketing Artificial Intelligence Institute [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.marketingaiinstitute.com/blog/how-search-engines-use-artificial-intelligence>. Дата доступа 05.04.2022.

Амейден Эммануэль. Создание приложений машинного обучения. От идеи к продукту. СПб.: Питер, 2023. – 268.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ AUTHOR INFORMATION

Барщевский Евгений Георгиевич- Barshchevsky Eugene G.-

кандидат технических наук, профессор candidate of technical Sciences, Professor

ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала ФГБОУ VO "GUMRF named after Admiral

С. О. Макарова Makarov 198035, Российская Федерация, Санкт- 198035, Russian Federation,

Петербург, ул. Двинская, 5/7 St. Petersburg, Dvinskaya str., 5/7

UDC 004.8
УДК 004.8

E.G. Barshchevsky,
professor
Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping
St. Petersburg, Russian Federation

DEEP LEARNING TECHNOLOGY

Барщевский Е.Г.
профессор
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова»,
Санкт-Петербург, Российская Федерация

ТЕХНОЛОГИЯ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ

DOI: 10.31618/ESSA.2782-1994.2023.2.90.369

Summary. The relevance of the work is due to the widespread use of deep learning in various fields of science, technology, and human activity. The article describes the characteristics of deep learning, the process of formation of deep learning, promising areas of use of deep learning.

Аннотация. Актуальность работы обусловлена широким использованием глубокого обучения в различных сферах науки, техники, человеческой деятельности. В статье дается характеристика глубинного обучения, процесс формирования глубинного обучения, перспективные области использования глубинного обучения.

Keyword. Artificial intelligence, artificial neural networks, deep learning.

Ключевые слова. Искусственный интеллект, искусственные нейронные сети, глубокое обучение.

Введение (Introduction)

Глубокое обучение — это разновидность машинного обучения на основе искусственных нейронных сетей. Процесс обучения называется глубоким, так как структура искусственных нейронных сетей состоит из нескольких входных, выходных и скрытых слоев. Каждый слой содержит единицы, преобразующие входные данные в сведения, которые следующий слой может использовать для определенной задачи прогнозирования [1]. Благодаря этой структуре компьютер может обучаться с помощью собственной обработки данных. Как часть концепции искусственного интеллекта (ИИ), глубокое обучение лежит в основе различных инноваций: беспилотные автомобили, распознавание голоса, изображения и т.д.. В 2016 году компания Grand View Research (GVR) оценила глобальный рынок глубокого обучения в 272 миллиона долларов США. Его значительная часть (20%) принадлежала авиационно-космической и оборонной промышленности. С 2014 года рынок глубокого обучения демонстрирует непрерывный рост. В последнем отчете GVR говорится, что к концу 2025 года этот рынок достигнет 10,2 млрд долларов [2], [3]. Что же привело к столь заметному росту рынка? Ответ лежит в наборе преимуществ, предоставляемых технологией глубокого обучения.

Методы и материалы (Methods and Materials)

Глубокое обучение как метод предполагает определенную форму искусственных нейронных сетей (ИНС), которые сначала необходимо обучить на примерах данных. Обученную ИНС можно применять для выполнения соответствующих

задач. Применение обученной ИНС называется «выполнением логических выводов». Во время выполнения логических выводов ИНС выдает результаты анализа данных в соответствии с заученными правилами. Например, это может быть оценка того, содержит введенное изображение неисправный или нормальный объект.

Процесс глубокого машинного обучения состоит из двух основных этапов: обучения и формирование выводов [4]. Фазу обучения следует рассматривать как метод маркировки больших объемов данных и определение их соответствующих характеристик. Система сравнивает эти характеристики и запоминает их, чтобы сделать правильные выводы, когда она столкнется с подобными данными в следующий раз.

Процесс глубокого обучения включает следующие этапы [5]:

ИНС задают набор двоичных вопросов в виде да/нет.

Извлечение числовых значений из блоков данных.

Классификация данных в соответствии с полученными ответами.

Маркирование данных.

Во время фазы формирования выводов, система делает определенные заключения, а затем маркирует новые неизученные данные, используя её предыдущие знания. Уже отмечалось, что глубокое обучение нейронных сетей – это тип традиционного машинного обучения. Сети глубокого обучения нуждаются в больших объемах немаркированных данных, чтобы сделать точные выводы, кроме того глубокое обучение требует

высокопроизводительное оборудование и значительно большее время для обучения [6]. Концепция глубокого обучения подразумевает, что машина сама создаст свои функциональные возможности, до тех пор пока это возможно.

Глубокое обучение способно генерировать новые функции из ограниченного набора функций, расположенных в наборе учебных данных. Поэтому алгоритмы глубокого обучения могут создавать новые задачи для решения текущих. Что это значит для специалистов в области обработки данных?

Поскольку глубинное обучение нейронных сетей может создавать функции без вмешательства человека, специалисты в данной области смогут сэкономить много времени при работе с большими данными, опираясь на эту технологию. Это позволяет им использовать более сложные наборы функций по сравнению с традиционным программным обеспечением для машинного обучения.

Неконтролируемые человеком методы глубокого обучения позволяют системе стать умнее самостоятельно и работать с немаркированными данными, а машинное обучение работает только с маркированными данными. Способность определять наиболее важные функции позволяет глубокому обучению эффективно предоставлять специалистам точный и надежный результат анализа.

Процесс глубокого обучения основан на анализе больших объемов данных. Но потоковые входные данные предоставляют мало времени для обеспечения эффективного процесса обучения. Вот почему специалистам приходится адаптировать свои алгоритмы глубокого обучения, чтобы нейронные сети могли обрабатывать большие объемы непрерывных входных данных.

