



VOL 2, No 75 (75) (2021)

The scientific heritage
(Budapest, Hungary)

The journal is registered and published in Hungary.

The journal publishes scientific studies, reports and reports about achievements in different scientific fields.

Journal is published in English, Hungarian, Polish, Russian, Ukrainian, German and French.

Articles are accepted each month.

Frequency: 24 issues per year.

Format - A4

ISSN 9215 — 0365

All articles are reviewed

Free access to the electronic version of journal

Edition of journal does not carry responsibility for the materials published in a journal.

Sending the article to the editorial the author confirms it's uniqueness and takes full responsibility for possible consequences for breaking copyright laws

Chief editor: Biro Krisztian

Managing editor: Khavash Bernat

- Gridchina Olga - Ph.D., Head of the Department of Industrial Management and Logistics (Moscow, Russian Federation)
- Singula Aleksandra - Professor, Department of Organization and Management at the University of Zagreb (Zagreb, Croatia)
- Bogdanov Dmitrij - Ph.D., candidate of pedagogical sciences, managing the laboratory (Kiev, Ukraine)
- Chukurov Valeriy - Doctor of Biological Sciences, Head of the Department of Biochemistry of the Faculty of Physics, Mathematics and Natural Sciences (Minsk, Republic of Belarus)
- Torok Dezso - Doctor of Chemistry, professor, Head of the Department of Organic Chemistry (Budapest, Hungary)
- Filipiak Paweł - doctor of political sciences, pro-rector on a management by a property complex and to the public relations (Gdansk, Poland)
- Flater Karl - Doctor of legal sciences, managing the department of theory and history of the state and legal (Köln, Germany)
- Yakushev Vasiliy - Candidate of engineering sciences, associate professor of department of higher mathematics (Moscow, Russian Federation)
- Bence Orban - Doctor of sociological sciences, professor of department of philosophy of religion and religious studies (Miskolc, Hungary)
- Feld Ella - Doctor of historical sciences, managing the department of historical informatics, scientific leader of Center of economic history historical faculty (Dresden, Germany)
- Owczarek Zbigniew - Doctor of philological sciences (Warsaw, Poland)
- Shashkov Oleg - Candidate of economic sciences, associate professor of department (St. Petersburg, Russian Federation)
- Gál Jenő - MD, assistant professor of history of medicine and the social sciences and humanities (Budapest, Hungary)
- Borbély Kinga - Ph.D, Professor, Department of Philosophy and History (Kosice, Slovakia)
- Eberhardt Mona - Doctor of Psychology, Professor, Chair of General Psychology and Pedagogy (Munich, Germany)
- Kramarchuk Vyacheslav - Doctor of Pharmacy, Department of Clinical Pharmacy and Clinical Pharmacology (Vinnytsia, Ukraine)

«The scientific heritage»

Editorial board address: Budapest, Kossuth Lajos utca 84, 1204

E-mail: public@tsh-journal.com

Web: www.tsh-journal.com

CONTENT

ARCHITECTURE

Makarenko O., Krivtsov V.	Makarenko O., Krivtsov V.
DEVELOPMENT OF LOW-RISE FRAME CONSTRUCTION AS AN EFFECTIVE MEASURE FOR EXPANDING HOUSING CONSTRUCTION IN RUSSIA	SHOOTLESS METHODS OF IMMERSION OF FINISHED PILES IN CONDITIONS OF DENSE URBAN DEVELOPMENT
3	5

BIOLOGICAL SCIENCES

Petrushenko M.,	Darmanov M., Makarov A., Khuseinov N.,
Petrushenko O., Lukyanetz E.	Norbekov J., Buriev Z., Abdurakhmonov I.
EFFECT OF CALCIUM IONS AND CHLORPROMAZINE ON TRPV1 CHANNELS OF RAT DRG NEURONS	CREATION OF NEW COTTON VARIETIES THROUGH GENE PYRAMIDING TECHNOLOGY
7	11

EARTH SCIENCES

Akiyanova F., Mussagaliyeva Zh.,	Kravtsova N., Boyko E., Kharitonov V.
Nazhibiyev A., Zinabdin N., Zhamangara A.	THE EFFECT OF MINERAL FERTILIZERS ON THE STRUCTURE OF THE CROP AND THE GRAIN YIELD OF RICE VARIETIES
APPLICATION OF REMOTE SENSING METHODS TO DETERMINE THE EUTROPHICATION OF SMALL LAKES IN NORTHERN KAZAKHSTAN	24
16	

MEDICAL SCIENCES

Hnenna O., Ogorenko V.	Savenkov O.
PARTICULARITIES OF THE TYPES OF ATTITUDES TOWARDS THE DISEASE IN HIV-INFECTED PATIENTS WITH NEUROSES, DEPENDING ON THEIR DEVIANT BEHAVIOR	INTEGRATED INDEX "QUALITY OF LIFE" IN WOMEN WITH BREAST CANCER
28	31

PHYSICS AND MATHEMATICS

Mishchik S.	Uzakov T., Uzakov O., Uzakova A.
HOLISTIC AND SYSTEMATIC ANALYSIS OF APPLIED PHYSICAL AND MATHEMATICAL PROBLEMS	COMPARATIVE STUDY OF CHITOSAN, PHOTOMODULATION AND PHYSICAL EXERCISES INFLUENCE ON OPERATING WOUNDS REGENERATION IN EXPERIMENT
35	49
Semotuk M.	Urusova B.I., Bolatchieva M.S.-Kh.
THE PHENOMENON OF TRANSVERSE RESONANCE IN THE COCHLEA OF THE INNER EAR OF LIVING BEINGS	DEFINITION MICRODISPERSE MODELS ENVIRONMENTS
40	51

**РАЗВИТИЕ МАЛОЭТАЖНОГО КАРКАСНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА КАК ЭФФЕКТИВНАЯ
МЕРА РАСШИРЕНИЯ ЖИЛИЩНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В РОССИИ**

Макаренкова О.В.

студентка, 2 курс,

*Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ),
Омск, Россия*

Кривцов В.В.

студент, 2 курс,

*Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ),
Омск, Россия*

**DEVELOPMENT OF LOW-RISE FRAME CONSTRUCTION AS AN EFFECTIVE MEASURE FOR
EXPANDING HOUSING CONSTRUCTION IN RUSSIA**

Makarenkova O.,

student, 2nd year, Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), Omsk, Russia

Krivtsov V.

student, 2nd year, Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), Omsk, Russia

DOI: [10.24412/9215-0365-2021-75-2-3-5](https://doi.org/10.24412/9215-0365-2021-75-2-3-5)

Аннотация

В статье рассматривается каркасное жилищное строительство как эффективная мера по расширению жилищного строительства в России. Так же приведены положительные аспекты развития каркасного домостроения, предложены меры для увеличения массового жилищного строительства.

Abstract

The article examines frame housing construction as an effective measure to expand housing construction in Russia. The positive aspects of the development of frame housing construction are also given, measures are proposed to increase mass housing construction.

Ключевые слова: доступное жилье, каркасное жилищное строительство, экодом, эффективное энергопотребление, строительство из вторичного сырья.

Keywords: affordable housing, frame housing construction, eco-house, efficient energy consumption, construction from recycled materials.

В нашей стране показатели обеспеченности населения комфортным жильем очень низкие. Приблизительно на душу населения в России приходится 23 кв.м общей площади жилищ, но четвертая часть этого жилья не имеет канализации, около 22% не оснащена системой водоснабжения холодной водой, 35% - системой водоснабжения горячей водой.

Если при расчете исключить из общей площади жилья неблагоустроенное и учитывать только комфортное жилье, имеющее все необходимые коммуникации, то на душу населения в России придется только 15 кв.м жилой площади. Этот показатель несомненно проигрывает аналогичным показателям многих зарубежных стран. Например, во Франции, Англии и Германии на одного жителя приходится 40-50 кв.м жилья.

Таким образом, в России большая часть жилья не удовлетворяет современным требованиям, почти половина жилья нуждается в капитальном ремонте.

Хотя в последние годы темпы жилищного строительства увеличиваются, но при существующей стоимости подавляющая часть граждан не имеет возможности приобрести жилье. Для развития массового жилищного строительства необходимы инвестиции.

Одной из эффективных мер расширения жилищного строительства может стать каркасное малоэтажное строительство, что позволит удерживать стоимость 1 кв.м жилья на уровне, доступном для большинства граждан нашей страны.

Из-за хорошего утеплителя жилье, возведенное каркасным способом, более энергосберегающее по сравнению с кирпичным и бетонным строительством. Как правило, такие дома имеют тепловую установку внутри дома, локальное водоснабжение из скважины, к которой может быть подключено несколько домов, и локальную систему канализации. Это ведет к тому, что стоимость подключения к коммунальным сетям при таком строительстве будет минимальной.

В нашей стране имеется достаточная лесосыревая база. Древесины достаточно, чтобы активно и рационально использовать ее, в том числе в каркасном домостроении.

Древесина как строительный материал имеет высокие прочностные показатели, особенно при сжатии вдоль волокон, что очень важно в каркасном домостроении, где деревянный каркас, состоящий из вертикальных стоек и горизонтальных связей, подвергается в основном вертикальным нагрузкам. При этом следует учесть, что древесина

является гигроскопичным материалом. Поэтому для обеспечения надежности и долговечности деревянных домов каркасного типа необходимо предусмотреть конструктивные и химические методы защиты конструкций, в том числе с применением паро- и влагозащитных пленок во избежание образования конденсата.

При возведении каркасных зданий необходимо соблюдать следующие условия:

- в ограждающих внутренних стеновых панелях и перекрытиях не допускать использование теплоизоляционных материалов, выделяющих фенольные вещества в том числе и стекловаты, а использовать в качестве теплоизоляционного материала теплоизоляционные плиты на основе древесного волокна беспрерывного прессования;
- использовать kleеные конструктивные изделия, которые не выделяют токсичные вещества, причем используемые материалы должны быть трудногорючими, экологически безопасными;
- при строительстве домов использовать древесину после технической сушки.

Эффективное развитие каркасного домостроения возможно получить только, внедряя научные разработки по созданию новых индустриальных технологий, например опытных конструкций с учетом нормативных требований по сопротивлению теплопередаче, расчётных значений температуры, максимального парциального давления водяного пара и относительной влажности для конструкции стенной панели в различных сечениях и прочее.

Весомым аргументом в пользу каркасного домостроения является возможность возведения экологичного жилья с минимальными энергетическими потерями с использованием теплонасосов, энергии солнца, рекуперации тепла при воздухообмене и автоматизацией всех систем энергообеспечения.

На основе изучение мирового и отечественного опыта можно выделить следующие благоприятные возможности при проектировании каркасных экодомов:

- формообразование: определение оптимальной жилой площади; энергоэффективное объемно-планировочное решение; сохранение и генерирование энергии с помощью архитектурных приемов; принцип теплового зонирования за счет устройства буферных пространств и теплового ядра;
- максимальное использование окружающей среды: применение зеленых насаждений и рельефа для уменьшения теплопотерь и обеспечения ветровой защиты здания;
- безопасность строительных материалов: безвредность, природное происхождение, возобновляемость;
- инженерно-техническое оснащение: тепло-снабжение с помощью системы солнечного отопления, аккумуляторов тепла, низкопотенциальной энергии грунта; горячее водоснабжение от солнечной и ветровой энергии; вентиляция за счет остекления пространства и теплообменных устройств; энергоснабжение с помощью солнечной, ветровой

энергии, энергии отходов древесины; водоснабжение с использованием индивидуальных очистных сооружений, септиков, биоколлекторов; использование системы «Умный дом».

С каждым годом в России, как и во всем мире, все чаще озвучивается проблема нерационального обращения с твердыми коммунальными отходами (ТКО) и отходами производства и потребления. Многочисленные строительные отходы образуются в результате демонтажа конструкций, капитального ремонта зданий, при их сносе или возведении новых объектов недвижимости.

Для решения этой проблемы с целью минимизации строительных отходов и повторного их использования в производстве рассматриваются возможности применения технологий строительства зданий из вторичного сырья с учетом требований экологических стандартов. Применение строительных элементов (блоков, бетона, арматуры), автомобильных покрышек, стеклянных и пластиковых емкостей – рациональный и экологический подход. При этом могут значительно сократиться объемы производства нового сырья, энергии, уменьшиться масштабы отходов.

В каркасном строительстве существуют технологии строительства из вторичного сырья при возведении, например, каркасных зданий из дерева или металла с заполнителем стен блоками из непереработанных вторичных элементов или прессованных отходов.

Данные технологии могут быть успешно применены для рационального обращения со строительными отходами и улучшения экологической ситуации.

Для увеличения массового жилищного строительства обязательным будет принятие серьезных организационно-экономических мер: например, освободить жилье от платы за подключение к сетям, покрывая расходы тарифом; упростить порядок выделения земли; установить жесткие требования при сооружении жилых массивов, обеспечив их необходимыми бытовыми и социальными учреждениями; дороги создавать заранее и с использованием государственных средств; дифференцировать налоги в зависимости от рыночной стоимости и комфортности возводимого жилья; дифференцировать квартплату от класса жилья; включить в оплату коммунальных услуг обязательное страхование этого жилья; пересмотреть условия ипотечного кредитования на строительство и приобретение жилья в сторону снижения процентной ставки; многократно расширять сферу аренды государственного жилого фонда для возможности временного проживания граждан без затраты огромных средств до момента прямой покупки собственного жилья.

Список литературы

1. Аганбегян А.Г. О применении научных методов при подготовке решений социально-экономических проблем. Вопросы экономики, №7, 2013, с. 124-137.

2. Зарубина А., Саушкина А. Проектирование экодомов в Иркутске: экодом на основе теплового ядра и буферных зон. Проект Байкал, 2016 (49), с. 158-159.

3. Леонович О.К. Повышение долговечности и экологической безопасности стеновых панелей

деревянных домов каркасного типа. Труды БГТУ, 2014, Выпуск 2.

4. Сухинина Е.А. Строительство зданий из вторичного сырья с учетом требований экологических стандартов. Вестник МГСУ, 2021, Том 16, №2.

БЕЗУДАРНЫЕ МЕТОДЫ ПОГРУЖЕНИЯ ГОТОВЫХ СВАЙ В УСЛОВИЯХ ПЛОТНОЙ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ

Макаренкова О.В.

студентка, 2 курс,

Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ),

Омск, Россия

Кривцов В.В.

студент, 2 курс,

Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ),

Омск, Россия

SHOOTLESS METHODS OF IMMERSION OF FINISHED PILES IN CONDITIONS OF DENSE URBAN DEVELOPMENT

Makarenkova O.,

student, 2nd year, Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), Omsk, Russia

Krivtsov V.

student, 2nd year, Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), Omsk, Russia

DOI: [10.24412/9215-0365-2021-75-2-5-6](https://doi.org/10.24412/9215-0365-2021-75-2-5-6)

Аннотация

В статье рассматриваются безударные методы погружения готовых свай, преимущество этих методов в условиях плотной городской застройки по сравнению с ударным методом погружения.

Abstract

The article discusses shockless methods of driving finished piles, the advantage of these methods in conditions of dense urban development in comparison with the shock method of driving.

Ключевые слова: готовые сваи, безударное погружение свай, свайный фундамент, деформация зданий, плотная застройка.

Keywords: ready-made piles, shock-free driving of piles, pile foundations, deformation of buildings, dense building.

При современном строительстве часто приходится возводить свайные фундаменты в условиях плотной городской застройки, что негативно сказывается на целостности и сохранности существующих зданий, располагающихся в непосредственной близости от строительства.

При погружении свай, применении шпунта молотов или вибропогружателей вблизи существующих зданий и сооружений необходимо оценить опасность для них динамических воздействий, исходя из влияния колебаний на деформации грунтов оснований, технологических приборов и оборудования.

Для исключения деформации существующих зданий при возведении рядом зданий на сваях необходимо наличие специальной техники и ее адекватное применение. Технологические возможности имеющегося оборудования должны соответствовать поставленной задаче, также необходимы соблюдение технологического регламента и контроль качества выполняемых работ. Очевидно, что любая самая современная техника должна пройти предва-

рительную обработку режимов и адаптацию в инженерно-геологических условиях местности перед началом масштабных работ по устройству свай в непосредственной близости от существующих зданий.

Рассматривая безопасность той или иной технологии свайного фундирования, в качестве факторов риска нужно учитывать все технологические операции, способные негативно повлиять на грунты основания и конструкции окружающей застройки, создать вибрационные нагрузки; ухудшить свойства окружающих грунтов и прочее.

Выбор свайных технологий следует выполнять в зависимости от расположения участка строительства относительно окружающей застройки и инженерно-геологических характеристик его разреза.

Для того, чтобы избежать критических вибрационных нагрузок на существующие здания при забивке свай в условиях городской застройки, были разработаны безударные методы погружения готовых свай: сваи погружают вибрацией, вдавливанием, завинчиванием, с использованием подмыва и

электроосмоса, а также комбинациями этих методов.

Вибрационный метод используют при погружении полых свай и стального шпунта, поскольку такие конструкции свай при погружении встречают меньшее сопротивление грунта. Этот метод основан на значительном уменьшении при вибрации коэффициента внутреннего трения в грунте и сил трения по боковой поверхности свай. При этом происходит частичное уплотнение грунта с зоной уплотнения 1,5...3 диаметра сваи. Этим методом погружают сваи с помощью вибропогружателей. Более универсальным является виброударный метод погружения свай с помощью вибромолотов.

Метод вдавливания – это метод менее опасен для окружающих сооружений, чем вибрационный и виброударный методы. Этим методом погружаются короткие сваи (до 6 м), используя специальные установки, воздействующие на сваю своей массой. В плотных грунтах перед вдавливанием требуется произвести бурение лидирующих скважин небольшого размера.

В практике строительства чаще применяют метод, основанный на комбинированном воздействии вибрации и статического пригруза (вибровдавливание). Этот способ более эффективен, чем простое вдавливание.

Метод завинчивания основан на ввинчивании стальных и железобетонных свай со стальными наконечниками в грунт с помощью установок, смонтированных на базе автомобилей или автомобильных тягачей. Метод часто применяют при устройстве фундаментов под мачты линий электропередачи, радиосвязи и другие сооружения, где могут присутствовать выдергивающие усилия.

Метод погружения свай с подмывом представляет собой разрыхление и частичное вымывание струями воды грунта под острием сваи.

Погружение свай с помощью электроосмоса применяется при установке свай в глинистых грунтах. Оно основано на том принципе, что при кратковременном действии постоянного тока вокруг забиваемой сваи, подключенной в сеть в качестве катода, влажность грунта возрастает, в результате чего понижаются силы трения между сваей и грунтом.

Комбинированный метод погружения свай применяют в тех случаях, когда отсутствует возможность погружения сваи на всю длину каким-то одним из вышеуказанных методов.

В условиях плотной городской застройки безударные методы менее вредоносны для существующих строений, чем ударный метод погружения свай. Они значительно снижают вибрационные нагрузки на здания, расположенные вблизи проведения строительства, но полностью не исключают их.

Исследования показали, что для плотной городской застройки идеально подходит метод завинчивания, при котором не оказывается вибрационного воздействия на здания и конструкции вне зависимости от расстояния до них.

Несмотря на то, что использование безопасных для окружающей застройки принципов, технологий и методов производства работ приводит к удешевлению стоимости проекта, увеличению сроков производства работ (по сравнению со строительством в относительно новых районах), огромным преимуществом является возможность осуществить бездефектное строительство в плотной городской застройке.

Список литературы

- Богов С.Г. Проблемы устройства свайных оснований в городской застройке в условиях слабых грунтов Санкт-Петербурга. Реконструкция городов и геотехническое строительство, № 8, 2004, с. 119 – 128.
- Волков Т.Д., Позднышев Н.А. Вибрационные воздействия при забивке свай в условиях городской застройки. Научная статья. Alfabuild, № 5 (12), 2019.
- Гилязидинова Н.В., Санталова Т.Н., Рудковская Н.Ю. Технологические процессы в строительстве: конспект лекций. Учебное пособие, КузГТУ. – Кемерово, 2016. – 229 с.
- Сеньков С.А., Семейных Н.С. Технология строительного производства. Часть 1. Учебное пособие, Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2010. - 119 с.

BIOLOGICAL SCIENCES

EFFECT OF CALCIUM IONS AND CHLORPROMAZINE ON TRPV1 CHANNELS OF RAT DRG NEURONS

Petrushenko M.,

Junior scientific researcher

Petrushenko O.,

Senior scientific researcher,

Lukyanetz E.

Professor, Dr.Sci

*Department of Biophysics of Ion Channels,
O.O. Bogomolets Institute of Physiology, NAS of Ukraine,
Kyiv, Ukraine*

DOI: [10.24412/9215-0365-2021-75-2-7-10](https://doi.org/10.24412/9215-0365-2021-75-2-7-10)

Abstract

We investigated the effect of the calmodulin blocker chlorpromazine on the activation of TRPV1 channels caused by the application of capsaicin in solutions with low and high concentrations of external calcium. The experiments were performed on a 1-2-day primary culture of neurons isolated from the dorsal root ganglia (DRG) of rats aged 9-12 days. To determine the level of intracellular calcium in the experiments, we used the method of microfluorimetry. Neurons were loaded with a fluorescent probe Fura 2AM. Small neurons belonging to nociceptors with a diameter of 15-37 μm , the surface area averaged 590 μm^2 , were selected for the experiment. Capsaicin (0.5 μM) was applied for 20 s. Chlorpromazine was administered for 2 min, the second application of capsaicin was performed 1 min after the chlorpromazine administration. All observed responses to capsaicin could be divided according to the response rate - with the rapid and slow development of the effect of capsaicin. We have shown that the action of the calmodulin blocker chlorpromazine depends on the concentration of Ca^{2+} ions in the external solution. The latter depends on the increase in the concentration of Ca^{2+} in the solution. At low concentrations of external Ca^{2+} (0.25 mM), calmodulin enhances the effect of capsaicin on TRPV1 channels in cells with a slow development of the effect of capsaicin, and at high concentrations of Ca^{2+} (2.5 mM) causes non-competitive inhibition of Ca^{2+} entry through TRPV1 channels. We hypothesize that the intracellular calcium level determines the effect of chlorpromazine on TRPV1 channels.

Keywords: calcium, TRPV1 channels, capsaicin, chlorpromazine.

Introduction

It is known that calcium intracellular signaling is widely involved in regulating numerous processes and reactions, including in the regulation of calcium itself into the cell through a variety of ion channels, including some TRP channels (Kostyk and others 2005; Kostyk and others 2010; Kostyuk and Lukyanetz 2006). It was shown that entry of Ca^{2+} into the cell through TRPV1 channels under the influence of capsaicin (Caps), agonist of TRPV1 channels, causes their desensitization (Caterina and others 1997; Koplas and others 1997; Petrushenko and others 2020; Petrushenko and others 2021; Petrushenko and Luk'yanetz 2019; Yang and others 2014). On the other hand, the Ca^{2+} application to the intracellular surface of the membrane leads to a decrease in Caps-induced current due to calmodulin-mediated events (Rosenbaum and others 2004).

Calmodulin (CM) binds Ca^{2+} and serves as a regulator of Ca^{2+} -dependent processes in the cell. Ca^{2+} -bound calmodulin usually inhibits several Ca^{2+} channels with a dangerous increase in intracellular Ca^{2+} through calcineurin activation and protects cells from Ca^{2+} -cytotoxicity, so blocking calmodulin should lead to an uncontrolled increase in intracellular Ca^{2+} (Caterina and others 1997; Doroshenko and others 1988). This uncontrolled increase in Ca^{2+} should lead to inhibition of TRPV1 channels.

CaM is actively involved in modulating the activity of various components of the cell through direct action or by activating several $\text{Ca}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$ -dependent enzymes that regulate many ion channels, including potential-dependent calcium ion channels (Doroshenko and others 1988).

Materials and methods

The method of microfluorescent microscopy was used to determine the level of intracellular calcium in the experiments. The experiments were performed on a 1-2 day primary culture of neurons isolated from the DRG of rats. Neurons were stained for 30 min with a fluorescent probe Fura 2AM (1 μM).

1. Isolation of DRG neurons and obtaining the primary culture.

Wistar rats of both sexes were used in the experiments. Animals aged 9-12 days and weighing 15-25 grams were taken into the experiment. Animal experiments were conducted following existing international and national regulations on the use of experimental animals, in particular: the Council of Europe Convention of 18.03.1986 and the Law of Ukraine of 21.02.2006 № 3447-IV.

In our experiments, the type of neurons was determined visually by estimating the diameter of isolated cells in the image, Fig.1.

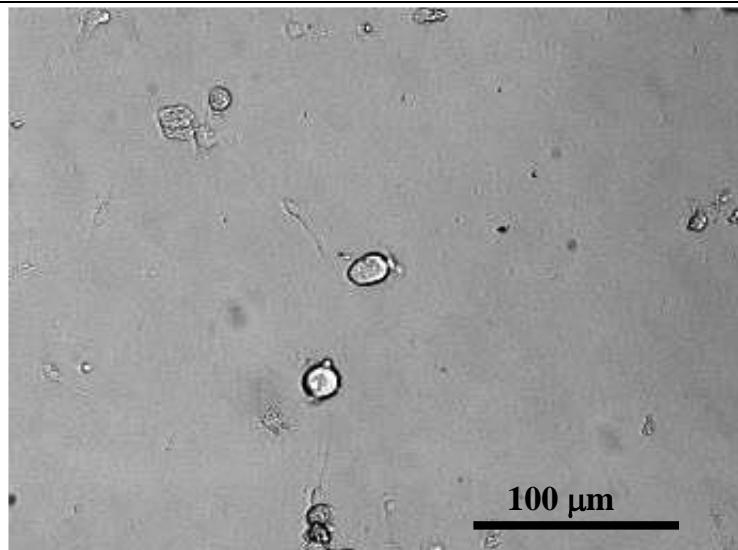


Fig.1 A photomicrograph showing the size of the studied DRG neurons is presented. There are two neurons in the middle.

In this case, to minimize the possible error, cells with a diameter of not more than 12-35 μm were selected. Isolation of DRG neurons and obtaining the primary culture were performed as described (Dragan and others 2016; Petrushenko 2013). In short: the isolated ganglia were transferred to solution 1 for enzymatic treatment. Treated with a mixture of enzymes trypsin/collagenase in a ratio of 3: 1 (3 mg/ml trypsin, 1 mg/ml collagenase) for 35-38 minutes at 34 °C. After enzymatic treatment, the ganglia were transferred to the culture solution and washed twice with the enzyme. The ganglia were then transferred to a drop of the medium on cover slides in Petri dishes (approximately 6 slides per 1 cup with a volume of 3 ml) and mechanically dispersed with glass micropipettes and metal needles. The neurons released due to this procedure remained on the slides for 30-40 minutes in a CO₂ incubator. Next, 2.5 ml of culture medium was added to each cup. As such, the obtained primary culture of DRG neurons was in a CO₂ incubator and cells were used in experiments for 20-72 h after preparation.

2. Experimental solutions and media for cell culture.

Solution for isolation - aqueous solution on phosphate buffer DPBS (D5773) with the addition (mM): CaCl₂-1, HEPES-20, NaHCO₃-15. The pH of the solution was adjusted to 7.32 with NaOH.

The culture medium contained 90% liquid DMEM medium and 10% inactivated calf embryo serum. In the resulting solution, 26 mM NaHCO₃, 0.6 μm dry bovine insulin and a mixture of Penicilin/Streptomicine (0.03%) were added. All reagents used to prepare the above solutions were purchased from Sigma-Aldrich, USA.

Base solution for experiments - aqueous solution containing (in mM): NaCl - 150; KCl - 5; MgCl₂ - 1.4, glucose - 5, HEPES - 20. The pH of the solution was adjusted to 7.35-7.40 with NaOH. The desired concentration of CaCl₂ (1 - 3 mM) was added under experimental conditions.

3. Measurement of intracellular level of Ca²⁺ (Calcium imaging)

The intracellular calcium level was measured using a fluorescent indicator Ca²⁺ - Fura 2AM, as described earlier (Dragan and others 2016). The reduction of Ca²⁺ was carried out using a selective chelator of Ca²⁺ ions - BARTA. Neurons were loaded with Fura-2AM in a solution containing Ca²⁺ and Mg²⁺ ions to stabilize the cell membrane and ensure dye fluorescence. The solution in the experimental chamber did not contain divalent cations. At the same time, the solution for applying depolarizing concentration of KCl and capsaicin contained 1 mM Ca²⁺ and 1 mM Mg²⁺.

Results and discussion

Caps-positive neurons belong to the subpopulation of DRG neurons with a small soma diameter (<50 μm) with thin unmyelinated fibers (C). According to (Caterina and others 1997), Caps-activated cation channels are localized in small DRG neurons. However, in some tissues, such as tooth pulp, large-diameter neurons with A-fibers may also respond to Caps (Ikeda and others 1997). In our studies, the vast majority of Caps-sensitive neurons belonged to a subpopulation of small-diameter neurons.

During long-term applications of Caps on the neuron, TRPV1 receptors responded by reducing the activity – the amplitude of calcium transients was decreased. This phenomenon is called desensitization. Desensitization of TRPV1 channels by type of tachyphylaxis reduces the maximum calcium transient amplitude during successive additions of the same concentrations of capsaicin (Koplas and others 1997). Desensitization to the influence of Caps in DRG neurons lasts 20-45 minutes after achieving tachyphylaxis (Mandadi and others 2004).

Rosenbaum and coworkers have shown that Caps activated an input current with an ED₅₀ of 728 nM, demonstrating co-operation (Hill's coefficient, 2.2); however, both forms of desensitization were weakly dependent on [Caps], suggesting a separation between the activation of Caps-sensitive channels and desensitization (Rosenbaum and others 2004).

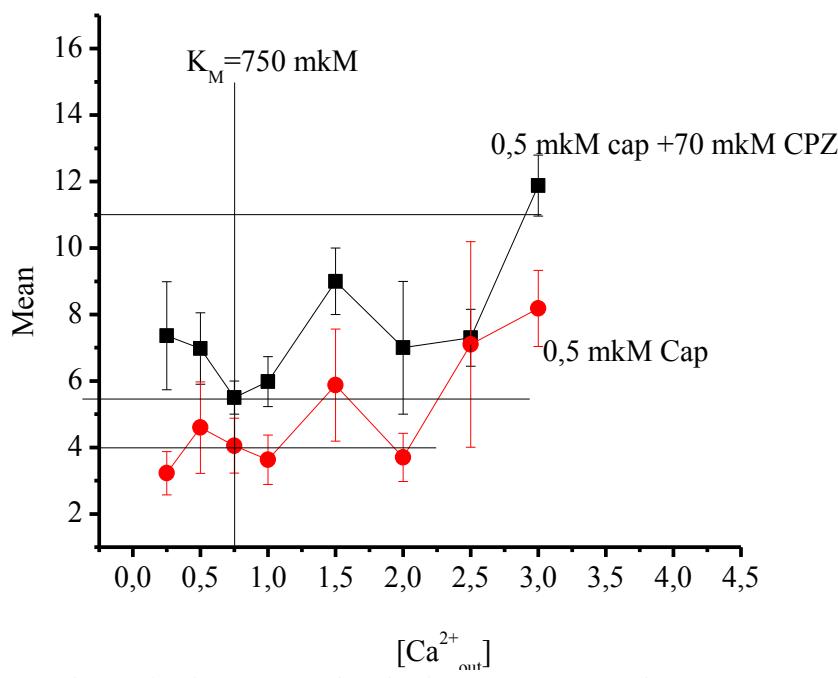


Fig.2 Dependence of the amplitude of Caps-induced calcium transients on the concentration of Ca²⁺ in the external solution in the presence of 70 μM chlorpromazine and without it. The mean values of the amplitude is presented in relative units.

We have shown that the effect of calmodulin blocker chlorpromazine (50-100 μM) increases intracellular Ca²⁺ concentration and depends on the concentration of Ca²⁺ ions in the external solution. At low concentrations of external Ca²⁺ (0.25 mM) in cells with a slow development of capsaicin effect, calmodulin enhances the effect of capsaicin on TRPV1 channels, and at high concentrations of Ca²⁺ (2-3 mM) causes non-competitive inhibition of TRPV1 channels and reduced Ca²⁺ entry. The entry of Ca²⁺ through TRPV1 channels follows the kinetics of Michaelis-Menten. Calculated Km = 750 μM (Fig. 2).

TRPV1 channels are characterized by bicomponent desensitization: fast, which occurs immediately after the entry of calcium into the cytosol, and a calcium-independent slow component, characterized by the involvement of endogenous regulatory molecules. As a result of repeated applications of the same concentration of capsaicin, desensitization of the TRPV1 channel may develop, which manifests itself in a partial decrease in the maximum amplitude of the response (tachyphylaxis) or complete inactivation, Fig.3.

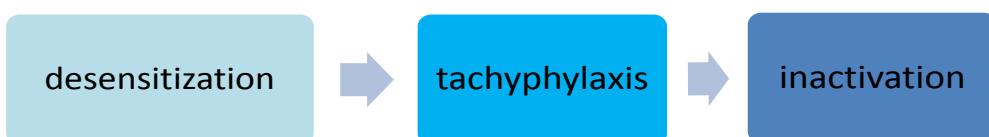


Fig.3. Inhibition of TRPV1 channel functions.

Studies (Rosenbaum and others 2004) have shown that in Ca²⁺/CaM decreased Caps activated current. The use of Ca²⁺ with CaM enhanced the inhibitory effect of Ca²⁺ and led to a much more significant reduction in current. In works of Numazaki and coauthors (Numazaki and others 2003), it was shown that Ca²⁺-

binding protein calmodulin binds to the 35-a-segment at the C-terminus of the TRPV1 channel, and disruption of this calmodulin-binding segment prevents desensitization of TRPV1.

One of the calcium-dependent enzymes in the cell that can regulate ion channels is calcineurin. This enzyme is involved in calcium-dependent inactivation of potential-dependent membrane channels (Kostyuk and Lukyanetz 1993; Lukyanetz and others 1998). Previous studies of TRPV1 desensitization have shown that calcineurin inhibitors reduce this desensitization, indicating the involvement of the Ca^{2+} -dependent phosphorylation/dephosphorylation process.

It has been shown that the desensitization of TRPV1-WT currents activated by capsaicin is significantly reduced by the complex of cyclosporin A with cyclophilin, which is a specific inhibitor of protein phosphatase 2B (calcineurin) (Docherty and others 1996). The following mechanism of capsaicin desensitization sensitivity has also been proposed: growth of $[\text{Ca}^{2+}]_i$ and activates calcineurin, which leads to dephosphorylation and desensitization of capsaicin-sensitive ion channels (Oláh and others 2007).

It can be suggested that in our experiments, the inhibitory effect of chlorpromazine on calmodulin-dependent phosphatase also depended on the influx of Ca^{2+} . In solutions with high Ca^{2+} levels, there is a decrease in the blocking effect of chlorpromazine on protein phosphatase and increased inactivation of the TRPV1 channels. In solutions with low Ca^{2+} levels, the blocking effect of chlorpromazine on calcineurin is increased, which leads to a decrease of the TRPV1 channel inactivation and increased input of Ca^{2+} through the channels. Interestingly, the double action of the intracellular action of calcium - on the one hand, activating, and on the other - depressing, depending on the concentration of these ions, was observed in the case of potentially dependent calcium channels (Shkryl and others 2001).

Ca^{2+} -bound calmodulin usually inhibits several types of Ca^{2+} channels with a dangerous increase in intracellular Ca^{2+} and protects cells from Ca^{2+} -cytotoxicity, so blocking calmodulin should theoretically lead to an uncontrolled increase in intracellular Ca^{2+} (Doroshenko and others 1988; Oláh and others 2007).

References

1. Caterina, M.J.; Schumacher, M.A.; Tominaga, M.; Rosen, T.A.; Levine, J.D.; Julius, D. The capsaicin receptor: a heat-activated ion channel in the pain pathway. *Nature*. 389:816-824; 1997
2. Docherty, R.J.; Yeats, J.C.; Bevan, S.; Boddeke, H.W. Inhibition of calcineurin inhibits the desensitization of capsaicin-evoked currents in cultured dorsal root ganglion neurones from adult rats. *Pflugers Arch.* 431:828-837; 1996
3. Doroshenko, P.A.; Kostyuk, P.G.; Luk'yanetz, E.A. Modulation of calcium current by calmodulin antagonists. *Neuroscience*. 27:1073-1080; 1988
4. Dragan, A.V.; Petrushenko, O.A.; Burlak, O.P.; Lukyanetz, E.A. Effect of TRPA1 receptor activation on TRPV1 channel desensitization in rat dorsal ganglion neurons. *Fiziol Zh.* 62:16-24; 2016
5. Ikeda, H.; Tokita, Y.; Suda, H. Capsaicin-sensitive A delta fibers in cat tooth pulp. *Journal of dental research*. 76:1341-1349; 1997
6. Koplas, P.A.; Rosenberg, R.L.; Oxford, G.S. The role of calcium in the desensitization of capsaicin responses in rat dorsal root ganglion neurons. *The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for Neuroscience*. 17:3525-3537; 1997
7. Kostyuk, P.G.; Kostyuk, E.; Lukyanetz, E.A. Calcium ions in brain function - from physiology to pathology. Kyiv: Naukova Dumka; 2005
8. Kostyuk, P.G.; Kostyuk, E.P.; Lukyanetz, E.A. Intracellular calcium signaling - structures and functions. Kyiv: Naukova Dumka; 2010
9. Kostyuk, P.G.; Lukyanetz, E.A. Mechanisms of antagonistic action of internal Ca^{2+} on serotonin-induced potentiation of Ca^{2+} currents in Helix neurones. *Pflugers Arch.* 424:73-83; 1993
10. Kostyuk, P.G.; Lukyanetz, E.A. Intracellular calcium signaling - basic mechanisms and possible alterations. in: Ayrapetyan S.N., Markov M.S., eds. *Bioelectromagnetics Current Concepts*. Netherlands: Springer 2006
11. Lukyanetz, E.A.; Piper, T.P.; Sihra, T.S. Calcineurin involvement in the regulation of high-threshold Ca^{2+} channels in NG108-15 (rodent neuroblastoma x glioma hybrid) cells. *Journal of Physiology*. 510:371-385; 1998
12. Mandadi, S.; Numazaki, M.; Tominaga, M.; Bhat, M.B.; Armati, P.J.; Roufogalis, B.D. Activation of protein kinase C reverses capsaicin-induced calcium-dependent desensitization of TRPV1 ion channels. *Cell Calcium*. 35:471-478; 2004
13. Numazaki, M.; Tominaga, T.; Takeuchi, K.; Murayama, N.; Toyooka, H.; Tominaga, M. Structural determinant of TRPV1 desensitization interacts with calmodulin. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 100:8002-8006; 2003
14. Oláh, Z.; Jósvay, K.; Pecze, L.; Letoha, T.; Babai, N.; Budai, D.; Otvös, F.; Szalma, S.; Vizler, C. Anti-calmodulins and tricyclic adjuvants in pain therapy block the TRPV1 channel. *PloS one*. 2:e545; 2007
15. Petrushenko, E.A. Proton-Gated Ion Currents in Neurons of the Rat Spinal Ganglia and the Action of Ketanov on These Currents. *Neurophysiology*. 45:6-12; 2013
16. Petrushenko, M.O.; Petrushenko, E.A.; Lukyanetz, E.A. Activation and Desensitization of TRPV1 Channels under the Influence of Capsaicin. *Neurophysiology*. 52:256-260; 2020
17. Petrushenko, M.O.; Petrushenko, E.A.; Lukyanetz, E.A. Activation and Desensitization of TRPV1 Channels under the Influence of Capsaicin. *Neurophysiology*; 2021
18. Petrushenko, O.A.; Luk'yanetz, O.O. Some Physiological Mechanisms Functioning in Models of Pain-Related Processes. *Neurophysiology*. 51:223-231; 2019
19. Rosenbaum, T.; Gordon-Shaag, A.; Munari, M.; Gordon, S.E. Ca^{2+} /calmodulin modulates TRPV1 activation by capsaicin. *J Gen Physiol*. 123:53-62; 2004
20. Shkryl, V.M.; Kostyuk, P.G.; Lukyanetz, E.A. Dual action of cytosolic calcium on calcium channel activity during hypoxia in hippocampal neurones. *Neuroreport*. 12:4035-4039; 2001
21. Yang, F.; Ma, L.; Cao, X.; Wang, K.; Zheng, J. Divalent cations activate TRPV1 through promoting conformational change of the extracellular region. *J Gen Physiol*. 143:91-103; 2014

СОЗДАНИЕ НОВЫХ СОРТОВ ХЛОПЧАТНИКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ПИРАМИДИРОВАНИЕ ГЕНОВ

*Дарманов М.М.,
Макамов А.Х.,
Хусенов Н.Н.,
Норбеков Ж.К.,
Буриев З.Т.,
Абдурахмонов И.Ю.*

Центр геномики и биоинформатики АН РУз

CREATION OF NEW COTTON VARIETIES THROUGH GENE PYRAMIDING TECHNOLOGY

*Darmanov M.,
Makamov A.,
Khusenov N.,
Norbekov J.,
Buriev Z.,
Abdurakhmonov I.*

Center for Genomics and Bioinformatics of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan

DOI: [10.24412/9215-0365-2021-75-2-11-15](https://doi.org/10.24412/9215-0365-2021-75-2-11-15)

Аннотация

Пирамидированием генов - это объединение нескольких генов в один генотип, который контролирует многие характеристики, например, характеристики качества волокна. Современная технология молекулярной генетики и геномики «пирамидирование генов», является одной из основных стратегий в создании новых, улучшенных сортов.

В статье представлены результаты статистического анализа качественных показателей волокна хлопчатника сорта «Заковат». Новый сорт хлопчатника «Заковат» получен с помощью технологии пирамидирования генов с использованием ДНК-маркеров BNL1604, BNL3545 и NAU 2277, которые связаны с длиной волокна, прочностью волокна и удлинением волокна. Результаты экспериментов показали, что показатели качества волокна «Заковата» значительно улучшились по сравнению с контрольными генотипами.

Abstract

Gene pyramiding is the pyramiding of several genes into one genotype that controls many characteristics, such as fiber quality characteristics. Modern technology of molecular genetics and genomics "gene pyramid" is one of the main strategies in the creation of new, improved varieties.

This paper describes the results of statistical analysis of fiber quality traits of cotton cultivar "Zakovat". New cotton cultivar "Zakovat" derived through gene pyramiding technology using BNL1604, BNL3545 and NAU 2277 DNA markers that associated with micronaire, fiber length, fiber strength and fiber elongation. The results of experiments showed that the fiber quality traits of "Zakovat" were significantly improved than control genotypes.

Ключевые слова: хлопчатник, ген, ДНК маркеры, локус, аллель, пирамидирования генов, параметры качества волокна.

Keywords: cotton, DNA markers, locus, allele, gene pyramiding, fiber quality traits.

Введение. Доказана возможность применения молекулярных маркеров в пирамидировании генов, и до сих пор достигнуты очевидные успехи в селекции сельскохозяйственных культур. Кроме того, для маркер ассоциированное селекции можно использовать различные QTL или молекулярные маркеры, тесно связанные с урожайностью, качеством или устойчивостью. ДНК маркеры, связанные с интересующими областями генома, позволяют селекционера отбора индивидов на основе генотипа, а не фенотипа. Это очень полезно, если интересующий признак сложен и требует много времени для оценки, как это происходит со всеми количественными признаками.

Создание нового сорта с использованием традиционных методов селекции требует много тяжелой работы и длительное время [1,2]. В частности,

создание больших популяций, увеличение гибридов до поколения F9, F10, сложность отбора, влияние внешней среды на появление признака, в большинстве случаев необходимость дождаться завершающей стадии онтогенеза растений для отбора по признаку и сложность объединения генов в один генотип [3,4].