Еще одна сложность технологии глубокого обучения заключается в том, что она не может предоставить причины и аргументы своих заключений. В отличие от традиционного машинного обучения, вы не сможете проверить алгоритм и узнать, почему ваша система решила, что, например, на картинке изображена кошка, а не собака. Чтобы исправить ошибки в алгоритмах глубинного обучения, нужно пересмотреть весь алгоритм.

Глубинное обучение — достаточно ресурсоемкая технология. Она требует более мощных графических процессоров, высокопроизводительных видеокарт, большого объема памяти для обучения моделей и т. д. Кроме того, этой технологии требуется больше времени для обучения по сравнению с традиционным машинным обучением.

Несмотря на все недостатки, улучшенные методы глубинного обучения открывают новые возможности для эффективного анализа больших объемов неструктурированных данных. Компании, использующие глубокое обучение в своих задачах,

смогут получить более точные результаты аналитики без необходимости тратить много времени на обучение системы.

В сфере машинного зрения глубокое обучение представляет собой особенно часто используемый метод решения широкого круга задач. К наиболее распространенным задачам для глубокого обучения в технологиях визуализации относятся анализ изображений в целях классификации и сегментации содержащейся на них информации. Классификация изображений предполагает определение классов объектов на изображениях, например, для отделения дефектных компонентов от бездефектных и их сортировки их по разным типам дефектов или распределения отпускных изображений по различным категориям. Сегментация изображений предполагает определение класса каждого из пикселей изображения. Такой подход позволяет идентифицировать несколько различных объектов на изображении, например, определять различные виды фруктов в корзине или распознавать указатели, дорожные знаки и людей в транспортном потоке. Глубокое обучение также используется на этапе обработки и оптимизации изображений, например, для удаления шума или компенсации искажений, характерных для различных объектов.

Выводы (Summary)

В настоящее время с развитием искусственного интеллекта в мире связаны самые радужные ожидания, в том числе как с частью концепции искусственного интеллекта – глубокого обучения. Благодаря структуре искусственной нейронной сети глубокое обучение прекрасно справляется с поиском закономерностей в неструктурированных данных, таких как изображения, звук, видео и текст. По этой причине глубокое обучение ведет к быстрым преобразованиям в различных отраслях экономики, включая здравоохранение, электроэнергетику, финансы и транспорт. Эти отрасли теперь реорганизуют традиционные бизнес-процессы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Франсуа Шолле. Глубокое обучение на Питоне. СПб.: Питер, 2018. – 487с.

Дэвенпорт Томас. Внедрение искусственного интеллекта в бизнес – практику. Преимущества и сложности. М.: Альбина Публишер, 2020. – 286с.

Архангельская Е. О., Кадурин А. А., Николенко С. И. Глубокое обучение. Погружение в мир нейронных сетей. СПб.: Питер, 2022. - 430с.

Search Personalization Using Machine Learning [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://faculty.washington.edu/hemay/search_personalization.pdf. Дата доступа 05.04.2022.

Marketing Artificial Intelligence Institute [Электронный ресурс]. Режим доступа:

search-engines-use-artificial-intelligence. Дата
доступа 05.04.2022.

Амейден Эммануэль. Создание приложений
машинного обучения. От идеи к продукту. СПб.:
Питер, 2023. – 268.

**ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ AUTHOR
INFORMATION**

Барщевский Евгений Георгиевич-
Barshchevsky Eugene G.-

кандидат технических наук, профессор
candidate of technical Sciences, Professor

ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала ФГБОУ
VO "GUMRF named after Admiral

С. О. Макарова Makarov
198035, Российская Федерация, Санкт- 198035,
Russian Federation,

Петербург, ул. Двинская, 5/7 St. Petersburg,
Dvinskaya str., 5/7

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 544.23:691.26-022.532

*Потапов¹ В.В., Горев¹ Д.С., Сердан² А.А.**¹Научно-исследовательский геотехнологический центр Дальневосточного отделения Российской Академии Наук, г. Петропавловск-Камчатский**²Химический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва*

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАНОКРЕМНЕЗЕМА И МИКРОКРЕМНЕЗЕМА SiO₂

V.V. Potapov¹, D.S. Gorev¹, A.A. Cerdan²

PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERISTICS OF NANOSILICA AND MICROSILICA SiO₂

DOI: 10.31618/EESA.2782-1994.2023.2.90.370

В статье приведены результаты исследования физико-химических характеристик различных видов добавок для бетонов: порошок и золь нанокремнезёма, полученные на основе гидротермального раствора, и микрокремнезём. Исследования проведены с помощью методов лазерной дифракции, динамического светорассеяния, рентгенофазового анализа и электронной микроскопии. Определены средние размеры частиц нано- и микрокремнезема, аморфная структура, содержание примесей в образцах. На основе полученных данных сделан вывод о более высокой активности нанокремнезема при повышении прочности бетона. Результаты химического анализа нанокремнезема и микрокремнезема показали высокое содержание SiO₂ (94,59%) в нанокремнеземе, что превышает содержание SiO₂ (84,12%) в микрокремнеземе. По результатам рентгенофазового анализа SiO₂ в нанокремнеземе присутствует только в аморфной форме, в микрокремнеземе SiO₂ содержится как в кристаллической (1,81%), так и в аморфной форме (до 83%). Количество аморфной формы SiO₂ в значительной степени определяет активное действие пуццолановых добавок. Высокую активность нанокремнезема в не агрегированном состоянии стоит ожидать при использовании в качестве добавки в бетон золя нанокремнезема. Как показал метод динамического светорассеяния размеры частиц в золе нанокремнезема существенно меньше, чем в порошке микрокремнезема.