Оценка генетических ресурсов с использованием новых молекулярно-генетических технологий значительно сокращает время на создание генотипов с желаемым признаком, что позволяет использовать их в селекционной работе [5]. Одним из важных направлений МАС-технологии является технология пирамидирования генов [6]. С помощью этой технологии предусмотрена стратегия одновременного объединения нескольких ценных генов в геноме любого сорта и создания новых, улучшенных сортов [7,8].

Пирамидирование генов интrogессии несколько полезных генов в различных ресурсах геномоплазмы в один геном с использованием обычного метода скрещивания, беккросс скрещивания и сложный гибридный метод, а затем индивидуальный отбор растения с таргетным генами с использованием молекулярных маркеров среди сегрегированных популяций [9]. Также необходимо подбирать растения с отличными признаками.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Генетический материал. Исходным материалом для скрещивания в качестве доноров были выбраны две разновидности. Это линия С-419, которая имеет в геноме маркерный локус, отвечающий за длину и микронейр волокна, и второй донор - Saenr Pena85, с идентифицированным QTL-локусом, определяющим элонгацию волокна. В качестве генотипа-реципиента был выбран коммерческий сорт Андикан-35 [13]. На первом этапе исследований были получены простые гибриды в двух комбинациях скрещивания: (Андикан-35 x Saenr Pena85) и (Оккурган-2 x С-419). На следующем этапе эти простые гибриды были скрещены друг с другом для получения первого поколения сложного гибрида [(Андикан-35 x Saenr Pena85) x (Оккурган-2 x С-419)]. И, наконец, с целью закрепления остальных признаков сорта Андикан-35 и элиминации ненужных, кроме качества волокна, признаков доноров было проведено беккросс скрещивание полученных сложных гибридов (F_1) с растением – реципиентом Андикан-35. Таким образом, были получены генотипы BC_4F_2 .

Полевой эксперимент. Семена нового сорта Заковат и их 4 родителей были посажены в поле в трех повторностях рандомизированного дизайна в течение апреля 2020 г. Каждая повторность была посажена в один ряд, состоящий из 15 растений, расположенных на расстоянии 25 см внутри и 90 см между рядами. От посева до сбора урожая соблюдались все рекомендованные агрономические приемы и методы защиты растений.

DНК-маркеры. До проведения последующих беккроссового скрещивания гибриды первого беккросс (BC_1) поколения были анализированы на предмет таргетного признака через ПЦР-анализ с помощью ДНК маркеров NAU2277, BNL1604, ассоциированного с микронейр, длиной и прочностью волокна, а также BNL3650, ассоциированного с элонгацией волокна [10,11].

Выделение геномной ДНК. Выделение геномной ДНК из листьев каждого растения проводили СТАВ методом с незначительными модификациями [12].

ПЦР и генотипирование. Для генотипирования использовали панель микросателлитных маркеров, созданных в рамках ранее проведенных исследований, чья ассоциация с определенными признаками качества волокна была уже установлена [10, 11]. Микросателлитное генотипирование было проведено в соответствии с методом Reddy et al., 2001 [13].

Анализ качественных показателей волокна. Оценка качества волокна материалов исследования проводилась на оборудовании HVI (High Volume Instrumentation) в центре сертификации качества волокна “СИФАТ”.

Статистический анализ. Дисперсионный и статистический анализ (корреляция Пирсона, ANOVA, Two-Sample T-Test) были выполнены с использованием SOFA версии 1.4.5 и NCSS 2003 с целью изучения наследственности и развития количественных признаков.

РЕЗУЛЬТАТИ

В результате исследований были получены гибриды поколения BC_4F_2 в гомозиготном состоянии по перенесенным QTL локусам. Гибриды поколения BC_4F_2 были проведены самоопыление до поколению BC_4F_6 . В качестве нового сорта была выбрана гибридная линия BC_4F_6 , улучшившая все количественные характеристики.

Количественные характеристики нового сорта хлопчатника “Заковат”, были проанализированы в лаборатории, такие как длина волокна, масса коробочки, масса 1000 семян и выход волокна. Лабораторный анализ штапельного длины волокна и количественных характеристик в собранных образцах хлопчатника показал следующее: средняя штапельного длины волокна у реципиента Андикан-35 и контрольного сорта Наманган-77 составляет 34,0 и 32,0 мм, а у “Заковат” генотипы имеют 38 мм соответственно. Существенные различия в штапельного длины волокна между “Заковат” и его реципиентным генотипом Андикан-35 рассматривались из-за положительного эффекта перенесенных QTL.

Подробные результаты лабораторных анализов собранных образцов семян хлопчатника представлены в таблице 1.

Таблица 1

Признаки	Заковат	Андикан-35	Наманган-77
Штапельного длина волокна мм.	38.0	34.0	32.0
Масса коробочки г.	7.5	6.8	5.5
Масса 1000 семян г.	125	115	108
Выход волокна (%)	35.0	36.0	36.0

Результаты показывают, новых сорт хлопчатника Заковат, гомозиготные по обоим QTL локусам, имеют длину волокна (Len), равную 1,20 дюймам, прочность (STR) – 36,0 гс/текс, элонгацию (Elg) – 7,0% и микронейр (MIC) 4,3. У реципиента-Андижан-35 эти показатели значительно ниже: длина волокна – 1,13 дюйма, прочность – 32,0 гс/текс, элонгация –6,4% микронейр (MIC) 4,8.

Статистический анализ был проведен для определения влияния QTL на улучшение основных параметров качества волокна у сорта Заковат, как

произошли его изменения по сравнению с реципиентом и различий по сравнению с контрольным образцом (стандартный сорт - Наманган-77), а также для определения корреляции между черты интереса. Результаты дисперсионного анализа (ANOVA - Анализ вариаций) показали, что основные параметры качества волокна (микронейр волокна, прочность, длина, однородность и удлинение) и агрономических признаком были улучшены по сравнению с реципиентом, а также наблюдалась значительные различия по сравнению с контрольным генотипом (Рисунок 1,2).

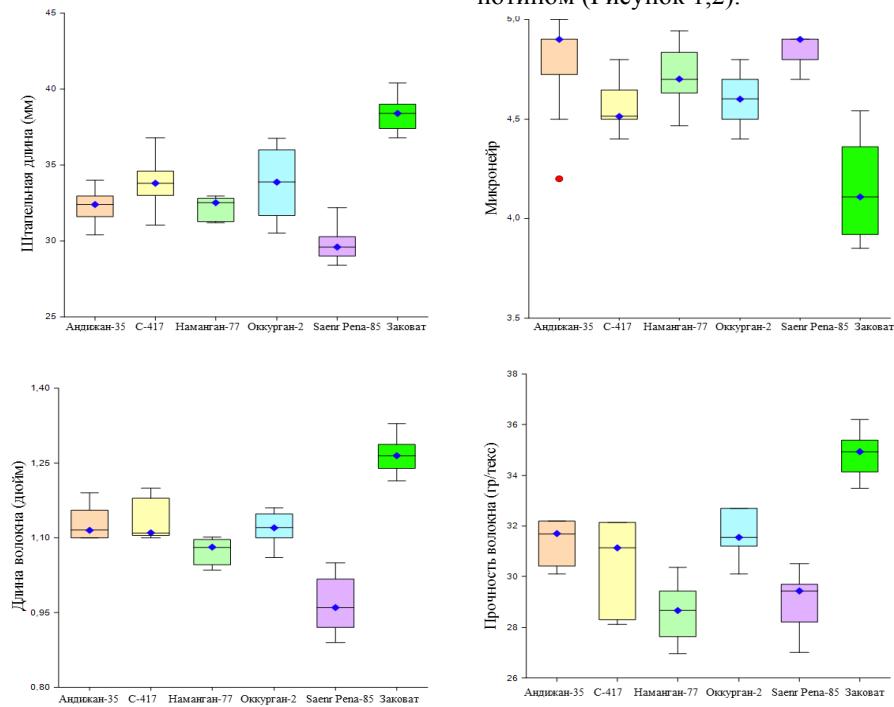


Рисунок 1. Дисперсионный анализ (F -тест, альфа = 0,05) основных показателей качества волокна хлопчатника сорта «Заковат».

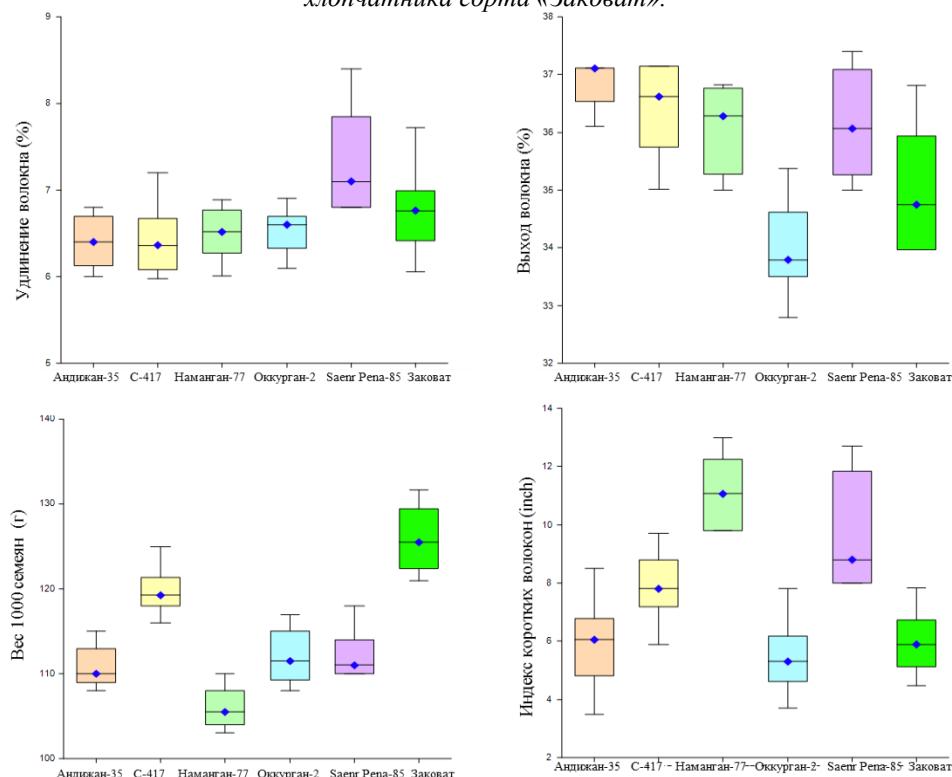


Рисунок 2. Дисперсионный анализ (F -тест, альфа = 0,05) показателей качества волокна и агрономических признаков хлопчатника сорта «Заковат».

Кроме того, с использованием коэффициента корреляции Пирсона были определены генетические корреляции основными характеристиками качества волокна этого сорта. Согласно результатам анализа, отрицательной генетической корреляции между всеми признаками качества волокна у сорта

“Заковат” при $p \leq 0,05$ не наблюдалось. Например, у сорта “Заковат” также наблюдалась положительная корреляция между с длиной волокна (Len) и прочность волокна (Str), удлинением волокна (Elg), однородностью (Unf) и микронейр (рис. 3).

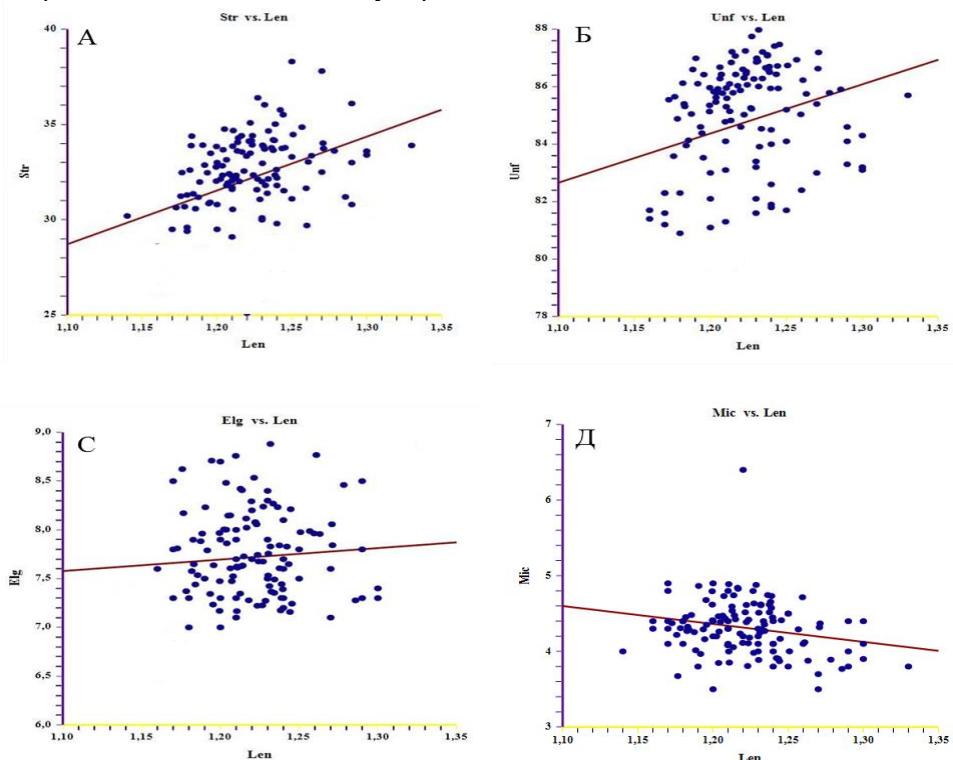


Рисунок 2. Взаимная генетическая корреляция показателей качества волокна у сорта “Заковат”. А - между длиной волокна (Len) и прочностью (Str) ($p < 0,001$, $r = 0,3875$), Б - между длиной волокна (Len) и однородности (Unf) ($p = 0,02$, $r = 0,2653$), С - между длиной волокна (Len) и удлинением (Elg) ($p = 0,001$, $r = 0,1798$), Д- находится между длиной волокна (Len) и его микронейр ($p < 0,001$, $r = -0,2166$).

Таким образом, мобилизация новых QTL-регионов из донорных линий в геном реципиента (Андижан-35) при «пирамидировании генов» значительно улучшила параметры микронейр, длины, прочности и элонгации волокна полученных новых сортов Заковат, не затрагивая и не изменяя при этом другие параметры качества волокна. Более того, результаты статистического анализа подтверждают наличие достоверной ассоциации ДНК-маркеров NAU2277, BNL1604 и BNL3545 с тестированными признаками волокна.

Список литературы

- Moreau, L., Charcosset, A. and Gallais, A. (2004): Experimental Evaluation of Several Cycles of Marker-Assisted Selection in Maize. - *Euphytica* 137: 111-118.
- Robbins, M. and Staub, J. (2009): Comparative Analysis of Marker-Assisted and Phenotypic Selection for Yield Components in Cucumber. - *Theoretical and Applied Genetics*, 119: 621-634.
- Gupta, P. K. and Varshney, R. K. (2000): The Development and Use of Microsatellite Markers for Genetic Analysis and Plant Breeding with Emphasis on Bread Wheat. – *Euphytica* 113: 163-185.
- Ribaut, J. M. and Ragot, M. (2006): Marker-Assisted Selection to Improve Drought Adaptation in Maize: The Backcross Approach, Perspectives, Limitations, And Alternatives. - *Journal of Experimental Botany* 58: 351-360.
- Hospital, F. & Charcosset, A. 1997 Marker-assisted introgression of quantitative trait loci. *Genetics* 147, 1469–1485.
- Barone, A., Ercolano, M. R., Langella, R., Monti, L. and Frusciante, L. (2005): Molecular Marker-Assisted Selection for Pyramiding Resistance Genes in Tomato. - *Advances in Horticultural Science* 19: 147-152.
- Guo Wang-Zhen, Zhang Tian-Zhen, Zhu Xie-Fei, Pan Jia-Ju (2005): Modified Backcross Pyramiding Breeding with Molecular Marker-Assisted Selection and Its Application in Cotton. – *Acta Agronomica Sinica*. Vol.31, No.8, pp. 963-970.
- Ferreira J.J., Campa A., Pérez-Vega E., Rodríguez-Suárez C., Giraldez R. (2012) Introgression and pyramiding into common bean market class fabada of genes conferring resistance to anthracnose and potyvirus. - *Theor Appl Genet* 124:777–788. DOI 10.1007/s00122-011-1746-x.
- Qin G, Li Y R, Chen C H. Application of gene pyramiding in selection of crop new varieties [J]. *Guangxi Agricultural Science*, 2006, 37 (4): 345-349.
- Abdurakhmonov I.Y., Saha S., Jenkins J.N.,

- Buriev Z.T., Shermatov S.E., Scheffler B.E., Pepper A.E., Yu J.Z., Kohel R.J., Abdukarimov A. Linkage disequilibrium based association mapping of fiber quality traits in *G. hirsutum* L. variety germplasm // *Genetica*. – Berlin, - 2009.
11. Abdurakhmonov, I.Y., R.J. Kohel, J.Z. Yu, A.E. Pepper, A.A. Abdullaev, F.N. Kushanov, I.B. Salakhutdinov, Z.T. Buriev, S. Saha, B.E. Scheffler, J.N. Jenkins, and A. Abdukarimov. 2008. Molecular diversity and association mapping of fiber quality traits in exotic *G. hirsutum* L. germplasm. *Genomics* 98: 478-487.
12. Paterson A H, Brubaker C L, Wendel J F. 1993. A rapid method for extraction of cotton (*Gossypium* spp.) genomic DNA suitable for RFLP or PCR analysis. *Plant Molecular Biology Reporter*, 11, 122-127.
13. Reddy O.U.K., Pepper A.E., Abdurakhmonov I.Y., Saha S., Jenkins J.N., Brooks T.D., Bolek Y. and El-Zik K.M. The identification of dinucleotide and tri-nucleotide microsatellite repeat loci from cotton *G.hirsutum* L. *J. Cotton Sci. (Memphis)*, 2001. – No 5. – pp. 103-113.

EARTH SCIENCES

APPLICATION OF REMOTE SENSING METHODS TO DETERMINE THE EUTROPHICATION OF SMALL LAKES IN NORTHERN KAZAKHSTAN

Akiyanova F.,

International Science Complex Astana, Nur-Sultan, Kazakhstan

Chief Researcher, Doctor of Geographical Sciences

Mussagaliyeva Zh.,

International Science Complex Astana, Nur-Sultan, Kazakhstan

Research fellow

Nazhbiiyev A.,

International Science Complex Astana, Nur-Sultan, Kazakhstan

Research fellow

Zinabdin N.,

International Science Complex Astana, Nur-Sultan, Kazakhstan

Research fellow

Zhamangara A.

Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan

Associate Professor

DOI: [10.24412/9215-0365-2021-75-2-16-23](https://doi.org/10.24412/9215-0365-2021-75-2-16-23)

Abstract

In Kazakhstan, in the last 50 years, small lakes have not been given due attention, inventory as well as monitoring of these resources and their water quality have not been carried out. Although it is the small lakes that provide the rural population with water, they are used for fisheries purposes, waterfowl breeding and public recreation. At the same time, small lakes and their catchments are exposed to active economic activity. Such activities include the plowing of catchments, the formation of numerous small reservoirs on the rivers which feed the lakes, the construction of roads and dams without adequate culverts. In many respects, these actions led to the loss of part of the runoff from the catchment areas, and as a result – to siltation, eutrophication, waterlogging or disappearance of many small lakes. The reduction in the number of small lakes is confirmed by Landsat satellite image interpretation data for 2021 for the Yesil river Basin. The results of the comparative analysis showed that the number of small lakes has decreased by 2.5 times over the past 48 years. The question arises – what is the current state of the remaining small lakes, what are the trends of their further development, especially if we take into account that the anthropogenic impact is increasing against the background of climate change. In accordance with the above, the purpose of the research was to test the capabilities of modern remote sensing methods for rapid assessment of the state of small lakes in Northern Kazakhstan, to determine the degree of their eutrophication. The research was carried out on the example of two groups of lakes in Northern Kazakhstan: the lakes of the Shchuchinsk-Borovskaya system and the lakes between the rivers Yesil and Nura. To validate the data obtained on the basis of remote sensing, sampling for phytoplankton was carried out on the lakes on the same dates. The Landsat and PlanetScope satellite images were processed using the Normalized Difference Chlorophyll Index (NDCI). A comparison of the results of the NDCI remote data processing showed that they generally correlate with the results of the phytoplankton samples. Thus, it is concluded that this method can be used to promptly update data on small lakes that have water, biological and recreational resources necessary for the social well-being of the local population. The applied remote sensing methods will allow us to see negative trends in advance and apply measures for the conservation and sustainable use of lakes. At the same time, it should be noted that selective validation of the results of remote sensing processing by field and laboratory studies is necessary.

Keywords: small lakes, eutrophication, phytoplankton, remote sensing, NDCI, BRG, BBGR indices.

Introduction. The results of remote sensing data processing on the territory of Kazakhstan in recent years show a significant reduction in the number and areas of small lakes [20]. For example, in 1973 the number of small lakes was 48262, of which 90% were lakes with an area of up to 1 km² [22]. 3688 lakes from the total had an area of 1-5 km², whereas 770 lakes had an area of 5-10 km² [29]. The analysis of Landsat-8 images for 2021 showed that the number of lakes with an area of 1-5 km² decreased to 1492, whereas the lakes with an area of 5-10 km² decreased to 302. So, over the past 48 years, there has been a reduction in the number of lakes by 2.5 times. The reasons for the reduction of small lakes are associated with both climate change and

anthropogenic impact. Economic activities in the form of reservoir construction on rivers flowing into lakes, plowing of lake catchments and construction of roads have led to a reduction in runoff, decrease in water content, loss of biological diversity and eutrophication of lakes.

Field and laboratory studies have proved that information on the concentration of photosynthetically active phytoplankton pigment "Chl a" (hereinafter "Chl a"), which is a generally accepted indicator of phytoplankton biomass in water bodies, serves as the main indicator of water bodies' eutrophication and water quality [29,1,11,31]. In recent years, specialized methods of satellite image processing have been used to

quantify "Chl a", which can quickly determine and monitor the state of water bodies [33].

In accordance with the above, the purpose of this research was to test the capabilities of modern remote sensing methods for rapid assessment of the state of small lakes in Kazakhstan, for the determination of their eutrophication degree. The research was carried out at two groups of lakes in Northern Kazakhstan: lakes of the Shchuchinsk-Borovskaya system located at latitude 53° 01.242' and the lakes between the Yesil and Nura rivers located at latitude 50° 59.434'N. In order to

confirm and correct the data obtained from remote sensing, samples for phytoplankton were taken during fieldworks, in addition, data from bathymetric surveys of lakes were used.

Materials and methods. The fresh lakes of the Shchuchinsk-Borovskaya system (Burabay, Katarkol), which are located in the national natural park "Burabay" within the island low-mountain massif, were studied. Lakes Maybalyk and Taldykol are located in the flat part of the interfluvium of the Yesil-Nura rivers near the city of Nur-Sultan (Fig. 1).

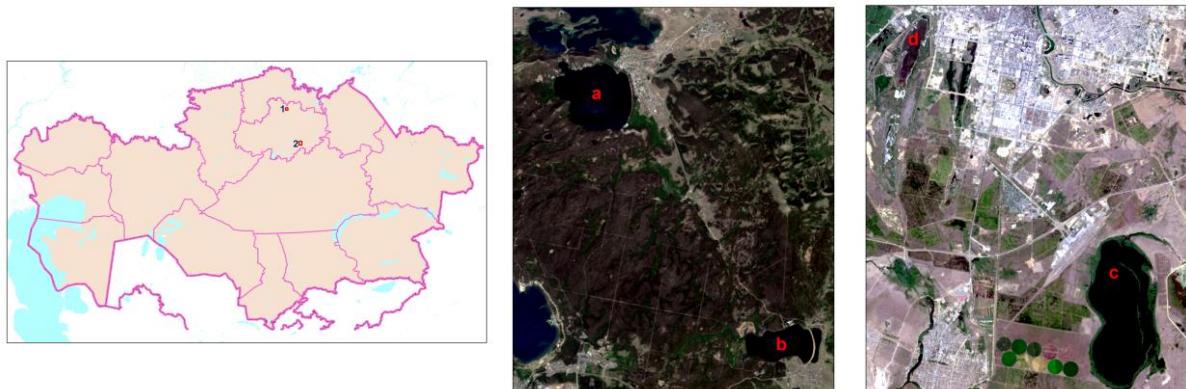


Figure 1. The location of the studied lake groups: 1 – Shchuchinsk-Borovskaya lake system (a - Lake Burabay, b - Lake Katarkol); 2 - Lake Maybalyk (c) and Lake Taldykol (d).

Source: adapted by the author based on [6]

The climate of the study area is continental, with hot summers and severe winters with little snow, which is softened within low mountain ranges with island forests. The soil-vegetation layer obeys latitudinal zonality (steppe and dry steppe zones), which is modified within the low mountain islands. According to the natural zoning, the territory of the national park belongs to

the upland island steppe pine forests. Ordinary chernozems of low mountain massifs are replaced to the south on the plains by chestnut calcareous soils. The lakes are fresh and brackish. The area characteristics of the lakes were studied on the basis of field studies and remote sensing data (Table 1).

Table 1

Areal characteristics of lakes (2020)

Lakes	Burabay	Katarkol	Maybalyk	Taldykol
Area, thousand sq. m	9,9	4,3	25,94	11,51

Source: adapted by the author based on [3]

The river network in the northern part of the studied area is represented by small rivers and streams flowing into lakes. In the south – a section of the interfluvium of the Yesil and Nura rivers the recharge of lakes and rivers is approximately similar, with a predominance (up to 80%) of snow.

To analyze the concentration of chlorophyll "a" and assess the turbidity of lakes, satellite images from Landsat-8 for 14.07.2019 and PlanetScope for

02.08.2019 were used [6, 26]. The images of both satellites are uploaded to the UTM projection with the WGS 84 coordinate system, cloud cover is up to 10%. In order to study the concentration of "Chl a", spectral channels of the visible, near-infrared and short-wave infrared bands were used (Table 2). The remote sensing image date was selected as close as possible to the date of lake field surveys with phytoplankton sampling.

Table 2

Characteristics of spectral bands

Satellite name	Spectral bands, nm				Resolution, meters
	Blue	Green	Red	NIR	
Landsat-8	Band 2 - 0.452-0.512	Band 3 - 0.533-0.590	Band 4 - 0.636-0.673	Band 5 - 0.851-0.879	30 (Bands 1-10)
PlanetScope	Band 1 - 0.464-0.517	Band 2 - 0.547-0.585	Band 3 - 0.650 - 0.682	Band 4 - 0.846-0.888	3,7 (Bands 1-4)

Source: adapted by the author based on [6, 26]

Hydrobiological survey with sampling for phytoplankton and water quality was carried out on lakes Burabay and Katarkol from 29.07 till 2.08.2019. In total, 5-12 samples were taken from each of the lakes from the surface layers, which were fixed with a 40% formalin solution. For the processing of phytoplankton samples, a sedimentary method with a final volume of a concentrated sample of 5-10 ml was used. The number of plant cells was counted in the Goryaev chamber with subsequent recalculation per 1 m³, keys for the corresponding departments were used for species identification [4,7-10,13-15,18,19,23,27,35]. The biomass of phytoplankton was determined by summing up the biomasses of individual species, for which average values of the cell mass were preliminarily established. For the group of steppe plain lakes (Maybalyk and Taldykol), water samples were taken by the Apstein plankton net in the field period of 2010. To assess the saprobity of water, the method of indicator organisms was used, which was developed by R. Pantle and G. Bukka and modified by V. Sladechek [2,32]. To assess the water quality of the lakes, quarterly long-term data from the bulletins of the Republican State Enterprise "Kazhydromet" [12] and monitoring data (temperature, salinity, salinity, pH) from the State National Nature Park "Burabay" for 2019-2020 [26] were used. The morphometric data of the lakes have been updated based on hydrological field observation methods and geoinformation methods for processing PlanetScope satellite images and aerial photographs from a DJI Phantom 4 quadcopter. The bathymetry of the lakes was studied in the summer and autumn of 2019 using the Lowrance Elite 9 TI echo sounder and the compilation of bathymetric maps.

Methods for processing and analyzing remote sensing data are based on the registration of the brightness of the scattered and reflected radiation from the water surface by satellite radiometers, which is associated with the presence of an optically active component of phytoplankton - "Chl a" in the water [5,30]. All phytoplankton species contain the green pigment "Chl a", which is an important indicator for assessing phytoplankton biomass and water body productivity. The bio-optical models estimate "Chl a" in three directions: phytoplankton absorption, fluorescence, and backscattering [25]. To estimate the concentration of chloro-

phyll "a", the Normalized Difference Chlorophyll Index (NDCl) was applied. Calculated by the formula: (NIR-RED)/(NIR+RED) [17]. According to Ogashawara et al. [21] high probability of a strong cyanobacterial bloom occurs when the index scores exceed a factor of 0.15 and when the "Chl a" concentration exceeds 50 µg/l. Moderate flowering is characterized in the range from - 0.05 to 0.15 and "Chl a" concentration from 5 to 10 µg/l. In addition, the strong bloom is characterized by a positive slope between the red (665 nm) and NIR bands (865 nm) due to the high absorption of "Chl a" in the red region of the spectrum and the high scattering of algal cells in the NIR region. The equation is almost neutral for moderate flowering conditions due to the average uptake of "Chl a" and average dispersion of algal cells [21].

The turbidity index BBGR (suspension in water) is calculated based on the analysis of remote sensing data using the following equation: BLUE/(BLUE + GREEN + RED). To check the turbidity index values for 26.07-03.08.2019, water samples were taken from the lakes for the presence of suspended solids [16].

The processing of satellite images by indices was carried out in the ENVI program using the Band Math tool. The average index scores were calculated using the Spatial Analyst (zonal statistics) toolkit of ArcGIS 10.6. The Spatial Analyst toolkit was used to obtain the contours.

Results. When processing Landsat-8 and PlanetScope images according to the NDCl index for the lakes of the Shchuchinsk-Borovskaya group with adjacent territories, the concentration of "Chl a" had negative values, the difference in average values did not exceed 0.14 units. According to the NDCl index, Lake Katarkol was characterized by average, and Lake Burabay by high values of "Chl a" concentration index.

In addition, the images were processed using the NDCl and BRG indices for the surface area of each lake. Figure 3 shows the processing results for lakes Burabay and Katarkol. Analysis of the maximum values of "Chl a" by the NDCl index from the PlanetScope image shows that a strong bloom of cyanobacteria occurs in some parts of Lake Katarkol (0.656), where the index values exceed 0.15 (Table 2). It should also be noted that the maximum values of the NDCl index from Landsat-8 images are 40-50% lower than the values calculated from the PlanetScope images.

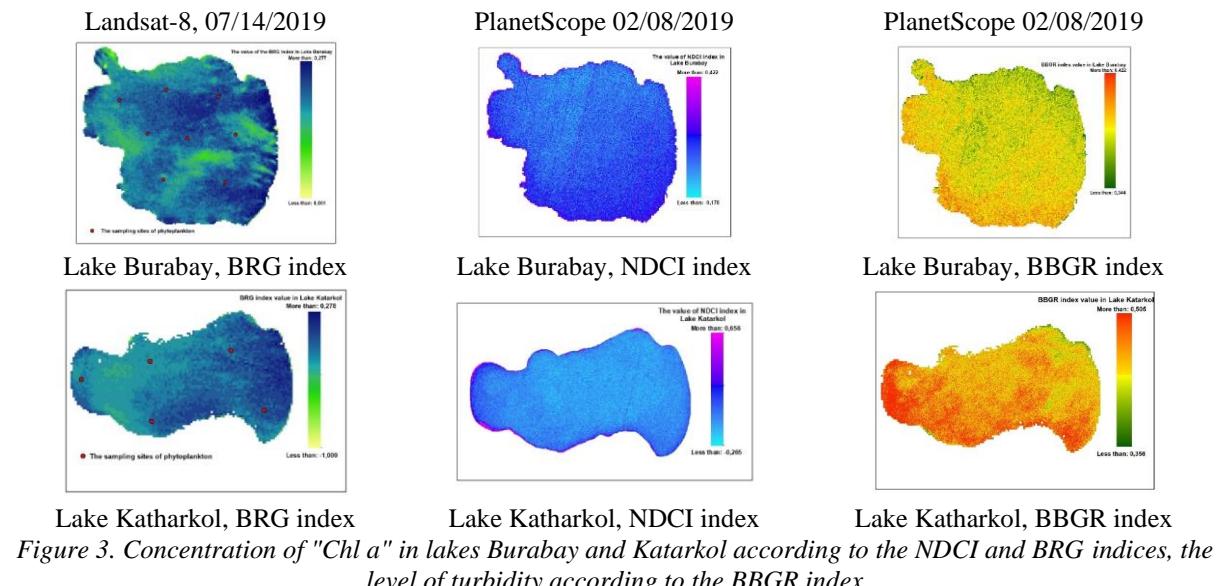


Figure 3. Concentration of "Chl a" in lakes Burabay and Katarkol according to the NDCI and BRG indices, the level of turbidity according to the BBGR index

The values of the NDCI index for lakes Burabay (-0.04) and Katarkol (-0.041), calculated from the Landsat-8 image, are closest to the lower limit of the bloom class of temperate cyanobacteria from -0.05 to 0.15

[21]. Quantitative indicators for Landsat and PlanetScope images for "Chl a" concentration by NDCI and BRG indices are presented in Table 3.

"Chl a" concentration values according to NDCI and BRG indices based on Landsat-8 and PlanetScope images.

Lakes	PlanetScope			Landsat		
	min.	avg.	max.	min.	avg.	max.
by NDCI index						
Burabay	-0.135	-0.107	-0.047	0.078	-0.039	0.240
Katarkol	-0.265	-0.101	0.656	-0.063	-0.041	0.390
by BRG index	min.	avg.	max.	min.	avg.	max.
Burabay	-0.031	0.471	0.548	-0.035	0.246	0.277
Katarkol	0.147	0.870	1.033	-1.003	0.241	0.278

Maps of the integral amount of suspended substances not only reveal blooming sites, but can also be used to accurately determine algal biomass. The highest value of the turbidity index (0.478) is typical for Lake Katarkol, which may be caused by the presence of finely dispersed inorganic compounds, organic impurities or living organisms. The water turbidity index increases in the zones of biogenic impact (recreation areas, settlements, livestock watering).

The analysis of PlanetScope images for lowland lakes Maybalyk and Taldykol was carried out with the calculation of the NDCI, BRG and BBGR indices (Fig.

4). The values of the "Chl a" concentration according to the NDCI index for both lakes are practically similar; for Taldykol the values range from -0.364 to a maximum value of 0.373, for Lake Maybalyk in the range -0.348-0.297, respectively. According to the BRG index, the values for Lake Taldykol are higher (0-1.532) than values for Lake Maybalyk (0-1.283). According to the BBGR index, practically both lakes have similar values; the spread of the average and maximum values is only 0.098. For Lake Taldykol, turbidity values vary from 0.333 to 0.574, for Lake Maybalyk from 0.303 to 0.542.

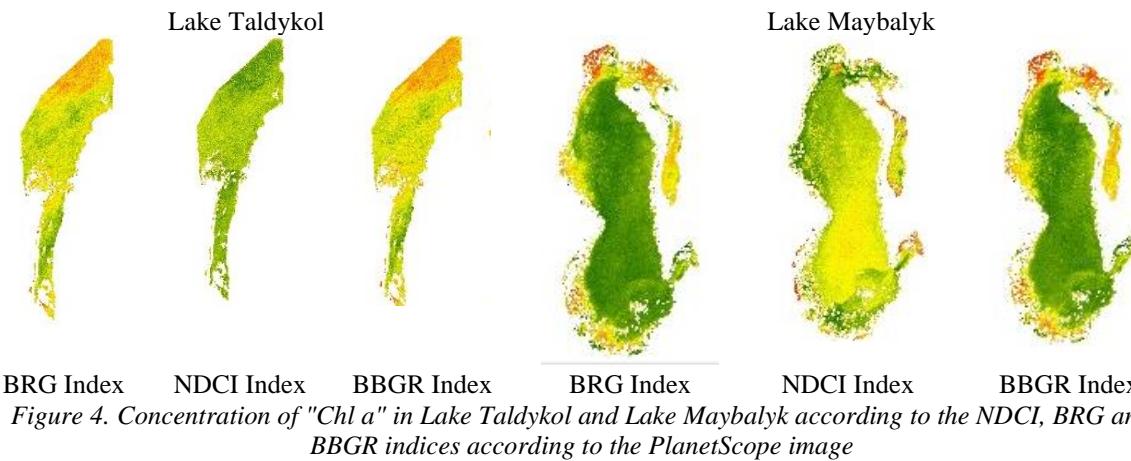


Figure 4. Concentration of "Chl a" in Lake Taldykol and Lake Maybalyk according to the NDCI, BRG and BBGR indices according to the PlanetScope image

The spatial distribution of "Chl a" concentration over Lake Taldykol is associated with the complete embankment and reclamation of its shores. In the case of Lake Maybalyk an increase in the concentration of "Chl a" in the shallow eastern part and the places of confluence of temporary streams is clearly seen.

Phytoplankton of Lake Burabay is characterized by the highest species diversity (73 species), 49 phytoplankton species were found in Lake Katarkol. Quantitative indicators of phytoplankton communities of lakes differ significantly. The largest number of microalgae

was recorded in Lake Burabay ($3082.3 \text{ mln.kl/m}^3$). At the same time, blue-green algae form the basis of the abundance on lakes Burabay and Katarkol. Phytoplankton biomass is at a relatively low level, with maximum values in Lake Burabay. In Lake Burabay, the biomass of diatom algae predominates.

An analysis of the spatial distribution of the biomass of phytoplankton communities and cyanobacteria over lakes, based on the analysis of laboratory data, generally shows their relationship with the anthropogenic development of lakes (Fig. 6).

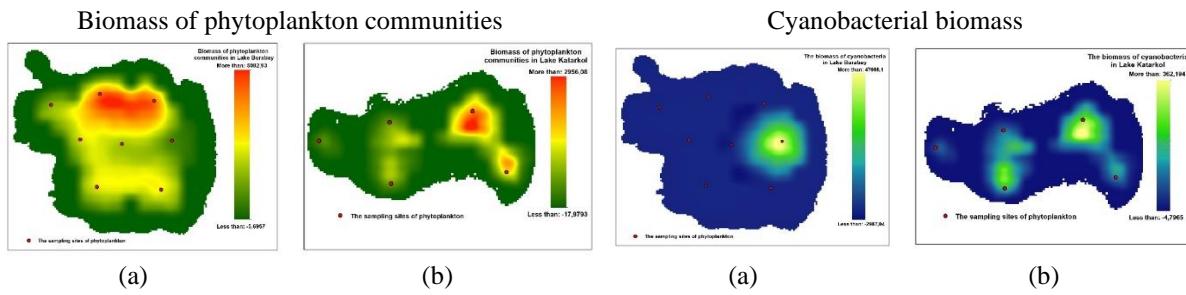


Figure 6. Distribution of biomass of communities of phytoplankton and cyanobacteria in lakes Burabay (a), Katarkol (b), summer 2019

Source: adapted by the author based on [9]

In Lake Burabay, the maximum biomass accumulation of diatom, myozoa and green algae was recorded in the northwestern part, in the zone of increased recreational load and the influence of the Burabay village. In Lake Katarkol, accumulations of algal biomass are confined to the zone of influence of sanatoriums and the village Katarkol [3].

In the samples from the lakes of the lowland group, green and diatom algae predominate. The greatest species diversity is noted in Lake Maybalyk, where 83 species of algae have been identified, of which 35 are diatoms, 33 are green, 15 are cyanobacteria. The coastal part of the lake is the richest in species. There are fewer species in the central part of the lake, but green algae predominate. In Lake Taldykol, 65 species of algae and cyanobacteria have been identified, including: 17 species of diatoms, 31 species of green, 1 species of chara algae and 16 species of cyanobacteria.

Based on the study of the species composition, quantitative data of algae and cyanobacteria, a saprobological analysis of water bodies was carried out. In Lake Maybalyk, 37 indicator species with saprobity classes from α -mesosaprobic to χ -0 saprobic were found. The average value of the saprobity index in Lake Maybalyk is 1.97. This means that the water of Lake Maybalyk within the surveyed water area belongs to the β -mesosaprobic zone. Accordingly, the water quality class is III, that is, moderately polluted. There are 31 indicator species of algae in Lake Taldykol, with a wide range of saprobic zones. In Lake Taldykol, species of

the β -mesosaprobic zone prevail. Species of the oligosaprobic zone are sporadically represented. The saprobity index in the lake is 1.98, corresponding to the characteristics of moderately polluted water body.

Discussion. The rationale for the use of multispectral RED and NIR channels is given in the article by Pirasteh et. al [25], which describes two methods for extracting the "Chl a" index, based on the fluorescence line height (FLH) and the maximum chlorophyll index (MCI), based on the use of Sentinel-3 and Sentinel-2. The "Chl a" content is proportional to the fluorescence emission induced by the sun. Many researchers have begun to explore the possibility of using it to determine the concentration of "Chl a" in coastal waters. In China, to study the level of eutrophication of Lake Donggu, the complex trophic level index (TLI) was used [34]. According to this indicator, the authors assessed the development of lake eutrophication over a long period (1987-2018) and predicted the further trend of this process. The results obtained can form the basis for measures to improve water quality and control the eutrophication of lakes. The TLI is calculated based on the content of four components that affect water quality: total nitrogen, total phosphorus, water purity and "Chl a" [24].

In our research, we used the "Chl a" index as a basis for determining the level of eutrophication. However, we were not able to assess the long-term dynamics of changes in the "Chl a" values due to the lack of long-term field data.

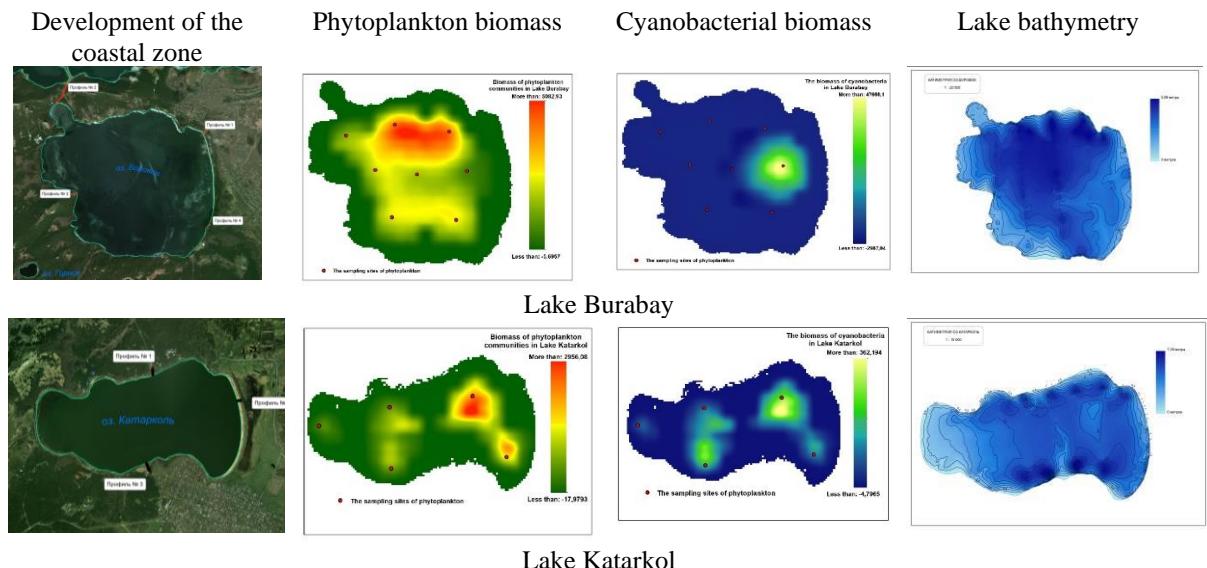


Figure 7. Analysis of the dependence of phytoplankton development on the natural and anthropogenic conditions of Burabay and Katarkol lakes

Source: adapted by the author based on [3]

The lakes of the Shchuchinsk-Borovskaya group, located within the national park, experience a large residential and recreational load, due to settlements located on the coast, sanatoriums, as well as the year-round operation of a resort center of republican significance.