Results of researching physical and chemical characteristics of different additions to concrete are presented in paper: powder and sol of nanosilica obtaining from hydrothermal solution and microsilica. Methods of laser diffraction, dynamic light scattering, X-Ray analysis and electron microscopy were used for reseachings. Sizes of nanosilica and microsilica particles, amorphous structure, impurities concentrations in samples were determined. On the base of these data conclusion was made that nanosilica have more high activity for rising concrete compressive strength than microsilica. Results of chemical analyse of nanosilica and microsilica revealed high SiO₂ content (94,59%) in nanosilica that is more than SiO₂ content in microsilica (84,12%). We obtained by X-Ray analyse that includes SiO₂ in amorphous form only. Microsilica includes SiO₂ in amorphous (up to 83%) and crystal form (1,81%). It is known, that one of the main factor of activity of puzzolanic additions is SiO₂ content in amorphous form. High activity of nanosilica in nonaggregated condition will be if nanosilica sol used as addition to concrete. By method of dynamic light scattering it was established that particles sizes in nanosilica sol less than in microsilica powder.

Ключевые слова: нанокремнезем, микрокремнезем, размеры частиц, содержание примесей, аморфная структура.

Key words: nanosilica, microsilica, particles sizes, impurities consentration, amorphous structure.

Введение.

В строительной индустрии в настоящее время применяется набор методов нанотехнологий [1]. Развивается подход по направленному изменению структуры бетона вводом наночастиц различного химического состава и формы.

Уточнились данные о скорости образования и структуре геля гидратов силиката кальция, включая размеры составляющих структуры, ее плотность, форму. Добавка аморфного кремнезема влияет на скорость образования гидратов силиката кальция и их стехиометрию благодаря пуццолановой реакции: $SiO_2 + CaO + H_2O \rightarrow CaO \cdot SiO_2 \cdot H_2O$.

Наночастицы SiO₂ с высокой удельной поверхностью могут существенно влиять на модифицирование бетонов. Другой активной модифицирующей добавкой для бетонов является микрокремнезем.

В большинстве случаев микрокремнезем производят высокотемпературным обжигом кремнесодержащего сырья (ферросилиция) [2]. В состав отходящих газов входит оксид кремния. При его окислении и конденсации образуется тонкодисперсный порошок. Большая часть материала имеет аморфную структуру. Средний размер частиц микрокремнезема находится в

пределах 0,1-0,2 мкм, что примерно в 100 раз меньше размера цементных зерен.

Одно из основных применений микрокремнезема в строительстве – производство бетонов с повышенной прочностью. Повышение прочности достигается за счет повышения плотности цементного раствора, заполнения пустот гидратами силиката кальция, улучшения контакта с поверхностью заполнителя [3-4].

Известны основные формы микрокремнезема: неуплотненный, уплотненный и гранулированный. Технология ввода микрокремнезема может быть сухой и мокрой (в виде суспензии).

Кроме прочности при сжатии бетона микрокремнезем повышает морозостойкость, водонепроницаемость, сульфатостойкость, коррозионную стойкость, и долговечность бетонных изделий.

Микрокремнезем нашел широкие применения в строительстве высотных зданий, туннелей, мостов, буровых платформ в Европе, США, Канаде и широко в мире.

Совместное применение суперпластификаторов и микрокремнезема открыло дополнительные возможности по созданию новых марок бетона с особыми конструкционными характеристиками [5].

В таблице 1 приведены объемы импорта, производства и потребления для различных форм аморфного кремнезема на рынке РФ в 2017 г., включая микрокремнезем (производство в табл. 1 не учитывает микрокремнезем, получаемый на основе ферросилиция).

Таблица 1. Объемы продаж различных видов аморфного диоксида кремния на российском рынке в 2017 г.

В числе компаний, которые в 2017 г. приобретали на российском рынке микрокремнезем, в основном в качестве добавки в бетон и бетонные изделия, ООО «Ногинский комбинат строительных смесей», ООО «БАСФ Строительные материалы», ОАО «Первоуральский динасовый завод», ООО «Кералит» [6].

Аморфная структура микрокремнезема предопределяет его быстрое взаимодействие с Ca(OH)₂ с образованием гидросиликатов кальция (ГСК). Размеры гидросиликатов кальция находятся в коллоидном диапазоне значений. Гидросиликатная взвесь имеет при этом субмикроскопическую структуру, вязкость которой достаточно мала, чтобы происходило размещение реагирующих частиц без осаждения в порах цементного материала и на границе с заполнителем [7].

Целью данной работы было сравнение физико-химических характеристик нанокремнезема и микрокремнезема с целью оценки их влияния на структуру и характеристики бетона.

Материалы и методы.

Образцы золы и порошков нанокремнезема получали на основе гидротермального раствора по

технологии представленной в. Образцы микрокремнезема были использованы производства фирмы Perkin Elmer.

Определение распределения агрегатов частиц порошков кремнезема по размерам производилось на приборе Analysette 22 с измерительным диапазоном 0,3-300 мкм.

Для частиц с размерами менее 0,3 мкм в золях кремнезема применяли прибор ZetaPlus. ZetaPlus – автоматический прибор, предназначенный для работы с суспензиями частиц или растворами макромолекул. В системе ZetaPlus используется лазерный луч, который проходит через образец в кювете, где находятся два электрода, обеспечивающие электрическое поле. Свет, рассеиваемый частицами, имеет доплеровское смещение, поскольку рассеивающие частицы движутся в электрическом поле.

Дифрактограммы построены с помощью дифрактометра ARL X'tra (Швейцария).

Сканирующий микроскоп Quanta 200 с приставкой для элементного анализа Apollo 40 применяли для изучения структуры образцов и определения их химического состава.

Результаты исследований.

На рис. 1, 2 представлены результаты определения распределения агрегатов частиц по размерам образцов нанокремнезема и микрокремнезема.

Для образца порошка нанокремнезема (рис. 1) максимальный размер частиц составил 120 мкм. Из приведенной гистограммы распределения частиц по размерам следует, что основная масса частиц представлена фракцией с размерами 20 - 50 мкм.

Для образца порошка микрокремнезема (рис. 2) максимальный размер частиц – 20 мкм. Из приведенной гистограммы распределения частиц по размерам следует, что основная масса частиц представлена фракцией с размерами 2 – 10 мкм.

Рисунок 1. Распределение частиц по размерам для образца нанокремнезема.

Рисунок 2. Распределение частиц по размерам для образца микрокремнезема.

На рис. 3 представлены результаты определения среднего диаметра частиц образца золя. Из приведенной далее таблицы 2 распределения частиц по размерам следует, что для данного образца минимальный размер частиц составил 44,7 нм. Среднее значение диаметра частиц 88,63 нм. Плотность образца золя - 1160 г/дм³, содержание SiO₂ в золе - 260 г/дм³.

Рисунок 3. Средний диаметр частиц образца золя ГВ

Таблица 2. Распределение частиц золя по размерам.

Анализ содержания стеклофазы в образцах выполнялся методом сравнения площадей гало и рефлексов кристаллических фаз по формуле:

$$v_g = \frac{S_{halo}}{S_{halo} + S_{ref}} = \frac{S_{bckg} - S_{bckg}^{extra}}{S_{tot} - S_{bckg}^{extra}} \quad (1)$$

где V_g - объемная доля стеклофазы, S_{bckg} - площадь под кривой фона в пределах интегрирования, S_{bckg}^{extra} - площадь под кривой фона с экстраполяцией участка под гало (прямая - наилучшее приближение к общей касательной), S_{tot} - общая площадь под теоретической рентгенограммой (по результатам уточнения).

Количество стеклофазы, обнаруженной в порошке нанокремнезема было на уровне 1,3 мас. % (сульфид кальция CaS), в порошке микрокремнезема - 3,2 мас. % (α -кварца SiO_2 и гематит Fe_2O_3). В таблице 3 приведены концентрации фаз в изучаемых пробах.

Таблица 3. Абсолютные концентрации фаз в изучаемых пробах.

Рисунок 4. Зарегистрированные дифрактограммы микро- (а), нанокремнезема (б).

Результаты электронномикроскопического анализа порошка нанокремнезема представлены на рис. 5. Микроскопический анализ показывает наличие ярко выраженной агломерации частиц нанокремнезема, размеры агломератов от 5 до 100 мкм. Агломераты имеют плотную однородную структуру.

Рисунок 5. Микрофотография нанокремнезема увеличение X5000.

По результатам химического анализа установлено: содержание SiO_2 в нанокремнеземе составляет 94,59%, наличие примесей в виде соединений содержащих Na, Al, Si, S, Cl, Ca не превышает 6% (рис. 6).

Рисунок 6. Результаты химического анализа порошка нанокремнезема.

Результаты электронномикроскопического анализа порошка микрокремнезема представлены на рис. 7. Микроскопический анализ показывает наличие шарообразных частиц микрокремнезема с размерами от 0,3 до 10 мкм, и наличие агломератов с рыхлой структурой.

Рисунок 7. Микрофотография шарообразных частиц микрокремнезема увеличение X5000.

По результатам химического анализа установлено: содержание SiO_2 в микрокремнеземе составляет 84,12%, наличие примесей в виде соединений содержащих Na, Mg, Al, K, S, Cl, Ca, Fe, Zn до 16 % (рис. 8).

Рис. 8. Результаты химического анализа микрокремнезема

Выводы

1. Результаты химического анализа нанокремнезема и микрокремнезема показали высокое содержание SiO_2 (94,59%) в нанокремнеземе, что превышает содержание SiO_2 (84,12%) в микрокремнеземе. По результатам рентгенофазового анализа SiO_2 в нанокремнеземе присутствует только в аморфной форме, в микрокремнеземе SiO_2 содержится как в

кристаллической (1,81%), так и в аморфной форме (до 83%). Количество аморфной формы SiO_2 в значительной степени определяет активное действие пуццолановых добавок.

2. Применение золя кремнезема, представляющего стабильную водную форму отдельных наночастиц, позволит активно модифицировать характеристики бетона. Как показал метод динамического светорассеяния (прибор Zeta-Sizer) размеры частиц в золе нанокремнезема существенно меньше, чем в порошке микрокремнезема.

Список литературы.

Sobolev K., Ferrada Gutierrez M. How Nanotechnology Can Change the Concrete World. American Ceramic Society Bulletin. 2005; 10:14-19.

Flores-Vivian I., Pradoto R. G.K, Moini M., Kozhukhova M., Potapov V., Sobolev K. The effect of SiO_2 nanoparticles derived from hydrothermal solutions on the performance of portland cement based materials // Frontiers of Structural and Civil Engineering. 2017. P. 1-10.

Потапов В.В., Туманов А.В., Закуражнов М.С. и др. Повышение прочности бетона за счет ввода наночастиц SiO_2 // Физика и химия стекла. 2013 . Т. 39. № 4. С. 611–617.

Потапов В.В., Сердан А.А., Кашпура В.Н. и др. Получение и свойства нанокремнезема на основе гидротермального раствора // Химическая технология. 2017. № 2. С. 65–73.

Оуэнс Ф. Нанотехнологии/ Ф. Оуэнс, Ч. Пулл-мл. – М.: Техносфера, 2009. – 336 с.

Потапов В.В., Горев Д.С. Определение объема рынка аморфного SiO_2 в 2016-2019 гг.: Российская Федерация, страны СНГ, мировой рынок. Индустриальная экономика 2022, 1(1), 21-33. DOI: 10.47576/2712-7559_2022_1_1_21

Минько Н.И. Методы получения и свойства нанообъектов/ Н.И. Минько, В.В. Строкова, И.В. Жерновский, В.М. Нарцев. – Белгород: Изд-во Флинта, 2009. – 168 с.

Подписанные подписи к статье Потапова В.В., Горева Д.С., Сердана А.А.

Таблица 1. Объемы продаж различных видов аморфного диоксида кремния на российском рынке в 2017 г.