Lake Taldykol, which until 2018 was a storage lake for the treated wastewater from the city, and Lake Maybalyk, which is a water body for discharge of flood waters during emergency, are both located in the immediate vicinity of the city of Nur-Sultan and they are experiencing a great anthropogenic impact.

In the course of processing Landsat-8 and PlanetScope images, it became clear that the PlanetScope images (3 m resolution) can be used to calculate indicators both for the lake water area and for the entire image with adjacent territories. The high resolution of PlanetScope images makes it possible to determine in

more detail the reflective properties of various objects, including the chlorophyll content in the phytoplankton biomass. When processing Landsat images (resolution 30 m), values were obtained that are more similar to the values of field studies, when processing only the water areas of the lakes. This is indicated in the publications of other researchers [16,30].

To confirm the data obtained by remote sensing methods, the results of field and laboratory studies were used and their correlation estimated. The phytoplankton biomass values from field data and data from PlanetScope image processing were the closest (Fig. 8). According to the results of BRG index, and to a lesser extent by the NDCI index, PlanetScope images show similar values of phytoplankton biomass in lakes. Less accurate data were obtained when processing Landsat images, there was a minimal difference between the phytoplankton biomass of different lakes.

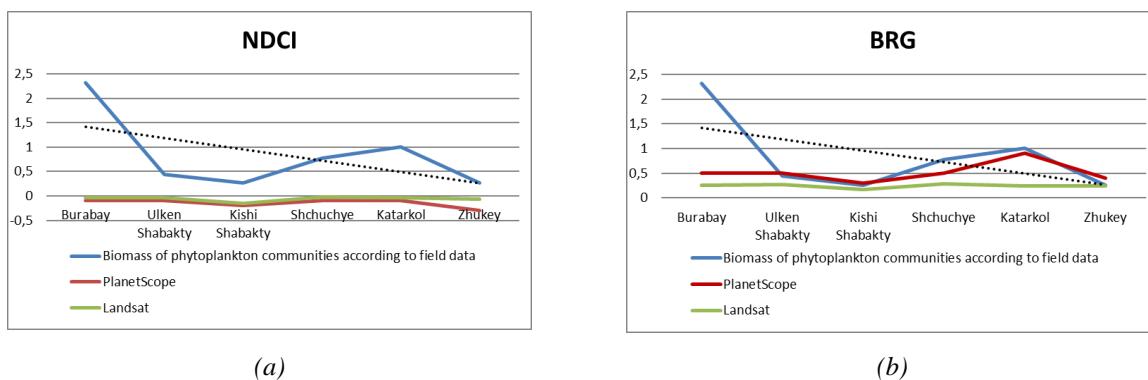


Figure 8. Graphs of the correlation of data on the content of "Chl a" in lakes SHBSL by NDCI (a), BRG (b) indices and field studies in 2019

Source: adapted by the author based on [3]

According to the results of field studies, the biomass of phytoplankton communities did not exceed 50 $\mu\text{g/l}$ (50 million cells/ m^3 = 50 $\mu\text{g/l}$). Also, the obtained values of "Chl a" by the NDCI index do not exceed the coefficient 0.15. It follows from this that at the time of the study, moderate flowering was observed on the lakes of Shchuchinsko-Borovskaya lake system. Analysis of the results of satellite images processing with the NDCI and BRG indices showed that the obtained values generally correlate with the results of field studies. According to Figure 8, there is a correlation between field data and remote sensing data in the relative difference in "Chl a" content in the lakes.

Conclusion. Widely available remote sensing data significantly expand the possibilities of their application both for quantitative assessment of morphometric indicators of small lakes, as well as for studying the processes of their eutrophication. Due to the fact that phytoplankton is one of the most sensitive elements that quickly respond to changes in the aquatic environment, including the processes of eutrophication, the study used remote sensing methods to determine the spatial and quantitative parameters of phytoplankton development. In the course of the research, the applicability of the NDCI and BRG indices to determine the "Chl a" concentration for assessing the eutrophication of lakes in Northern Kazakhstan was evaluated.

The processing of PlanetScope satellite images (resolution 3.0 m) showed that high resolution allows more detailed determination of the reflective properties of various objects, including the chlorophyll content in biomass. Processing of Landsat images (resolution 30 m) for the water area of the lakes showed more objective values close to field data, which is confirmed by the data of other researchers [16,30]. Comparison of the Chl a content in lakes by remote sensing methods, field and laboratory studies showed that the phytoplankton biomass values from field data and PlanetScope image processing data are the most correlated.

The results of the study show that satellite images can be used to assess the ecological state of the lakes of Northern Kazakhstan. At the same time, it should be noted that it is desirable to increase the number of field measurements, especially in those water bodies where increased bloom is observed on satellite images. It is also planned to study the possibilities of using radar images to determine the quantitative parameters of the phytoplankton biomass of water bodies. The research results can be used as one of the regional algorithms that can be applied to assess the qualitative state of small lakes in forest-steppe and steppe territories.

Financing. This study was carried out within the framework of the state order of the Science Committee of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan for the project "Assessment of surface water resources and their use at the Nura-Yesil interfluvia using geoinformation technologies for agricultural territories' sustainable development" (IRN AP08856733) and the program "Complex ecosystem assessment of Shchuchinsk-Borovoye resort area through the environmental pressure evaluation for the purposes of sustainable use of recreational potential" (IRN BR05236529).

References

1. Andersen, J., Aigars, J., Claussen, U., Hakansson, B., Karup, H., Laamanen, M., Lysiak, E., Martin, G., Nausch, G. Development of tools for assessment of eutrophication in the Baltic Sea; Baltic Sea Environment Proceedings. HELCOM: Helsinki, Finland, 2006, pp. 64.
2. Barinova S., Medvedeva L., Anisimova O. Biodiversity of algae-indicators of the environment. Tel Aviv: publishing house "Pilies studio", 2006. pp. 498.
3. Complex ecosystem assessment of Shchuchinsk-Borovoye resort area through the environmental pressure evaluation for the purposes of sustainable use of recreational potential: Research Report (final); PI International Science Complex "Astana"; the head: Akiyanova F.Zh.; performers: Akiyanova F.Zh. [and others]. – Nur-Sultan, 2019. pp. 248.
4. Dedusenko-Shchegoleva, N.T., Matvienko, A.M., Shkorbatov, L.A. Keys to freshwater algae of the USSR. Green algae. Class Volvox; Soviet science: Moscow, Russia, 1957, pp. 231.
5. Doerffer, R., Schiller, H. Pigment index, sediment and gelbstoff retrieval from directional water leaving radiance reflectance using inverse modelling technique, MERIS-ESL. Algorithm Theoretical Basis Document 2.12; European Space Agency: Geesthacht, Germany, 1997; pp. 83.
6. EarthExplorer. Available online: <https://earthexplorer.usgs.gov/>.
7. Elenkin, A.A. Blue-green algae of the USSR; Nauka: Leningrad, Russia, 1938, pp. 198.
8. Ergashev A.E. Keys to the protococcal algae of Central Asia, 2nd ed.; Fan UzSSR: Tashkent, Uzbekistan, 1979, pp. 384.
9. Ergashev, A.E. Keys to the protococcal algae of Central Asia, 1st ed.; Fan UzSSR: Tashkent, Uzbekistan, 1979, pp. 344.
10. Golerbakh, M.M., Kosinskaya, E.K., Polansky, V.I. Keys to freshwater algae of the USSR. Blue green algae; Soviet science: Moscow, Russia, 1953, pp. 654.
11. Hakanson, L., Bryhn, A.C. Eutrophication in the Baltic Sea. Present situation, nutrient transport Processes, Remedial Strategies; Springer: Berlin, Germany, 2008; pp. 264.
12. Kazhydromet. Available online: <https://www.kazhydromet.kz>.
13. Kiselev, I.A. Keys to freshwater algae of the USSR. Pyrophytic algae; Soviet science: Moscow, Russia, 1954, pp. 256.
14. Korshikov, O.A. Viznachnik priuswater URSR; Academy of Sciences of the Ukrainian SSR: Kiev, Ukraine, 1953, pp. 438.
15. Kosinskaya, E.K. Desmidium algae. Flora of spore plants of the USSR; Academy of Sciences of the USSR: Moscow, Russia, 1960, pp. 706.
16. Kutyavina, T.I., Rutman, V.V., Ashikhmina, T.Ya., Savinykh, V.P. Using satellite images to determine the boundaries of water bodies and study the processes of eutrophication. Theoretical and Applied Ecology 2019, 3, pp. 28-33.
17. Maedaa E., Lisboac F., Kaikkonen L., Kalliod K., Koponen S., Brotasc V., Kuikka S. Temporal

- patterns of phytoplankton phenology across high latitude lakes unveiled by long-term time series of satellite data. *Remote Sensing of Environment* 221 (2019) pp. 609–620.
18. Matvienko, A.M. Keys to freshwater algae of the USSR. *Golden algae; Soviet science*: Moscow, Russia, 1954, pp. 189.
 19. Moshkova, N.A., Golerbakh, M.M. Keys to freshwater algae of the USSR. *Green algae. Class Ulotrix. The order of the Ulotrix*; Soviet science: Moscow, Russia, 1986, pp. 361.
 20. Myakisheva, N.V., Zhumangalieva, Z.M. Features of morphometry and spatial distribution of lakes of Kazakhstan. *Scientific notes of the Russian state hydrometeorological university* 2013, 29, pp. 17-28.
 21. Ogashawara, I., Li, L., Moreno-Madrinan, M. Slope algorithm to map algal blooms in inland waters for Landsat-8/Operational Land Imager images. *Journal of Applied Remote Sensing* 2016, 11(1), 012005. pp. 1-18.
 22. Omarov, T.R., Filonets, P.P., Filonets, Yu.P. Lakes of Kazakhstan; Kazakhstan: Almaty, Kazakhstan, 1987; pp. 144.
 23. Palamar-Mordvintseva, G.M. Keys to freshwater algae of the USSR. *Green algae. Class Conjugates. Desmidium order*; Soviet science: Moscow, Russia, 1982, pp. 621.
 24. Parparov A., Gal G., Hamilton D., Kasprzak P., Ostapenia A. Water Quality Assessment, Trophic Classification and Water Resources Management. *J. Water Resource and Protection*, 2010, 2, pp. 907-915.
 25. Pirasteh, S., Mollaee, S., Narges, S., Li, F. Estimation of Phytoplankton Chlorophyll-a Concentrations in the Western Basin of Lake Erie Using Sentinel-2 and Sentinel-3 Data. *Canadian Journal of Remote Sensing* 2020, 46, pp. 585-602.
 26. Planet Labs Inc. Available online: <https://www.planet.com/>.
 27. Popova, T.G. *Keys to freshwater algae of the USSR. Euglena algae*; Soviet science: Moscow, Russia, 1955, pp. 213.
 28. SBRA. Available online: <http://185.116.194.138/>.
 29. Schiewer, U. *Ecology of Baltic Coastal Waters*, Springer-Verlag: Heidelberg, Germany, 2008; pp. 430.
 30. Tikhomirov, O.A., Bocharov, A.V., Komissarov, A.B., Khizhnyak, S.D., Pakhomov, P.M. Using data from LANDSAT-8 (OLI) sensor to assess turbidity, color and chlorophyll content in the water of the Ivankovo reservoir. *TvSU Bulletin. Series: Chemistry* 2016, 2, pp. 230-244.
 31. Trifonova, I.S. Assessment of the trophic status of water bodies by the content of chlorophyll a in plankton. *Methodological issues of studying the primary production of plankton in inland water bodies*; Gidrometeoizdat; St. Petersburg, Russia, 2003; pp. 158-166.
 32. Unified water quality research methods. Part 3. Methods of biological analysis of waters. Appendix 1. Indicators of saprobity - Moscow: publishing house of CMEA, 1977. pp. 11-42.
 33. Wasmund, N., Uhlig S. Phytoplankton trends in the Baltic Sea. *ICES journal of Marine science* 2003, 60, pp. 177-186.
 34. Xujie Y., Yan J., Xuwei D., Ying Z., Zhiying Y. Temporal and Spatial Variations of Chlorophyll a Concentration and Eutrophication Assessment (1987–2018) of Donghu Lake in Wuhan Using Landsat Images. *Water* 2020, 12, 2192.
 35. Zabelina, M.M., Kiselev, I.A., Proshkina-Lavrenko, A.I., Sheshukova, V.S. *Keys to freshwater algae of the USSR. Diatoms*; Soviet science: Moscow, Russia, 1951, pp. 622.

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА СТРУКТУРУ УРОЖАЯ И УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНА СОРТОВ РИСА

Кравцова Н.Н.,

«Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина»

К.с.-х. наук, доцент

Бойко Е.С.,

«Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина»

Старший преподаватель

Харитонов В.А.

«Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина»

магистр

THE EFFECT OF MINERAL FERTILIZERS ON THE STRUCTURE OF THE CROP AND THE GRAIN YIELD OF RICE VARIETIES

Kravtsova N.,

«Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin»

Cand.Agr.Sci., associate professor

Boyko E.,

Senior lecturer

«Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin»

Kharitonov V.

master's degree

DOI: 10.24412/9215-0365-2021-75-2-24-27

Аннотация

В статье приводятся результаты изучения влияния уровней минерального питания на продуктивность различных сортов риса в условиях западной зоны Краснодарского края.

Abstract

The article presents the results of studying the influence of mineral nutrition levels on the productivity of various rice varieties in the conditions of the western zone of the Krasnodar Territory.

Ключевые слова: рис, сорт, минеральные удобрения, структура урожая, урожайность.

Keywords: rice, variety, mineral fertilizers, crop structure, yield.

Россия входит в 20 стран – экспортёров риса. В настоящее время в РФ посевная площадь составляет 190 тыс. га, на Кубани – 118,2 тыс. га. Сборы риса увеличиваются не за счет площадей посева, а за счет повышения урожайности, которая в 1990 году в России составляла 32,1 ц/га, в последние годы урожайность на Кубани составляет 65–70 ц/га и более [5, 9, 10].

Повысить эффективность производства любой культуры, в том числе и риса, возможно только совершенствованием элементов и приемов технологии (регулированием почвенного питания растений) и быстрым внедрением в производство новых сортов. Возделывание новых сортов требует уточнения и разработки элементов их агротехники, к которым относятся и удобрения, применительно к условиям Краснодарского края [1, 2, 6.12].

Целью работы являлось изучение влияния различных доз минеральных удобрений на структуру урожая и урожайность сортов риса.

Исследования проводились в условиях западной зоны Краснодарского края. Погодные условия в год проведения опыта были удовлетворительными. Схема опыта включала: фактор А - удобрения, фактор В – сорта риса.

Общая площадь делянки ($7,2 \times 30$) = 216 м²,

учетная 100 м². Повторность трехкратная. Размещение делянок реномализированное, методом расщепленных делянок. Минеральные удобрения вносили согласно схемы опыта. Все учеты и наблюдения проводились по общепринятым методикам [15].

Основными элементами структуры урожая растений риса являются количество растений или продуктивных стеблей на единице площади и продуктивность метелки. Одним из самых основных показателей элементов структуры урожая риса является продуктивность метелки, которая характеризуется количеством выполненных зерен в ней, массой отдельной зерновки или массой 1000 зерен. Количественные величины этих признаков зависят от сортовых особенностей и условий агротехники. В продуктивности метелки сортовые различия могут быть очень существенными, что обуславливается энергией кущения растений, реализацией генетической программы отражающей интеграцию фотосинтеза и роста на уровне целого организма. Сорта, которые имеют более продуктивную метелку, способны усиливать приток ассимилятов по органам растения к зонам роста стебля и метелки. Это приводит к формированию органов плодоношения большей массы. Интенсивность кущения является определяющим фактором в характере распределения образующихся ассимилятов по органам

растения. Развивающиеся боковые побеги являются наиболее мощным акцептором пластических веществ материнских побегов. Эти боковые побеги затеняют главные материнские побеги, уменьшая у них интенсивность фотосинтеза.

Продуктивность метелки так же зависит от длительности второй половины фазы кущения, и

поэтому имеется возможность управлять длительностью формирования конуса нарастания [10].

Элементы структуры урожая можно формировать факторами среды. Среди них наиболее важная роль принадлежит уровню минерального питания [3, 4, 7]. Элементы структуры урожая у растений различных сортов риса в зависимости от дозы минерального питания представлены в таблице 1.

Таблица 1

Элементы структуры урожая у различных сортов риса в зависимости от дозы минерального удобрения, 2020 г.

Сорт	Удобрение	Густота продуктивного стеблестоя, шт./м ²	Количество колосков в метелке, шт.			Пустозерность, %	Масса зерна с метелки, г	Масса 1000 зерен, г	Биологическая урожайность, г/м ²
			полных	пустых	всего				
Рапан	N ₉₀ P ₉₀ K ₆₀ (к)	445	137	12	149	8,1	1,44	27,3	645
	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₆₀	498	151	12	163	7,4	1,39	27,5	693
	N ₁₅₀ P ₉₀ K ₆₀	506	157	13	170	7,6	1,39	27,7	702
Кумир	N ₉₀ P ₉₀ K ₆₀	491	124	14	138	10,1	1,39	28,3	702
	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₆₀	547	130	15	175	10,3	1,39	27,9	759
	N ₁₅₀ P ₉₀ K ₆₀	546	146	16	162	9,9	1,42	28,5	773
Виктория	N ₉₀ P ₉₀ K ₆₀	495	129	15	144	10,4	1,41	27,4	698
	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₆₀	532	135	15	149	9,4	1,45	28,1	772
	N ₁₅₀ P ₉₀ K ₆₀	549	138	14	153	9,8	1,43	28,6	783

В нашем опыте густота продуктивного стеблестоя по вариантам опыта варьировала от 445 до 549 шт./м². В среднем независимо от дозы вносимых удобрения наименьшей она была у сорта Рапан – 483 шт./м².

У сортов Кумир и Виктория – 528 и 525 шт./м² соответственно. Разница составила 45 и 42 шт./м² или 9,3 и 8,7 %. У сортов Кумир и Виктория густота продуктивного стеблестоя была практически одинаковой. У сорта Кумир она увеличивалась от 491 до 546 шт./м², у Виктории от 495 до 549. Рост количества продуктивных стеблей был обусловлен возрастающей дозой вносимых удобрений.

Наибольшее количество полных колосков в колосе в среднем по сортам независимо от дозы вносимых удобрений отмечалось у сорта Рапан – 148 шт. У сортов Кумир и Виктория оно было меньше, чем у сорта Рапан на 14–15 штук или на 10–11 %.

С внесением возрастающей дозы минеральных удобрений количество полных колосков в метелке у сорта Рапан увеличивалась на 10–14 %, у сорта Кумир на 5–18 %, а у сорта Виктория на 5–7 %.

Масса зерна с метелки изменялась от 1,39 до 1,45 г. Максимальной она была у сорта Виктория и в среднем составила 1,43 г. Разница по дозам удобрений была незначительной и по сортам колебалась от 1,5 до 3,6 %. Масса 1000 зерен изменялась от 27,3 до 28,6 г и не зависела от дозы вносимых удобрений

и сортов.

Максимальная биологическая урожайность зерна в среднем была получена у сорта Виктория – 751 г/м². Разница с сортом Рапан равнялась 71 г/м² или 10,4 %, с сортом Кумир – 7 г/м² или 1 %.

Увеличение дозы вносимых удобрений у всех сортов способствовало росту биологической урожайности. Так, при внесении удобрений в дозе N₁₂₀P₉₀K₆₀ и N₁₅₀P₉₀K₆₀ биологическая урожайность зерна у сорта Рапан выросла на 48 г/м² (7,4 %) и на 57 г/м² (8,8 %) в сравнении с урожайностью при дозе N₉₀P₉₀K₆₀ соответственно. Биологическая урожайность у сорта Кумир при указанных дозах увеличивалась от 57 до 71 г/м² (8–10 %), у сорта Виктория – от 74 до 85 г/м² (11–12 %).

Урожайность – это количество продукции с единицы земельной площади. Она зависит от многих факторов [8, 11, 13, 14, 16].

В нашем опыте влияние доз минеральных удобрений на урожайность сортов риса приведено в таблице 2.

Из данных таблицы следует, что урожайность зерна риса в нашем опыте изменялась от 62,6 ц/га до 75,8. Она зависела от сорта и от вносимых доз минеральных удобрений. Так, у сорта Рапан на контроле урожайность зерна составила 62,6 ц/га. С внесением удобрений в дозах N₁₂₀P₉₀K₆₀ и N₁₅₀P₉₀K₆₀ она достоверно увеличивалась соответственно на 5,2 и 5,7 ц/га или на 8,3 и 9,1 %.

Таблица 2

Урожайность сортов риса в зависимости от дозы минерального удобрения, ц/га				
Сорт (фактор А)	Доза удобрения (фактор В)	Среднее по:		
		вариантам	фактору А	фактору В
Рапан	N ₉₀ P ₉₀ K ₆₀ (к)	62,6	66,2	65,7
	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₆₀	67,8		72,0
	N ₁₅₀ P ₉₀ K ₆₀	68,3		72,8
Кумир	N ₉₀ P ₉₀ K ₆₀	67,5	71,8	
	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₆₀	73,9		
	N ₁₅₀ P ₉₀ K ₆₀	74,2		
Виктория	N ₉₀ P ₉₀ K ₆₀	67,1	72,4	
	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₆₀	74,3		
	N ₁₅₀ P ₉₀ K ₆₀	75,8		
НСР ₀₅ для г.р.		2,2		
Фактору А			1,3	
Фактору В				1,3

У сорта Кумир урожайность зерна изменялась от 67,5 до 74,2 ц/га. Улучшение почвенного питания способствовало получению существенной прибавки, которая составляла – 6,4 и 6,7 ц/га. Сорт Виктория сформировал наибольшую в опыте урожайность при дозах N₁₂₀ и N₁₅₀ – 74,3 и 75,8 ц/га. Достоверное увеличение урожая в сравнении с урожайностью при дозе N₉₀ у этого сорта составило 7,2 и 8,7 ц/га или 10,7 и 12,9 % соответственно.