Таблица 2. Распределение частиц золя по размерам.

Таблица 3. Абсолютные концентрации фаз в изучаемых пробах.

Рисунок 1. Распределение частиц по размерам для образца нанокремнезема.

Рисунок 2. Распределение частиц по размерам для образца микрокремнезема.

Рисунок 3. Средний диаметр частиц образца золя ГВ.

Рисунок 4. Зарегистрированные дифрактограммы микро- (а), нанокремнезема (б).

Рисунок 5. Микрофотография нанокремнезема увеличение X5000.

Рисунок 6. Результаты химического анализа порошка нанокремнезема.

Рисунок 8. Результаты химического анализа микрокремнезема.

Рисунок 7. Микрофотография шарообразных частиц микрокремнезема увеличение X5000.

Таблица 1.

Объемы продаж различных видов аморфного диоксида кремния на российском рынке в 2017 г.

Вид кремнезема	Объем импорта в 2017 г. (тонн)	Объем производства в РФ в 2017 г. (тонн)	Объем экспорта в 2017 г. (тонн)	Объем потребления в 2017 г. (тонн)
Осажденный диоксид кремния (белая сажа и т. д.)	33626,1	3891,1	458,6	37058,6
Пирогенный диоксид кремния (Аэросил, Орисил и т. д.)	1274,6	0	27,5	1247,1
Силикагель	16640,5	0	59,9	16580,6
Микрокремнезем	1867,2	0	11,4	1855,6

Таблица 2.

Распределение частиц золя по размерам.

d(нм)	G(d)	C(d)	d(нм)	G(d)	C(d)	d(нм)	G(d)	C(d)
44,7	26	5	79,8	97	40	117,3	80	75
52,0	44	10	84,1	99	45	125,8	70	80
57,6	58	15	88,7	100	50	136,4	58	85
62,5	70	20	93,4	99	55	151,1	44	90
67,0	80	25	98,5	97	60	175,7	26	95
71,3	87	30	104,1	93	65			
75,5	93	35	110,3	87	70			

Таблица 3.

Абсолютные концентрации фаз в изучаемых пробах.

Название образца	SiO ₂ , масс. %	Fe ₂ O ₃ , масс. %	CaS, масс. %	Стеклофаза, масс. %
Микрокремнезем	1,81	1,39	---	96,8(2)
Наносилика	---	---	1,7	98,3(2)

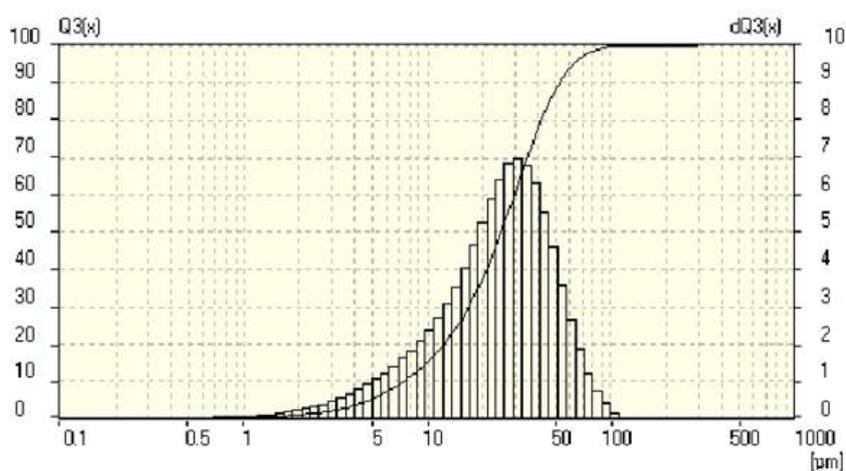


Рисунок 1. Распределение частиц по размерам для образца нанокремнезёма.

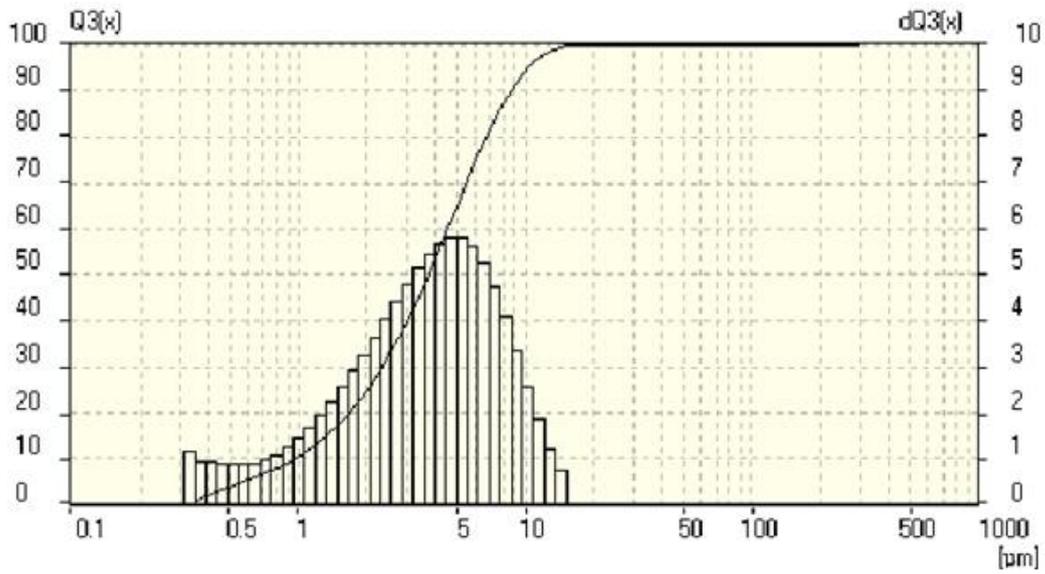


Рисунок 2. Распределение частиц по размерам для образца микрокремнезёма.

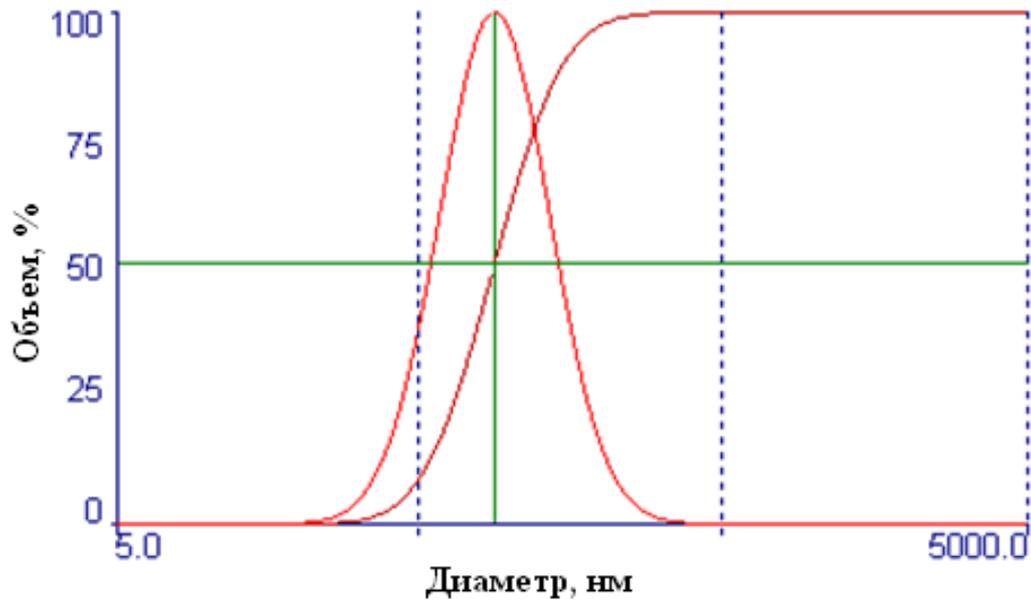
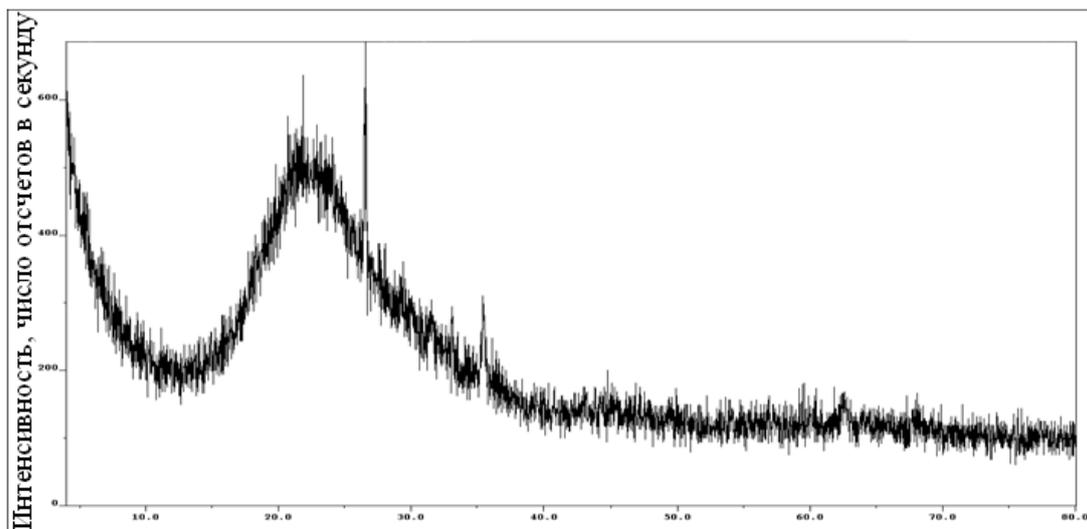
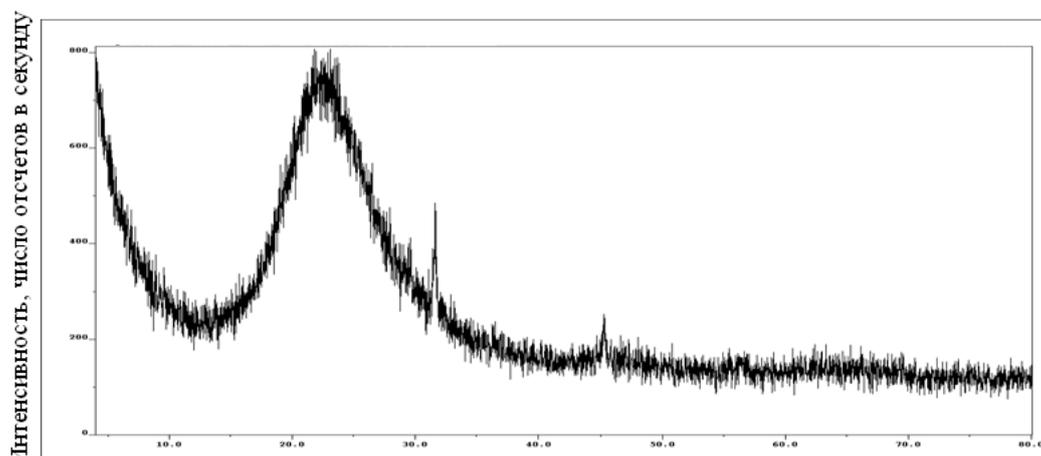


Рисунок 3. Средний диаметр частиц образца золя ГВ.



2θ

a)



2θ

б)

Рисунок 4. Зарегистрированные дифрактограммы микро- (а), нанокремнезема (б).