Независимо от дозы удобрения средняя урожайность зерна у сорта Рапан равнялась 66,2 ц/га, у Кумира – 71,8 и у Виктории 72,4 ц/га.

Урожайность зерна у сортов Кумир и Виктория в сравнении с урожайностью сорта Рапан была на 5,6 и 6,2 ц/га или на 8,5 и 9,4 % существенно выше. Между урожайностью сортов Кумир и Виктория разница не достоверна.

Если сравнивать урожайность зерна риса в зависимости от дозы минеральных удобрений (фактор В), то можно заключить, что при внесении удобрений в дозах N₁₂₀P₉₀K₆₀ и N₁₅₀P₉₀K₆₀ она составила 72,0 и 72,8 ц/га соответственно. Достоверная прибавка в сравнении с дозой N₉₀P₉₀K₆₀ равнялась 6,3 и 7,1 ц/га или 9,6 и 10,8 %. Существенной разницы в урожае зерна по дозам N₁₂₀ и N₁₅₀ не наблюдалось.

Таким образом, на урожайность зерна риса достоверное влияние оказывали и сортовые особенности культуры, и уровень минерального питания растений.

Список литературы

1. Абу С.Т., Масливец В.А. Зависимость густоты стояния растений и урожайности сортов риса от режима орошения и доз азотного удобрения. / С.Т. Абу. В.А. Масливец. // Труды Кубанского государственного аграрного университета. Издательство: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина (Краснодар). 2006, № 3, - С. 141-148.
2. Бойко, Е. С. Разработка принципов биологизированной системы земледелия для получения экологически безопасной и органической продукции на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья / Е. С. Бойко, В. П. Василько // Проблемы трансформации естественных ландшафтов в результате антропогенной деятельности и пути их решения: Сборник научных трудов по материалам Международной научной экологической конференции, посвященной Году науки и технологий, Краснодар, 29–31 марта 2021 года. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2021. – С. 291-293.
3. Бойко, Е. С. Урожайность озимой пшеницы в центральной зоне Краснодарского края, в зависимости от цикличности погодных условий / Е. С. Бойко, В. П. Василько // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2020. – № 163. – С. 40-52. – DOI 10.21515/1990-4665-163-003.
4. Великанова Л.О. Экономическая и биоэнергетическая оценка альтернативных технологий возделывания озимой пшеницы в условиях центральной зоны Краснодарского края / Л. О. Великанова, Н. С. Курносова, Е. И. Трубилин, Е. С. Бойко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2018. – № 138. – С.60-77. – DOI 10.21515/1990-4665-138-012.
5. Зеленский Г. Л. Рис. Биологические основы селекции и агротехники: монография / Г. Л. Зеленский [и др.]. – Краснодар, КубГАУ. – 2016. – 238 С.
6. Кравцов, А. М. Влияние плодородия почвы, удобрений и гербицидов на урожайность и качество зерна озимой пшеницы по различным пропашным предшественникам / А. М. Кравцов, А. В. Загорулько, Н. Н. Кравцова // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2018. – № 74. – С. 71-81. – DOI 10.21515/1999-1703-74-71-81.
7. Кравцова, Н. Н. Особенности формирования продуктивности люцерны в зависимости от приемов выращивания на выщелоченном черноземе Западного Предкавказья: специальность 06.01.09 "Овощеводство": автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Кравцова Наталия Николаевна. – Краснодар, 2004. – 22 с.
8. Магомедтагиров, А. А. Влияние агротехнических приемов на урожайность озимой пшеницы в низинно-западинном агроландшафте / А. А. Маго-

- медтагиров, Е. С. Бойко // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: Сборник статей по материалам 74-й научно-практической конференции студентов по итогам НИР за 2018 год, Краснодар, 26 апреля 2019 года / Ответственный за выпуск А.Г. Кощаев. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2019. – С. 49-51.
9. Масливец В.А., Герасименко В.Н., Макаренко С.А. Промежуточные посевы – фактор биологизированного рисоводства / В.А. Масливец, В.Н. Герасименко, С.А. Макаренко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 103. – С. 1245-1253.
10. Масливец, В. А. Рисоводство: учебное пособие / В. А. Масливец, В. Н. Герасименко, С. С. Терехова. – Казань, 2018. – 164 с.
11. Особенности ухода за посевами озимых колосовых, многолетних трав и возделывания яровых культур в 2003 году: Рекомендации / В. В. Пушкин, М. В. Пашков, С. В. Гаркуша [и др.] ; Департамент сельского хозяйства и продовольствия Краснодарского края Кубанский государственный аграрный университет Краснодарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. П.П. Лукьяненко Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур им. В.С. Пустовойта Северо-Кавказский НИИ сахарной свеклы и сахара Северо-Кавказский НИИ животноводства Северо-Кубанская сельскохозяйственная опытная станция. – Краснодар: ООО "Агропромполиграфист", 2003. – 46 с.
12. Оценка морозостойкости озимого ячменя методом КУБГАУ / В. М. Шевцов, В. Е. Иванов, А. П. Сулим [и др.] // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2011. – № 29. – С. 88-93. Адаптационное значение признака "глубина залегания узла кущения" / В. М. Шевцов, Н. Г. Малюга, Т. Я. Бровкина [и др.] // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2008. – № 14. – С. 71-79.
13. Примин, М. М. Урожайность зерна кукурузы в зависимости от основной обработки почвы при двойной дозе минеральных удобрений в условиях учхоза "Кубань" / М. М. Примин, Н. Н. Кравцова // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: Сборник статей по материалам IX Всероссийской конференции молодых ученых, Краснодар, 24–26 ноября 2015 года / Ответственный за выпуск: А.Г. Кощаев. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет, 2016. – С. 694-695.
14. Роль плодородия почвы и средств химизации земледелия в формировании продуктивности озимой пшеницы / А. М. Кравцов, А. В. Загорулько, В. П. Василько, Н. Н. Кравцова // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. – № 64. – С. 88-97. – DOI 10.21515/1999-1703-64-88-97.
15. Сметанин А. П. Методики опытных работ по селекции, семеноводству, семеноведению и контролю за качеством семян риса / А. П. Сметанин. – Краснодар: кр. Изд-во, 1972. – 156 с.
16. Эффективность применения удобрений при выращивании подсолнечника на черноземе выщелоченном с различным уровнем плодородия / А. М. Кравцов, А. В. Загорулько, Н. Н. Кравцова, С. И. Новоселецкий // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2018. – № 138. – С. 106-121. – DOI 10.21515/1990-4665-138-025.

MEDICAL SCIENCES

PARTICULARITIES OF THE TYPES OF ATTITUDES TOWARDS THE DISEASE IN HIV-INFECTED PATIENTS WITH NEUROSES, DEPENDING ON THEIR DEVIANT BEHAVIOR

Hnenna O.,

Dnipro state medical university

assistant of the department of psychiatry, narcology and medical psychology

Ogorenko V.

Dnipro state medical university

professor of the department of psychiatry, narcology and medical psychology

DOI: [10.24412/9215-0365-2021-75-2-28-31](https://doi.org/10.24412/9215-0365-2021-75-2-28-31)

Abstract

A comprehensive examination of 114 patients with HIV who had neurotic mental disorders on the basis of the Municipal Institution "Dnipropetrovsk Regional Center for AIDS Prevention and Control" during 2018-2020, among which there were 56 (49.12%) men and 58 (50), 88% of women mainly with heterogeneous orientation ($n = 102$; 89.47%), the average age of the examined patients was 39.77 (9.17) years. According to the results of clinical and psychopathological examination and interviews using a self-developed map of the patient, it was found that HIV-infected patients with deviant behavior was characterized by a predominance of maladaptive response to their disease (68.63%): interpsychic maladaptation, 35.3%) and intrapsychic maladaptation (33.33%), which are statistically significantly more common ($p < 0.001$) compared with patients without deviant behavior - 14.29% and 9.52%, respectively. The patients of the comparison group were statistically significantly dominated by adaptive types of attitude to the disease ($p < 0.001$). Analysis of the average profiles of the types of attitude to the disease in the study groups of the main group revealed a significant ($p < 0.05$) predominance of such interpsychic oriented reactions to the disease as sensitive and paranoid types. Among the intrapsychic orientation in the main group significantly ($p < 0.05$) was dominated: anxious, hypochondriac and neurasthenic types of attitudes to the disease. Analysis of the average profiles of the types of attitude to the disease in the study groups of the main group revealed a significant ($p < 0.05$) predominance of such interpsychic oriented reactions to the disease as sensitive and paranoid types. The above features of the attitude to the disease can be used as diagnostic criteria for detecting deviant behavior in patients with HIV who have neurosis. Finally, the obtained results can be used to optimize the diagnosis of deviant behavior in HIV-infected people and to develop a comprehensive therapy for this cohort of patients.

Keywords: HIV-infected, types of attitudes to the disease, neuroses, maladaptation, deviant behavior.

The attitude of people with immunodeficiency virus person to his disease is an urgent issue of medical and social rehabilitation of this cohort of patients. This is primarily due to the development of highly active antiretroviral therapy and the need for long-term treatment, which requires a high level of commitment to achieve a therapeutic effect compared to other chronic diseases [1-3]. Also features of response HIV-infected people still depend on their disease high level of stigmatization in society and autostigmatization among the patients themselves, a number of psychological predictors and changes epidemiological features of HIV spread, 80% of HIV-infected citizens belong to the working population, 75% - younger 30 years [1-5]. That is why understanding the specifics of the attitude to the disease in HIV-infected patients will allow you to get rid of the target symptoms to which medicine should direct psychotherapeutic measures to optimize medical, psychological and social support of this cohort of patients [5].

MATERIALS AND METHODS OF RESEARCH

114 patients with HIV-related diseases (B20-B24 according to the International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems 10 revision - ICD10), who were treated at the Municipal Institution "Dnipropetrovsk Regional Center for AIDS Prevention and Control" during 2018 - 2019 and had signs of neu-

rotic disorders. A comprehensive clinical and psycho-diagnostic examination was conducted, which included a clinical and diagnostic interview using a self-developed study card of the patient and an experimental-psychological method of research, which included the method of types of attitudes to the disease (TATD) [6].

Diagnosis of types of attitudes to the disease involved the identification of the following types of attitudes to the disease: S - sensitive, Anx - anxious, Hyp - hypochondriac, M - melancholic, Ap - apathetic, N - neurasthenic, E - egocentric, paranoid, An - anosognostic, D - dysphoric, R - ergopathic and Har -harmonious. These types of attitudes to the disease are combined into three blocks depending on the criteria "adaptability-maladaptation", which reflects the influence of the attitude to the disease on the adaptation of the patient's personality and "inter-intrapsychic orientation" maladaptation. The block of adaptive types, according to the method, included: harmonious, ergopathic and anosognostic; to types with intrapsychic orientation: anxious, hypochondriac, neurasthenic, melancholic, apathetic; to types of interpsychic orientation: sensitive, egocentric, dysphoric and paranoid [6].

Statistical processing of the results was performed with using descriptive and analytical methods statistics implemented in the software product STATISTICA 6.1 (StatSoftInc., serial № AGAR909E415822FA) [7].

RESULTS AND DISCUSSION

56 (49.12%) men and 58 (50.88%) women were examined. The average age of the examined patients was 39.8 (9.17) years. All patients were divided into two observation groups: group 1 (main group) - patients with signs of deviant behavior (self-punishment, addictive behavior, suicidal behavior, antisocial behavior, etc.) (51 patients - 44.7%); group 2 (group of comparison) - HIV-infected without these symptoms (63 patients - 55.3%).

Analyzing the distribution of types of disease response by blocks (table 1) found that in the surveyed HIV-infected adapted types of disease response accounted for a total of 56.14% of all surveyed, types with intrapsychic maladaptation - 20.18% and 23, 68% identified types with interpsychic maladaptation. Thus, together, the types of attitudes to the disease, characterized by impaired personal and psychosocial adaptation were 43.87% with a slight dominance of interpsychic maladaptation over intrapsychic.

Table 1

Distribution of HIV-infected by psychological types of attitude to the disease

Blocks of types of attitude to the disease	All patients 114 n (%)	1 group n=51 n (%)	2 group n=63 n (%)	p
Intrapsychic orientation	23 (20,18%)	17 (33,33%)	7 (9,52%)	p<0,001
Interpsychic orientation	27 (23,68%)	18 (35,30%)	9 (14,29%)	p<0,001
No significant disruption of social adaptation	64 (56,14%)	16 (31,37%)	48 (76,19%)	p<0,001

p - differences between groups by Pearson's criterion χ^2 , including the Yates Amendment.

For HIV-infected patients with deviant behavior were characterized by disorders of personal and psychosocial adaptation, which amounted to 68.63%: interpsychic maladaptation (35.3%) and intrapsychic maladaptation (33.33%), which are statistically significantly more common) compared with patients of the 2nd group - 14.29% and 9.52%, respectively.

For patients of the main group with interpsychic types of attitude to the disease was characterized by sensitized attitude to the disease, which manifested itself in maladaptive behavior of patients: they were ashamed of their disease, used their condition to achieve certain goals, showed heterogeneous aggressive tendencies.

In HIV-infected people with an intrapsychic attitude to the disease, there was a violation of social adaptation. Their emotional-affective sphere of relations manifested itself in the form of maladaptive behavior: reactions such as irritable weakness, anxiety and depression, fixation on their inner feelings, "withdrawal" from the disease, refusal to fight - "surrender" to the disease.

In the majority of HIV-infected comparison groups (76.19%) adaptive types of attitude to the disease without pronounced disorders of mental and social

adaptation were found, in contrast to the main group (31.38%). Patients without deviant behavior were more characterized by a decrease in criticality to their condition, reduction of the "value" of the disease to its complete displacement, violation of medication and disregard for doctor's recommendations, "leaving" to work, denial of infection.

Analysis of the average profiles of the types of attitude to the disease in the survey groups (Fig. 1) found that in the main group revealed a significant ($p < 0.05$) predominance of such interpsychic-oriented reactions to the disease as sensitive and paranoid types. The sensitive type was characterized by excessive concern about the possible adverse effects that may be made on other HIV-infected people. Patients felt fears that people would treat them with condemnation, despise them, remove them, avoid them, and consider them inferior. HIV-infected people with paranoid TVDH were characterized by the belief that the disease was the result of external causes, negligence of medical workers or the cosmetic industry, someone's malicious intent. Such patients were suspicious and wary of talking about themselves, medications and procedures, meticulous with medical staff and new treatments.

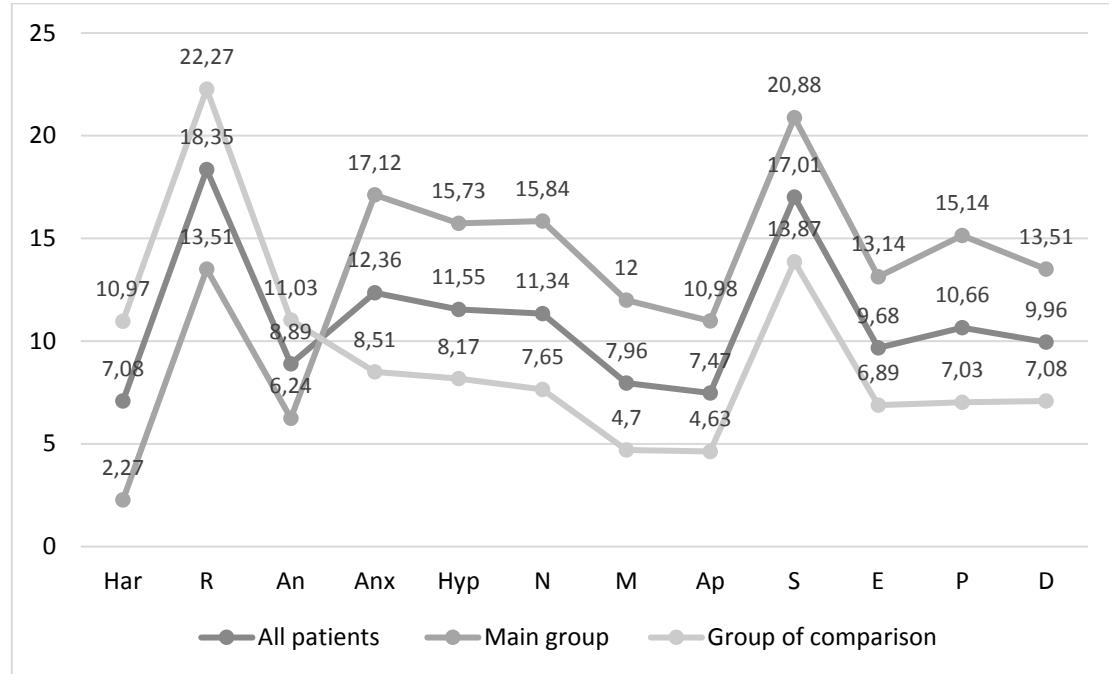


Figure 1. Diagnosis of the generalized profile of types of attitude to the disease in the study groups of HIV-infected (average score for the corresponding type according to the method of TATD)

* – $p < 0.05$ compared with the 2nd group according to the Mann-Whitney test

Among the intrapsychic responses to the disease in the main group significantly ($p < 0.05$) was dominated by anxious, hypochondriac and neurasthenic types of attitude to the disease. The main group of HIV-infected people are prone to anxiety, concern about the unfavorable course of the disease, possible complications of ineffectiveness and danger of treatment. They were characterized by excessive focus on subjectively painful and other unpleasant sensations, impatience in the examination and treatment, the inability to wait long for relief. Also, "irritable weakness" was detected, which manifested itself in the form of outbreaks of irritation to psychogenic stimuli.

Ergopathic type, characterized by "departure from the disease to work" significantly more often ($p < 0.05$) was found in the comparison group, which correlates with the age of patients ($\rho = 0.31$; $p = 0.047$), which indicates a greater commitment to this type of attitude to the disease in older age groups

CONCLUSIONS

Thus, HIV patients are vulnerable layer of patients with special psycho-emotional profile. Despite a certain proportion of those adapted to the disease among those surveyed with HIV status (56.14%), many of the patients surveyed also found a high proportion of maladaptive focus of the disease response (43.86%). The examined patients respond to the disease mainly by the sensitive-ergopathic type, which is characterized by excessive concern about the possible adverse effects on others due to HIV status. In HIV-infected people with deviant behavior statistically significant ($p < 0.001$) prevailed maladaptive types of attitude to the disease (68.63%). Possibilities of psychological and psychosocial adaptations of HIV-infected people with deviant behavior are limited due to the depth of their condition, increased emotional discomfort and anxiety, problems with self-control. Difficulties in adapting to the disease

are associated with prolonged emotional stress, the desire to increase their importance in the eyes of others, blocking basic mental needs. Among the intrapsychic orientation among patients with deviant behavior significantly ($p < 0.05$) was dominated: anxious, hypochondriac and neurasthenic types of attitudes to the disease. The obtained results can be used to optimize the diagnosis of deviant behavior in HIV-infected people and to develop a comprehensive therapy for this cohort of patients.

References

- Liu Y, Niu L, Wang M, Chen X, Xiao S, Luo D. Suicidal behaviors among newly diagnosed people living with HIV in Changsha, China. AIDS Care. 2017 Nov;29(11):1359-1363. Epub 2017 Jun 8. doi: <https://doi.org/10.1080/09540121.2017.1338653>
- Huang X, Meyers K, Liu X, et al. The Double Burdens of Mental Health Among AIDS Patients With Fully Successful Immune Restoration: A Cross-Sectional Study of Anxiety and Depression in China. Front Psychiatry. 2018;9:384. Published 2018 Aug 24. doi: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00384>
- Burden of sleep disturbances and associated risk factors: A cross-sectional survey among HIV-infected persons on antiretroviral therapy across China / X. Huang et al. Sci Rep. 2017. Vol. 7, No. 1. - P. 3657. Published 2017 Jun 16. doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-017-03968-3>
- Огоренко В.В., Гненна О.М. Вплив характерологічних особливостей ВІЛ-інфікованих пацієнтів на формування девіантної поведінки. VIII International Scientific and Practical Conference «Scientific horizon in context of social crises». Tokyo, Japan. 11-12 April, 2021, - P. 498-503.
- Огоренко В.В., Гненна О. М. Особливості ставлення студентів-медиків до людей, які живуть

з ВІЛ-інфекцією. Вісник проблем біології і медицини. 2019. Вип.4. Т. 2(154). - С. 168-171. <https://doi.org/10.29254/2077-4214-2019-4-2-154-168-171>

5. Огоренко В.В., Гненна О.М Аналіз ефективності впливу комплексного лікування на психологічну адаптацію у пацієнтів з вірусом імунодефіциту людини. Вісник проблем біології і медицини. 2021. Вип.1(159). - С. 101-105.

<https://doi.org/10.29254/2077-4214-2021-1-159-101-105>

6. Психологическая диагностика отношения к болезни: пособие для врачей. / Л. И. Вассерман і др. СПб.: СПб НИПНІ им. В.М. Бехтерева, 2005. - 32c.

7. R Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2020. URL: <https://www.R-project.org/> (appeal date: 15.09.2021).

INTEGRATED INDEX "QUALITY OF LIFE" IN WOMEN WITH BREAST CANCER

Savenkov O.

*Oncologist, graduate student of the Department of Surgery 1 of the
Dnieper State Medical University*

DOI: [10.24412/9215-0365-2021-75-2-31-34](https://doi.org/10.24412/9215-0365-2021-75-2-31-34)

Abstract

The aim of the study was to determine an integrated indicator of quality of life in women who underwent surgery for breast cancer.

Research methods. In our study, we consider quality of life as a criterion for evaluating the effectiveness of treatment. In cases where radical interventions are used (eg surgery), an important result is the patient's subjective assessment of their condition, which can vary widely depending on the side effects of the intervention (emotional state of the woman after radical mastectomy). The study involved 77 women, who were divided into II groups: the main group (34) and control group (43).

This result suggests that patients who used intraoperative ICG-technology lymph node imaging, both primary (food, income, medical care, sexual pleasure) and secondary needs (maintaining social contacts, self-esteem, self-expression) [9] are generally rated higher than women after radical surgery with full regional lymph node dissection, although no statistically significant differences in the assessment of quality of life in the main and control groups were found.

At the same time, priority is given to the restoration of social and labor activity, taking into account the individual characteristics of the person and the course of the disease.

Keywords: "quality of life", intraoperative ICG-technology, breast cancer.

The concept of quality of life assessment involves finding and applying the optimal combination of informative (including social) markers to analyze both the course of the disease and the effectiveness of therapeutic and rehabilitation measures. Social indicators of quality of life should not be considered arbitrary formulations, but a hypothesis that needs to be corrected to determine the degree of well-being and social functioning of a particular person in a particular society in a particular sociological context [4].

Quality of life indicators, which are determined by health status, usually reflect the level of functioning of the subject and his subjective perception of his health and / or well-being, which characterizes two fundamental properties of quality of life - multicomponentity and subjectivity of its assessment [3]. In this regard, the concept of quality of life can be involved in a number of factors, in particular, physical, mental and social aspects of human life. On the other hand, quality of life is a certain integrated outcome indicator, which depends on the severity of the disease and the impact of therapeutic measures, so its important aspect is the ability to quantify the deterioration or improvement of patients as a result of treatment or rehabilitation [7].

Quality of life is an index of the effectiveness of rehabilitation programs. The study of the patient's quality of life allows to monitor the patient's condition during rehabilitation, to distinguish between complications

in the course of the disease and side effects of treatment. Based on data on quality of life, comprehensive rehabilitation programs for various diseases can be developed. The possibility of recovery of the patient and effective socialization are largely determined by the quality of life of the patient in the stages of rehabilitation [1, 2].

The value of quality of life assessment in clinical practice is determined by two circumstances. First, a direct link between the course of the disease and quality of life does not always exist, because it is largely determined by the patient's subjective perceptions of the severity of his disease, as well as its possible consequences. At the same time, the need to reduce labor activity, the threat of disability and changes in life habits are important. Secondly, quite often the assessment of the effectiveness of therapy by the doctor and his patient may not coincide. Thus, for a doctor, a successful operation in cancer is considered evidence of a good treatment effect, while patients report improvement in less than half of cases [8].

Thus, **the aim** of the study was to determine an integrated indicator of quality of life in women who underwent surgery for breast cancer.

Research methods. The method of assessing the quality of life associated with health has a wide range of possibilities. In our study, we consider quality of life as a criterion for evaluating the effectiveness of treatment. In international clinical practice, a lot of research

is devoted to the analysis of the quality of life of patients by assessing the effectiveness of treatment - numerous drug therapy programs and combination therapies. In cases where radical interventions are used (eg surgery), an important result is the patient's subjective assessment of their condition, which can vary widely depending on the side effects of the intervention (emotional state of the woman after radical mastectomy). In this regard, quality of life is one of the main indicators of successful treatment [5]. The study involved 77 women, who were divided into II groups: the main group (34) and control group (43).

Research results. According to research, the main disabling effect is caused not by breast cancer itself, but

by radical treatment, which leads to the development of persistent psychosocial maladaptation, which is larger and different in nature and significantly different from disability in many other cancers. In a detailed study of the most constructive mechanisms of psychological protection in women after radical treatment of breast cancer, it was found that mental disorders in the form of complicated reactions of grief and severe loss occur in 96.1% of cases [6].

The average quality of life on the scales of the questionnaire SF-36 in the main and control groups, obtained in our study, are presented in table 1 and in Fig. 1.

Table 1

Quality of life indexes of patients after treatment of early forms of breast cancer on the scales of the questionnaire SF-36, points ($M \pm m$)

Index	Main group ($n=34$)	Control group ($n=43$)
Physical functioning (PF)	$48,9 \pm 4,83$	$40,9 \pm 4,92$
Role-functioning (RP)	$32,6 \pm 3,14$	$23,7 \pm 2,74$
Bodily pain (BP)	$62,5 \pm 6,38$	$56,0 \pm 6,03$
General health (GH)	$66,5 \pm 6,82$	$61,0 \pm 6,28$
Vitality (VT)	$50,2 \pm 5,16$	$43,5 \pm 4,31$
Social functioning (SF)	$79,1 \pm 8,14$	$67,3 \pm 6,84$
Role-Emotional (RE)	$46,5 \pm 4,76$	$41,0 \pm 4,43$
Mental health (MH)	$58,7 \pm 6,13$	$52,4 \pm 5,38$

Physical Functioning (PF) is defined by the respondents' subjective assessment of the amount of their daily physical activity as heavy (running, lifting heavy objects, etc.), moderate (moving a chair, working with a vacuum cleaner, etc.) or light (leaning, dress, etc.), ie expressed in the willingness to engage in active motor activity. Low scores on this scale indicate that the respondent's physical activity is limited by his health.

Our results show that the PF of patients who used the technology of intraoperative ICG-imaging of the sentinel lymph node, 15.7% higher ($p > 0.05$) than women with early forms of breast cancer, who, along with radical surgery performed full regional lymph dissection (Table and Fig. 1), ie patients of the main group are more physically resilient *than women in the control group*.

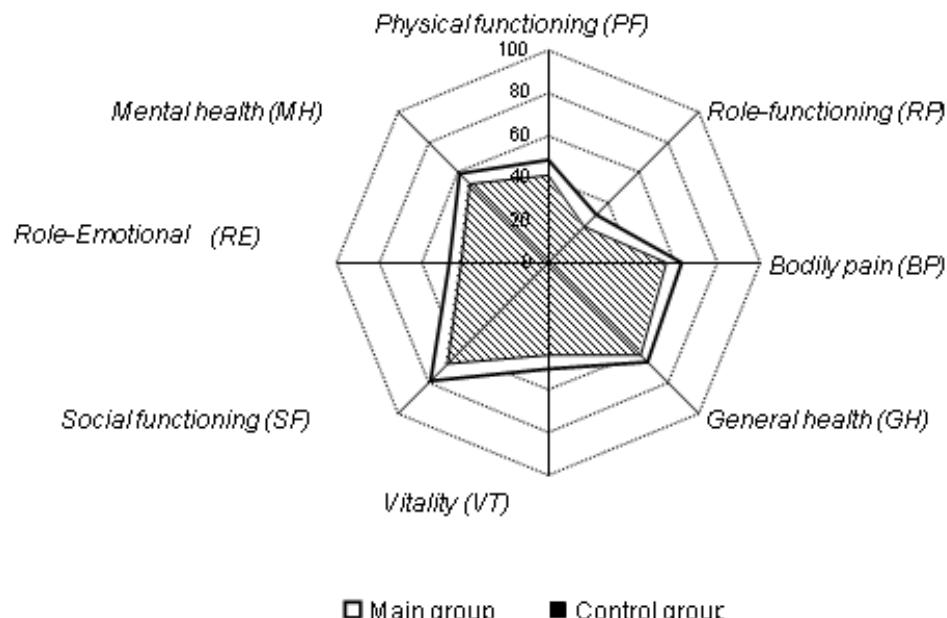


Fig. 1. Indicators of quality of life of patients after treatment of early forms of breast cancer on the scales of the questionnaire SF-36, points

Role-functioning due to the physical condition of the Russian Federation (RP - Role-Physical Functioning) is a subjective assessment by respondents of the degree of limitation of their daily activities (the amount of time spent on work; limitation of any activity, etc.). Low scores on this scale indicate that daily activity is limited by the physical condition of the respondent. It is shown that the RF of the main group of patients is 27.3% higher ($p > 0.05$) than women of the control group (Table and Fig. 1), although this difference is a trend.

Pain is an integrative function of the body that mobilizes its various physiological systems to protect against the effects of aggressive environmental factors. Low scores on the scale of pain intensity (BP - Bodily Pain) indicate that pain significantly limits the activity of the respondent. It is noted that the value of the BP index in the group of women after radical surgery with a full volume of regional lymph dissection is 6.5 points (10.4%, $p > 0.05$) lower than in patients who used intraoperative ICG technology: 56.0 and 62.5 points, respectively.

The General Health (GH) questionnaire of the SF-36 questionnaire suggests that respondents subjectively rate it as "excellent", "very good", "good", "mediocre" and "bad". In addition, respondents should make an evaluation judgment based on the phrase "My health is not worse than most of my acquaintances" in five grades and indicate whether their physical (emotional) state during the last month prevented them from spending free time with family, friends or with the colleagues. The lower the score on this scale, the lower the subjective assessment of the health of the respondent. We found that the subjective assessment of their GH by patients of the main and control groups in the age range of 27-69 years did not have a statistically significant difference (Table and Fig. 1). We believe that a key factor in this approach to assessing one's health is the statement "My health is not worse than that of most of my acquaintances", according to which respondents expressed their opinion.

Viability - the degree of human adaptation to life, to fluctuations in living conditions. According to the SF-36 questionnaire, the vital activity (VT-Vitality) involves a feeling of inspiration and energy or, conversely, exhaustion. Low scores on this scale indicate the respondent's fatigue, decreased vital activity. The results of our study found that the viability of patients who used intraoperative ICG-technology, 6.7 points (13.3%, $p > 0.05$) higher than in the group of women after radical surgery with full volume regional lymph dissection (Table and Fig. 1), which are more difficult to adapt to changes in living conditions.

Social functioning (SF) is determined by the degree of restriction of social activity of the respondent by his physical or emotional state, which interferes with communication with family, friends, neighbors or in the team. Low SF scores indicate a significant limitation of social contacts (communication). It is shown

that the level of SF of women in the control group is 6.5 points (10.4%, $p > 0.05$) lower than in patients of the main group, ie their physical and emotional state to a greater extent interferes with communication. Given that the scales "physical functioning", "role functioning due to physical condition" and "pain" in women with full regional lymph node dissection are also lower than in the group of patients using intraoperative ICG technology, it is possible predict their lower social activity. The decrease in social activity indicates a prolonged effect of traumatic experiences and changes in the internal perception of their social status.

Role-emotional functioning (RE - Role-Emotional) involves a subjective assessment of the degree to which the emotional state causes difficulty in performing work or other daily activities. Low scores on this scale are interpreted as restrictions on daily activities due to the emotional state of the respondent. According to our results, the index of RF in the group of patients using the technique of intraoperative visualization of the signal lymph node is 11.8% ($p > 0.05$) higher (46.5 points) than in the control group (41.0 points) table and Fig. 1.

According to the WHO, Mental Health is positioned as a state of well-being in which a person can realize his or her own potential, cope with normal life stresses, work productively and productively, and contribute to the life of his or her community. Software is a very important part of a person's quality of life related to health. This is primarily due to the fact that in the human body all systems and organs are interconnected, act on each other and are largely under the control of the central nervous system, so the software affects the work of each of the functional systems, and the state of the latter, in turn, affects mental health. MH (self-assessment of a person's psychological status) respondents rated the concepts of peaceful and happy. The first means that the person is calm, not confused and does not feel anxiety, the second - the respondent is in a state of emotional comfort when his basic needs (physical and spiritual) are met. We found that the rate of assessment of their mental health in patients of the main group was 6.3 points higher (10.7%, $p > 0.05$) than in women of the control group: 58.7 and 52.4 points.

This result suggests that patients who used intraoperative ICG-technology lymph node imaging, both primary (food, income, medical care, sexual pleasure) and secondary needs (maintaining social contacts, self-esteem, self-expression) [9] are generally rated higher than women after radical surgery with full regional lymph node dissection, although no statistically significant differences in the assessment of quality of life in the main and control groups were found.

Conclusion. The current concept of quality of life, relevant to health, for women with breast cancer is based on a comprehensive study and assessment of key clinical, psychological and social indexes. At the same time, priority is given to the restoration of social and labor activity, taking into account the individual characteristics of the person and the course of the disease.

References

1. Анохина И.В., Зикиряходжаев Д.З. Местнораспространённый рак молочной железы – современное состояние вопроса. Вестник Авиценны. – 2016. – № 3 (68). – С. 104-110.
2. Букейханов Н.Р., Гвоздкова С.И., Никишечкин А.П. Иерархия потребностей А. Маслоу и потребность в управлении. Российские регионы: взгляд в будущее. 2017;4(4):15-28.
3. Евсина О.В. Качество жизни в медицине – важный показатель состояния здоровья пациента (обзор литературы). Личность в меняющемся мире: здоровье, адаптация, развитие. 2013. № 1. С. 119-133.
4. Лобанов Ю.Ф., Скударнов Е.В., Строзенко Л.А., Прокудина М.П., Каракасекова М.К., Печкина К.Г. Качество жизни как проблема в здравоохранении: современные тенденции // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2018. – № 5-1. – С. 235-239.
5. Сперанский Д.Л., Ткаченко Л.В., Вдовин С.В., Андреева М.В., Селихова М.С., Жаркин Н.А. Анализ показателей качества жизни больных раком молочной железы на этапах противоопухолевой терапии. Медицинский вестник Северного Кавказа. 2015;4(38):438-440.
6. Хетагурова А.К., Мирюсупова Г.Ф. Организация реабилитации больных после мастэктомии. Проблемы стандартизации в здравоохранении. 2018;5-6:31-35.
7. Chopra I, Kamal KM. A systematic review of quality of life instruments in long-term breast cancer survivors. Health Qual Life Outcomes. 2012;10:14. doi: 10.1186/1477-7525-10-14.
8. Ho PJ, Gernaat SAM, Hartman M, Verkooijen HM. Health-related quality of life in Asian patients with breast cancer: a systematic review. BMJ Open. 2018;8(4):e020512. doi: 10.1136/bmjopen-2017-020512.

PHYSICS AND MATHEMATICS

ЦЕЛОСТНО-СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ПРИКЛАДНЫХ ФИЗИКО –МАТЕМАТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Мищик С.А.

*доцент, кандидат педагогических наук,
 член-корреспондент Международной академии психологических наук,
 академик Международной академии ТПН,
 член Немецкого физического общества,
 профессор Российской Академии Естествознания,
 доцент кафедры «Высшей математики и физики»,
 Государственный морской университет имени адмирала Ф.Ф. Ушакова*

HOLISTIC AND SYSTEMATIC ANALYSIS OF APPLIED PHYSICAL AND MATHEMATICAL PROBLEMS

Mishchik S.

*Associate Professor, Candidate of Pedagogical Science,
 Corresponding Member of the International Academy
 psychological sciences,
 Academician of International Academy TAS,
 member of the German physical society,
 Professor of the Russian Academy of natural Sciences,
 Assistant professor Department
 of Higher mathematics and physics,
 State Maritime University Admiral Ushakov, Russia,
 ORCID iD: 0000-0002-0040-9450
 DOI: [10.24412/9215-0365-2021-75-2-35-39](https://doi.org/10.24412/9215-0365-2021-75-2-35-39)*

Аннотация

В статье представлен целостно-системный анализ прикладных физико –математических задач связанных с задачами: о силе Ленца; определением октанового числа бензина методом электростатического взаимодействия; определением уровня радиации окружающей среды с помощью пылесоса; определением относительной магнитной проницаемости магнетика динамическим методом; установлением уровня загрязнения окружающей среды в процессе мобильной телефонной связи относительно саморазвития собственного целостно-системного цикла жизнедеятельности в процессе широкопрофильной подготовки специалистов.

Abstract

The article presents a holistic and systematic analysis of applied physical and mathematical problems related to the following tasks: on the Lenz force; determination of the octane number of gasoline by the method of electrostatic interaction; determination of the level of environmental radiation using a vacuum cleaner; determination of the relative magnetic permeability of a magnet by the dynamic method; determination of the level of environmental pollution in the process of mobile telephone communication regarding the self-development of one's own holistic and systemic life cycle in the process of wide-profile training of specialists.

Ключевые слова: целостно-системный анализ, сила Ленца, октановое число бензина, метод электростатического взаимодействия, целостно-системный цикл жизнедеятельности.

Keywords: holistic-system analysis, Lenz force, gasoline octane number, method of electrostatic interaction, holistic-system life cycle.

Целостно системный анализ прикладных физико-математических задач задаётся психологической теорией деятельности, психолого-педагогическим системным или педагогометрическим анализом и психологической теорией формирования интеллекта, которые представляются многомерными – двенадцати кратными пространствами эргограммного вида [1, с. 64].

Рассмотрим следующие прикладные физико-математические задачи.

Задача о силе Ленца.

Развитие силы Ленца -Lenz Gücü - проявляется во взаимодействии постоянного магнита с диамагнитным магнетиком, например медью.

Актуальность данной темы определяется повышением безопасности тормозных транспортных систем на основе магнитного торможения (manyetik frenleme).

Объектом исследования является система взаимодействия электромагнитных элементов при взаимном движении.

Предметом исследования является исследование взаимодействия магнитных полей с диамагнитными и парамагнитными материалами медью и алюминием.

Методом исследования служить целостно-системный анализ процессов при взаимодействии возникновения тормозных сил при взаимодействии подвижного магнитного поля с неподвижным магнетиком и наоборот – взаимодействие вращающегося магнетика с неподвижным магнитным полем.

Гипотеза исследования. В настоящее время в качестве активных элементов тормозных транспортных систем на электротяге применяют катушки индуктивности, так называемые тормозные катушки, которые создают противодействующий вращательный магнитный момент и системы механического торможения с применением различных механических тормозных колодок.

В нашем случае предлагается организация тормозного вращательного момента при взаимодействии магнитного поля с диамагнетиками, в частности с медью. При этом в связи с проницаемостью силовых магнитных полей собственного пространства диамагнетика и возникает сила Ленца (Lenz Gicü). Только в турецкой научно-технической литературе о магнитном торможении существование такой силы имеет место. Поиски силы Ленца на все ведущих языках Европы, включая Россию, не дали положительного результата [3, с. 58].

Существование силы Ленца подтверждают два опыта: падение неодимовых магнитов в алюминиевой и медной трубе. Разность во времени падения при длине трубы 0,5 метра достигает до 2 секунд. Торможение магнита в медной трубе объясняется тем, что медь является диамагнетиком и направление вектора индукции магнитного поля приводит к возникновению силы Ленца, направленной против движения магнита.

При падении магнита в алюминиевой трубе возникают скорость падания несколько увеличивается, чем при свободном падении. Это объясняется тем, что парамагнетики располагаются параллельно силовым линиям внешнего магнитного поля. В алюминиевой трубе, возникающая сила Ленца направляется по движению неодимовых магнитов. Поэтому применять алюминий для создания тормозных систем невозможно.

Относительную величину силы Ленца можно определить из второго опыта. Определяем период колебаний маятников из неодимовых магнитов в свободно пространстве и под влиянием диамагнетика. Зная относительное ускорение и массу маятника по второму закону Ньютона определяем величину силы Ленца.

Тормозной эффект силы Ленца и его значение рассматриваем на третьей установке. Под действием сил Ампера, возникающих в электродвигателе. Определяем вращательный момент по второму закону Ньютона для вращательного движения $M = I \cdot \epsilon$ – произведение момента инерции медного диска на угловое ускорение. При взаимодействии вращающегося диска с неодимовыми магнитами возникает тормозное действие силы Ленца. Общий

тормозной эффект рассчитываем исходя из теоремы об изменении кинетической энергии общего тормозного медного диска, который располагается на фланце махового колеса транспортного механизма.

Дальнейший анализ и развитие силы Ленца связываем с: базисно-обобщённой звездой Эрцгаммы гиперпространства жизнедеятельности (E1); базисно-обобщённым целостно-системным циклом жизнедеятельности (E2); базисно-обобщённой звездой Эрцгаммы системного анализа (E3); базисно-обобщённым проявлением двенадцати этапов и форм познавательного гиперпространства жизнедеятельности относительно образовательного процесса (E4); базисно-обобщённым выражением двенадцати этапов целостно-системного действия (E5) [4, с.354].

Задача по определению октанового числа бензина методом электростатического взаимодействия.

Актуальность данной темы определяется мобильностью определения октанового числа бензина методом электростатического взаимодействия. Расчёт октанового числа бензина прикладными компьютерными программами, которые повышают эффективность в управлении транспортными объектами.

Объектом исследования является определения октанового числа бензина методом электростатического взаимодействия.

Предметом исследования является определение октанового числа бензина методом электростатического взаимодействия через соответствующие определения относительной диэлектрической проницаемости системы бензинов.

Методом исследования служит целостно-системный анализ зависимости процессов октанового числа бензина через соответствующие определения относительной диэлектрической проницаемости системы бензинов и соответствующий расчёт электрической ёмкости цилиндрического датчика-конденсатора, который помещается в соответствующую бензиновую среду.

Гипотеза исследования. Существуют различные методы определения электрической ёмкости цилиндрического датчика-конденсатора. Например Мост Шёринга - электрическая схема, измерительный мост переменного тока, предназначенный для измерения электрической ёмкости и тангенса угла диэлектрических потерь в диэлектриках конденсаторов, также, в электрических кабелях. Назван по имени немецкого инженера и изобретателя этого устройства Геральда Шеринга (1880—1959). Данный метод применяется для измерения относительной диэлектрической проницаемости вещества. Современные бензины А-80, А-92 и А-95 имеют при температуре 20° С соответствующие относительные диэлектрические проницаемости вещества: 2,0 ; 2,3 и 2,38 . Поэтому необходимо измерить соответствующие электрические ёмкости цилиндрического датчика-конденсатора по стандартным формулам. Это определяет метод электростатического взаимодействия при определении октанового числа

бензина. Основным принципом измерения является компенсаторный подход, когда сравниваются силовые показатели эталонного и исследуемого электрических полей.