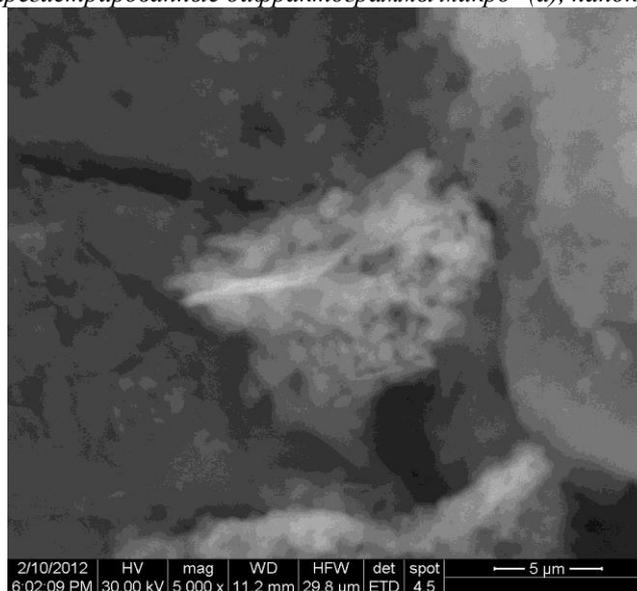


Рисунок 5. Микрофотография нанокремнезема увеличение X5000.

Компонент	масс. доля, %	молярная доля, %
Na ₂ O	02,03	01,99
Al ₂ O ₃	01,37	00,81
SiO ₂	94,59	95,59
SO ₃	00,58	00,44
Cl ₂ O	00,99	00,69
CaO	00,44	00,48

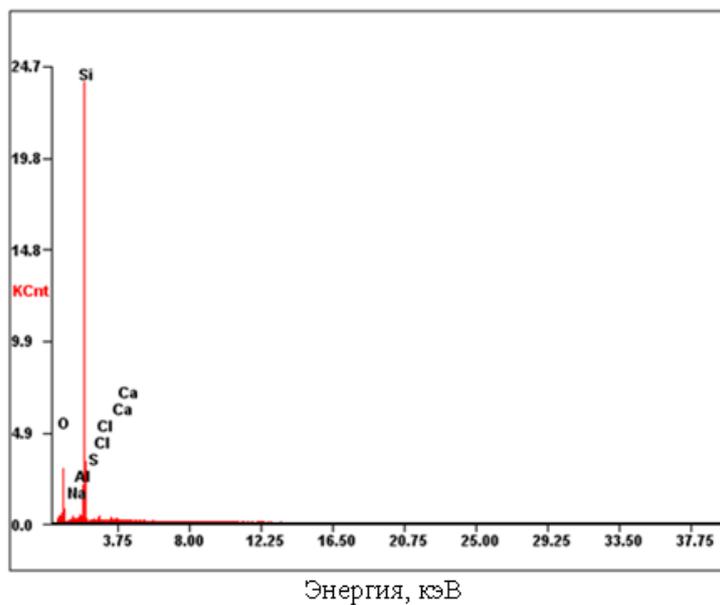


Рисунок 6. Результаты химического анализа порошка нанокремнезема.

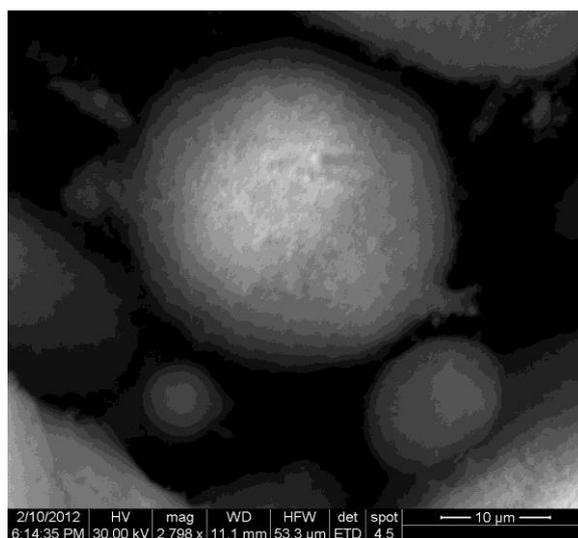


Рисунок 7. Микрофотография шарообразных частиц микрокремнезема увеличение X5000.

Компонент	масс. доля, %	мольная доля, %
Na ₂ O	01,45	01,42
MgO	04,44	06,71
Al ₂ O ₃	01,10	00,66
SiO ₂	84,12	85,18
SO ₃	00,91	00,69
Cl ₂ O	00,35	00,24
K ₂ O	02,74	01,77
CaO	01,34	01,46
Fe ₂ O ₃	02,14	00,82
ZnO	01,41	01,05

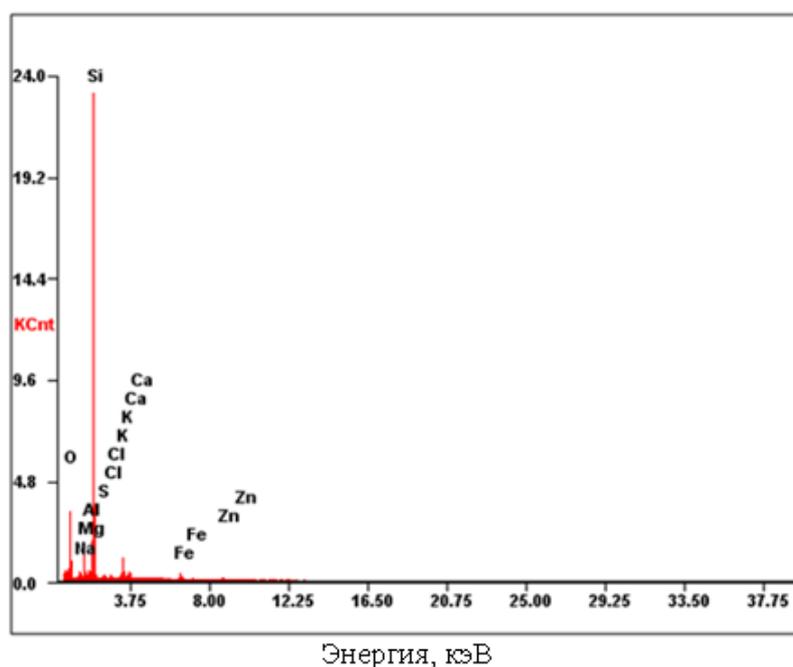


Рисунок 8. Результаты химического анализа микрокремнезема.

Сведения об авторах:

¹Потапов Вадим Владимирович – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник НИГТЦ ДВО РАН

¹Горев Денис Сергеевич – кандидат технических наук, старший научный сотрудник НИГТЦ ДВО РАН

¹Научно-исследовательский геотехнологический центр Дальневосточного отделения Российской Академии Наук

²Сердан Анхель Анхелевич – доктор химических наук, профессор, ведущий научный сотрудник, Химический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова

¹Potapov Vadim V., Doctor of Technical Science, Professor, Principal researcher, Research Geotechnological Center, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Russia,

¹Gorev Denis S., PhD of Technical Science, senior Researcher, Research Geotechnological Center, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Russia,

¹Research Geotechnological Center, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences

²Cerdan Angel A., doctor of chemical sciences, professor, Chemical Department of Moscow State University

#5(90), 2023 часть 2
Восточно Европейский научный журнал
(Санкт-Петербург, Россия)
Журнал зарегистрирован и издается в России
В журнале публикуются статьи по всем
научным направлениям.
Журнал издается на русском, английском и
польском языках.

Статьи принимаются до 30 числа каждого
месяца.
Периодичность: 12 номеров в год.
Формат - А4, цветная печать
Все статьи рецензируются
Бесплатный доступ к электронной версии
журнала.

Редакционная коллегия

Главный редактор - Адам Барчук

Миколай Вишнеwski

Шимон Анджеевский

Доминик Маковски

Павел Левандовски

Ученый совет

Адам Новицки (Варшавский университет)

Михал Адамчик (Институт
международных отношений)

Питер Коэн (Принстонский университет)

Матеуш Яблоньски (Краковский
технологический университет имени
Тадеуша Костюшко)

Петр Михалак (Варшавский университет)

Ежи Чарнецкий (Ягеллонский университет)

Колуб Френнен (Тюбингенский
университет)

Бартош Высоцкий (Институт
международных отношений)

Патрик О'Коннелл (Париж IV Сорбонна)

Мацей Качмарчик (Варшавский
университет)

#5(90), 2023 part 2
Eastern European Scientific Journal
(St. Petersburg, Russia)
The journal is registered and published in Russia
The journal publishes articles on all scientific
areas.
The journal is published in Russian, English
and Polish.

Articles are accepted till the 30th day of each
month.
Periodicity: 12 issues per year.
Format - A4, color printing
All articles are reviewed
Free access to the electronic version of journal

Editorial

Editor-in-chief - Adam Barczuk

Mikolaj Wisniewski

Szymon Andrzejewski

Dominik Makowski

Pawel Lewandowski

Scientific council

Adam Nowicki (University of Warsaw)

Michal Adamczyk (Institute of International
Relations)

Peter Cohan (Princeton University)

Mateusz Jablonski (Tadeusz Kosciuszko
Cracow University of Technology)

Piotr Michalak (University of Warsaw)

Jerzy Czarnecki (Jagiellonian University)

Kolub Frennen (University of Tübingen)

Bartosz Wysocki (Institute of International
Relations)

Patrick O'Connell (Paris IV Sorbonne)

Maciej Kaczmarczyk (University of Warsaw)

**Давид Ковалик (Краковский
технологический университет им. Тадеуша
Костюшко)**

**Питер Кларквуд (Университетский
колледж Лондона)**

Игорь Дзедзич (Польская академия наук)

**Александр Климек (Польская академия
наук)**

**Александр Роговский (Ягеллонский
университет)**

Кехан Шрайнер (Еврейский университет)

**Бартош Мазуркевич (Краковский
технологический университет им. Тадеуша
Костюшко)**

Энтони Маверик (Университет Бар-Илан)

**Миколай Жуковский (Варшавский
университет)**

**Матеуш Маршалек (Ягеллонский
университет)**

**Шимон Матысяк (Польская академия
наук)**

**Михал Невядомский (Институт
международных отношений)**

Главный редактор - Адам Барчук

1000 экземпляров.

Отпечатано в ООО «Логика+»

198320, Санкт-Петербург,

Город Красное Село,

ул. Геологическая,

д. 44, к. 1, литера А

«Восточно Европейский Научный Журнал»

Электронная почта: info@eesa-journal.com,

<https://eesa-journal.com/>

**Dawid Kowalik (Kracow University of
Technology named Tadeusz Kościuszko)**

Peter Clarkwood (University College London)

Igor Dzedzic (Polish Academy of Sciences)

**Alexander Klimek (Polish Academy of
Sciences)**

Alexander Rogowski (Jagiellonian University)

Kehan Schreiner (Hebrew University)

**Bartosz Mazurkiewicz (Tadeusz Kościuszko
Cracow University of Technology)**

Anthony Maverick (Bar-Ilan University)

Mikołaj Żukowski (University of Warsaw)

Mateusz Marszałek (Jagiellonian University)

**Szymon Matysiak (Polish Academy of
Sciences)**

**Michał Niewiadomski (Institute of
International Relations)**

Editor in chief - Adam Barczuk

1000 copies.

Printed by Logika + LLC

198320, Region: St. Petersburg,

Locality: Krasnoe Selo Town,

Geologicheskaya 44 Street,

Building 1, Litera A

"East European Scientific Journal"

Email: info@eesa-journal.com,

<https://eesa-journal.com/>