Если измерить электрические ёмкости цилиндрического датчика-конденсатора по стандартным формулам, то в дальнейшем можно определить относительные диэлектрические проницаемости вещества - октановые числа бензинов. Для этого потребуются следующие приборы и оборудование: мост Шёринга, цилиндрические модели датчиков конденсаторов, соединительные провода и наборы бензинов А-80, А-92 и А-95.

Выполнение процесса измерения относительных диэлектрических проницаемостей вещества:

1. Соединить цилиндрический датчик-конденсатор с мостом Шёринга с помощью соединительных проводов.

2. Поместить полностью датчик-конденсатор в соответствующий бензин.

3. Измерить электрическую ёмкость цилиндрического датчика-конденсатора с помощью моста Шёринга.

4. По стандартной формуле определяем относительную диэлектрическую проницаемость бензина и соответствующее октановое число бензина.

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0 h}{\ell n \frac{r_2}{r_1}} \text{ и } \epsilon = \frac{c \ell n \frac{R}{r}}{2\pi\epsilon_0 h}$$

Перспективы дальнейшего совершенствования данного метода измерений связываются с автоматизацией процесса расчёта базы данных с помощью пакетов прикладных компьютерных программ. Данный метод открывает перспективы дальнейшего развития определение октанового числа бензина методом электростатического взаимодействия. В процессе решения необходимо применять основные положения теории деятельности, системного анализа и теории формирования интеллекта [5, с.55].

Системный анализ предполагает выполнение последовательности системных аналитических действий [2, с.4].

Задача об определении уровня радиации окружающей среды с помощью пылесоса.

Актуальность данной темы определяется мобильностью определения радиации окружающей среды с помощью пылесоса относительно радона.

Объектом исследования является система взаимодействия радиоактивного излучения с аналитическими аэрозольными фильтрами, которые помещаются в пылесос в процессе прокачки окружающего воздуха.

Предметом исследования является исследование взаимодействия воздуха, содержащего радон с аналитическими аэрозольными фильтрами, которые помещаются в пылесос.

Методом исследования служить целостно-системный анализ процессов при взаимодействии воздуха, содержащего радон с аналитическими

аэрозольными фильтрами, которые помещаются в пылесос.

Гипотеза исследования. При прокачке воздуха через бумажный фильтр на фильтре оседает пыль с дочерними продуктами распада радона (Rn-222), входящего в природный радиоактивный ряд природного урана (U-238).

Оборудование: воздушный пылесос, аналитические аэрозольные фильтры АФА применяются бумажный фильтр АФА-РМП-20, дозиметр-радиометр МКС-АТ6130, скотч, секундомер

Закрепляем скотчем бумажный фильтр на входном патрубке пылесоса дозиметром-радиометром измеряем начальные значения плотности потока бета-частиц и мощности дозы гамма излучения вплотную (до 1 см) к фильтру включаем пылесос и секундомер.

Дозиметром-радиометром периодически измеряют значения плотности потока бета-частиц и мощности дозы гамма излучения вплотную (до 1 см) к фильтру.

При прокачке воздуха через бумажный фильтр на фильтре оседает пыль с дочерними продуктами распада радона (Rn-222) входящего в природный радиоактивный ряд природного урана (U-238)

Радон поступает в воздух из грунта, природной воды и строительных конструкций здания, содержащих природные материалы (глина, щебень). Дочерние продукты радона (ДПР) дают основной вклад (2/3) в природное облучение человека на Земле.

Допустимая эквивалентная равновесная объемная активность радона в воздухе жилых помещений согласно пункта 5.3 Нормы Радиационной Безопасности НРБ-99/2009 составляет 100 Беккерель/кубический метр (для новых построек), 200 Беккерель/кубический метр (для существующих)

1 Бк соответствует 1 распаду в секунду, при этом испускается радиоактивная частица (альфа или бета в зависимости от типа распада) и сопутствующее распаду гамма излучение. У Rn-222 ближайшие дочерние продукты радона (ДПР): Po-218 (полоний); At-218 (астат); Rn-218 (радон); Pb-214 (свинец); Bi-214 (висмут); Po-214 (полоний); Tl-210 (талий) с периодами полураспада от долей секунд до 26,8 минут.

Главное значение в бета излучение в пыли вносят следующие дочерние продукты радона (ДПР): Pb-214 (свинец), Bi-214 (висмут), Tl-210 (талий), при 30 % регистрации их излучения в равновесном с дочерними продуктами радона ДПР (100 Бк/кубический метр) будет зарегистрировано 100 бета частиц в секунду на 1 кубический метр на фильтре площадью 7 квадратных сантиметров или 14 частиц в /(секунду на квадратный сантиметр).

Один кубический метр воздуха будет прокачен пылесосом примерно за одну минуту. При большей продолжительности работы пылесоса допустимое излучение будет принимать большее значение. Также следует учитывать эффективность фильтра, бумажный специальный аналитический аэрозольный фильтр (АФА).

Дальнейший анализ и развитие данного метода связываем с: базисно-обобщённой звездой Эрцгаммы гиперпространства жизнедеятельности; базисно-обобщённым целостно-системным циклом жизнедеятельности; базисно-обобщённой звездой Эрцгаммы системного анализа; базисно-обобщённым проявлением двенадцати этапов и форм познавательного гиперпространства жизнедеятельности относительно образовательного процесса; базисно-обобщённым выражением двенадцати этапов целостно-системного действия [6, с.225].

Задача об определении относительной магнитной проницаемости магнетика динамическим методом.

Актуальность данной темы определяется мобильностью определения относительной магнитной проницаемости магнетика динамическим методом. Расчёт силовых магнитов в создании азимутальных методов в управлении транспортными объектами.

Объектом исследования является система взаимодействия электромагнитных элементов при взаимном движении.

Предметом исследования является исследование взаимодействия магнитных полей.

Методом исследования служить целостно-системный анализ процессов при взаимодействии возникновения сил при взаимодействии подвижного магнитного поля с неподвижным магнетиком.

Гипотеза исследования. Существуют различные методы определения индукции магнитного поля объектов. Основным принципом измерения является компенсаторный подход, когда сравниваются силовые показатели эталонного и исследуемого магнитных полей. Предлагаемый метод измерения индукции магнитного поля направлен на измерения динамических характеристик силового взаимодействия магнита с окружающей средой.

Если измерить силу взаимодействия с окружающей средой, то по теореме о работе силы магнитного поля и изменения его энергии можно определить индукцию магнитного поля. Для этого потребуются следующие приборы и оборудование: постоянный магнит, динамометр, линейка.

Выполнение процесса измерения индукции магнитного поля состоит из трёх основных действий:

1. Создать контакт постоянного магнита с неподвижной ферро-магнитной окружающей средой.
2. С помощью динамометра измерить силу отрыва магнита от внешней среды.
3. Измерить площадь контакта магнита с внешней средой.

Вывод расчётной формулы состоит из следующих преобразований:

1). По теореме об изменении энергии магнитного поля и работе сил магнитного поля следует:

$$A(F_{m/p}) = \Delta W_{m/p}.$$

2). Работа сил магнитного поля равна:

$$A(F_{m/p}) = F_{m/p} \Delta l$$

3). Изменение энергии магнитного поля определяется выражением:

$$\Delta W = \mu \mu_0 H^2 \Delta V / 2,$$

где $\mu=1$ – относительная магнитная проницаемость воздуха;

$\mu_0 = 4\pi * 10^{-7}$ Гн/м - магнитная проницаемость вакуума;

$\Delta V = S \Delta l$ – изменение объёма магнитно-контактной среды.

4) По VI закону Максвелла следует:

$$B^2 = \mu^2 \mu_0 H^2 \text{ и } H^2 = \frac{B^2}{\mu^2 \mu_0}$$

тогда

$$F_{m/p} \Delta l = \frac{\mu \mu_0}{2} \cdot \frac{B^2}{\mu^2 \mu_0} \cdot S \Delta l$$

Поэтому индукция магнитного поля равна:

$$B^2 = \frac{2 \mu \mu_0 F_{m/p}}{S} \text{ и } B = \sqrt{\frac{2 \mu \mu_0 F_{m/p}}{S}}.$$

5) Обработка базы данных показала, что при силе магнитного взаимодействия постоянного магнита $F_{m/p}=93$ Н и площади магнитного взаимодействия $S=22 * 10^{-4}$ м² индукция магнитного поля равна $B=0,3258$ Тл.

6) Расчёт погрешности измерений происходит по традиционной методике с определением относительной погрешности измерений по половинному значению последней значащей цифры.

Дальнейшее решение проблемы исследования связываем с: базисно-обобщённой звездой Эрцгаммы гиперпространства жизнедеятельности; базисно-обобщённым целостно-системным циклом жизнедеятельности; базисно-обобщённой звездой Эрцгаммы системного анализа; базисно-обобщённым проявлением двенадцати этапов познавательного гиперпространства жизнедеятельности относительно образовательного процесса; базисно-обобщённым выражением двенадцати этапов целостно-системного действия [7, с.27].

Задача об установлении уровня загрязнения окружающей среды в процессе мобильной телефонной связи.

Актуальность данной темы определяется установлением уровня загрязнения окружающей среды в процессе мобильной телефонной связи.

Объектом исследования является система взаимодействия источников электромагнитных полей с окружающей социальной и природной средой.

Предметом исследования является исследование взаимодействия источников электромагнитных полей с окружающей социальной средой.

Методом исследования служить целостно-системный анализ литературных источников и изменение действия мобильной связи на оператора.

Гипотеза исследования. Мобильная связь мощность до четырёх Ватт оказывает высокое пондемоторное действие начиная с ушной раковины площадью отверстия 1,14 см².

В Государственном докладе о санитарно-эпидемиологической обстановке, электромагнитные поля в рейтинге физических факторов, воздействующих на жителей населенных пунктов, занимает четвертое место. Основными источниками электромагнитных полей (ЭМП) радиочастотного диапазона являются радиотехнические объекты связи, радио-телевещания и радионавигации. Число передающих объектов связи стремительно растет, что в

первую очередь обусловлено развитием систем мобильной связи, включающей увеличение количества передатчиков (базовых станций сотовой связи – БС), а также реконструкцию имеющихся объектов в целях внедрения систем коммуникаций третьего (3G) и четвертого (4G) поколений. Под Базовыми Станциями принято понимать комплекс радиопередающей аппаратуры (ретрансляторов и приемопередатчиков), осуществляющих связь с сотовыми телефонами. По официальным данным в последнее время существенно увеличилось числа измерений электромагнитных полей при обследовании радиотехнических объектов связи. В 2008 г. по России было проведено около 282 тысяч таких измерений, в 2012 г. – более 720 тысяч. Это свидетельствует о возрастающей гигиенической значимости ЭМП, как фактора, оказывающего неблагоприятное влияние на население.

Существенное негативное воздействие на человека электромагнитных полей подтверждают официальные источники. Считается доказанными эффекты в отношении формирования опухолей головного мозга при длительном использовании сотовых телефонов. Сотовая связь является одним из неконтролируемых источников электромагнитной нагрузки на население. В крупных городах суммарная мощность ЭМП абонентских терминалов и БС превышает мощность всех других радиотехнических объектов в диапазоне частот 300 МГц – 3,5 ГГц.

Если проанализировать ситуацию установления уровня загрязнения окружающей среды в процессе мобильной телефонной связи одного из районов крупного города оценить экологическую ситуацию и возможные риски для здоровья населения в связи с загрязнением окружающей среды электромагнитными полями БС. На территории стандартного района которого среди всех передающих радиотехнических объектов по относительной численности ведущее место (84 %) занимают БС. На территории стандартного района может находиться до 112 БС, на каждой из которых размещено от 1 до 6 передатчиков (общее количество передатчиков – 486). В состав БС входят передатчики различных диапазонов частот от 390 до 2416 МГц с излучаемой мощностью от 0,5 до 80 Вт. На территории района БС располагаются в основном на крышах жилых домов.

Электромагнитное загрязнение территории района оценивали на основе данных о плотности потока энергии (ППЭ) электромагнитного поля (ЭМП). Расчет надо анализировать для трех высот – 2, 15 и 30 м от поверхности земли, для учёта синергическое взаимодействие факторов окружающей среды.

Целостно-системное решение данной проблемы связывается с: базисно-обобщённой звездой Эрграммы гиперпространства жизнедеятельности; базисно-обобщённым целостно-системным циклом жизнедеятельности; базисно-обобщённой звездой Эрграммы системного анализа; базисно-обобщён-

ным проявлением двенадцати этапов и форм познавательного гиперпространства жизнедеятельности относительно образовательного процесса; базисным выражением двенадцати этапов целостно-системного действия [8, с.48].

При этом важно раскрыть всю структуру каждого пространства относительно установления уровня загрязнения окружающей среды в процессе мобильной телефонной связи. Последовательная структура системного анализа проблемы начинается с установления уровня загрязнения окружающей среды в процессе мобильной телефонной связи как системы. Далее представляются условия уровня загрязнения окружающей среды в процессе мобильной телефонной связи. Исследуются целостные свойства загрязнения окружающей среды в процессе мобильной телефонной связи относительно пространственных, временных, силовых и энергетических показателей. Что позволяет исследовать системные свойства уровня загрязнения окружающей среды в процессе мобильной телефонной связи.

Список литературы

1. Гальперин П.Я. Введение в психологию. М.: Университет, 2000. С. 336.
2. Балеева С.А. Образовательные ресурсы дистанционной подготовки специалистов для морской отрасли // The Scientific Heritage. 2021. № 61-3 (61). С. 3-5.
3. Мищик С.А. Развитие целостно-системного цикла жизнедеятельности в условиях дистанционного обучения // The Scientific Heritage. 2020. № 57-4 (57). С. 32-35.
4. Мищик С.А. Целостно-системный цикл учебной жизнедеятельности – модель профессиональной деятельности широкопрофильного специалиста // Деятельностная теория учения: современное состояние и перспективы: материалы Международной научной конференции (Москва, 6–8 февраля 2014 г.). М.: Изд-во Московского университета, 2014. С. 352–354.
5. Мищик С.А. Педагогометрика и математическое моделирование учебной деятельности // Modern mathematics in science: материалы Международной научной конференции (International Academy of Theoretical & Applied Science, 30 июня 2014 г.). Caracas, Venezuela, 2014. № 6. С. 54–56.
6. Мищик С.А. Развитие структуры целостно-системного учебного действия // Деятельностный подход к образованию в цифровом обществе: материалы Международной научной конференции (Москва, 13–15 декабря 2018 г.); Факультет психологии МГУ имени М.В. Ломоносова; Российское психологическое общество. М.: Изд-во Московского университета, 2018. С. 225–227.
7. Решетова З.А. К вопросу о механизмах усвоения и развития. // Национальный психологический журнал. 2013. № 1. С. 25–32.
8. Турчин А.С. Семиотическая функция и процесс обучения. Монография. СПб.: Изд-во НУ «Центр стратегических исследований», 2019. 132 с.

ЯВИЩЕ ПОПЕРЕЧНОГО РЕЗОНАНСУ В ЗАВИТЦІ ВНУТРІШНЬОГО ВУХА ЖИВИХ ІСТОТ

Семотюк М.В.

*Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України
м. Київ, Україна*

THE PHENOMENON OF TRANSVERSE RESONANCE IN THE COCHLEA OF THE INNER EAR OF LIVING BEINGS

Semotuk M.

*Institute of Cybernetics. V.M. Glushkova NAS of Ukraine
Kyiv, Ukraine*

DOI: [10.24412/9215-0365-2021-75-2-40-48](https://doi.org/10.24412/9215-0365-2021-75-2-40-48)

Анотація

Розглянуто явище поперечного резонансу та поперечних стоячих хвиль, що мають місце в завитці вуха живих істот. Показано, що передумовою їх виникнення є форма завитки, яка представляє собою конічну акустичну трубку закручено в спіраль, що має неоднорідності на своїй внутрішній поверхні. Така конструкція завитки дозволяє проводити аналіз складових звукових сигналів по типу аналізатора спектра при відповідній інтерпретації фізичних процесів, що відбуваються в вусі. Зроблено також висновок, що перетинчастий лабіринт (середня протока), що складається з системи мембрани та кортівого органу є лише системою збору та підсилення інформації впродовж завитки, а все разом дозволяє створити нову максимально правдоподібну хвильову модель слухової системи живих істот.

Abstract

The phenomenon of transverse resonance and transverse standing waves in the cochlea of living beings is considered. It is shown that the cause of their occurrence is the shape of the curl, which is a conical acoustic tube, twisted into a spiral, which has inhomogeneities on its inner surface. This design of the cochlea makes it possible to analyze the components of sound signals like a spectrum analyzer with an appropriate interpretation of the physical processes occurring in the ear. It was also concluded that the membranous labyrinth (middle canal), consisting of a system of membranes and the organ of Corti, is only a system for collecting and amplifying information during a curl, and all together allows us to create a new maximally plausible wave model of the auditory system of living beings.

Ключові слова: завитка, мембрана Рейсснера, базиллярна мембрана, поперечний резонанс, пружна хвilia, біжуча хвilia, стояча хвilia, хвilia зсуву, частота, різниця частот, тиск, внутрішнє вухо, середнє вухо.

Keywords: cochlea, Reissner's membrane, basilar membrane, transverse resonance, elastic wave, traveling wave, standing wave, shear wave, frequency, frequency difference, pressure, inner ear, middle ear.

Вступ. Рівень цивілізованості суспільства багато в чому визначається ставленням його до професійної в соціальному статусі групи населення, зокрема до людей з обмеженими функціональними можливостями, їхніх сімей тощо. Проблема втрати зору є актуальною у всіх країнах. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я в світі налічується близько понад 285 млн. людей з порушенням зору, з них 45 млн. повністю сліпі. Приблизно 90% людей, які страждають від порушень зору, живуть в країнах, що розвиваються. В Україні точної офіційної статистики щодо кількості людей з порушеннями зору немає, за неофіційними даними - це приблизно 100 тис. осіб, з них понад 10 тис. - діти, а їх число постійно збільшується. Зауважимо, що проблема інтеграції в соціум осіб із вадами зору має комплексний, мультидисциплінарний характер і є загальним предметним полем різних наук: фізики, кібернетики, соціології, дефектології, медицини, генетики, загальної, спеціальної і соціальної психології, соціальної та корекційної педагогіки.

Зазначимо, що найактуальнішою проблемою осіб із вадами зору є проблема орієнтації в навколошньому середовищі та сприйняття світу людьми.

Хоч зараз в світі існує дуже значний арсенал смарт-систем з елементами штучного інтелекту, але найбільш артикульований попит, що представлений в сфері життєдіяльності людини з вадами зору, не є задоволеним. Це обумовлено тим, що на сьогодні немає єдиної достовірної теорії [1], що пояснює всі аспекти сприйняття звуку людиною. Деякі з існуючих теорій: струнна теорія Гельмгольца; теорія біжучої хвилі Бекеші; мікрофонна теорія; електромеханічна теорія; не є чисто фізичними, а психоакустичними моделями, що засновані на даних досліджень, що проводяться медиками на різних людях, а тому не збігаються з біофізикою вуха, так як це має місце в технічних системах. Це в свою чергу не дає можливості створити необхідні засоби реабілітації людей з вадами зору.

Основним недоліком існуючих теорій слуху є те, що вони розглядають тільки окремі аспекти слуху людини не враховуючи саму будову вуха людини в сукупності. При цьому виникають ряд питань на які ці теорії не дають відповіді.

1. Якщо у завитці вуха розповсюджується звукова хвilia, а її швидкість в перилімфі, якою заповнений її канал становить приблизно 1500 м/сек.,

то, скажімо, для виміру частоти в 100 Гц необхідно мати довжину завитки по крайній мірі 15м, аби зафіксувати хоча б один період цієї частоти, в той час як його довжина складає всього лише 3.2 см. Оскільки в відповідності з тезою невизначеності Гейзенберга, одночасно поміряти амплітуду сигналу і його частоту не можливо, то це повинна зробити нейронна мережа мозку людини за допомогою лічильника часу. Однак такі «прилади» в нейронній мережі мозку теж не виявлено.

2. Чому лабірінт равлика скручений в спіраль?
3. Чому цей лабірінт має форму конуса?
4. Чому він поділений на три канали двома мембраниами, мембраною Рейсснера і базилярною мембраною?

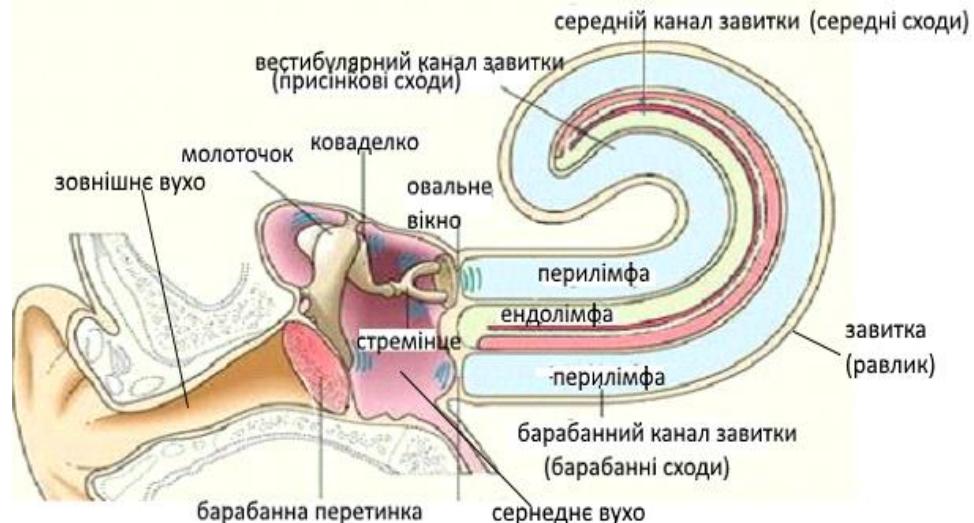


Рис. 1. Схематична будова вуха людини і механізм сприйняття звуку людиною.

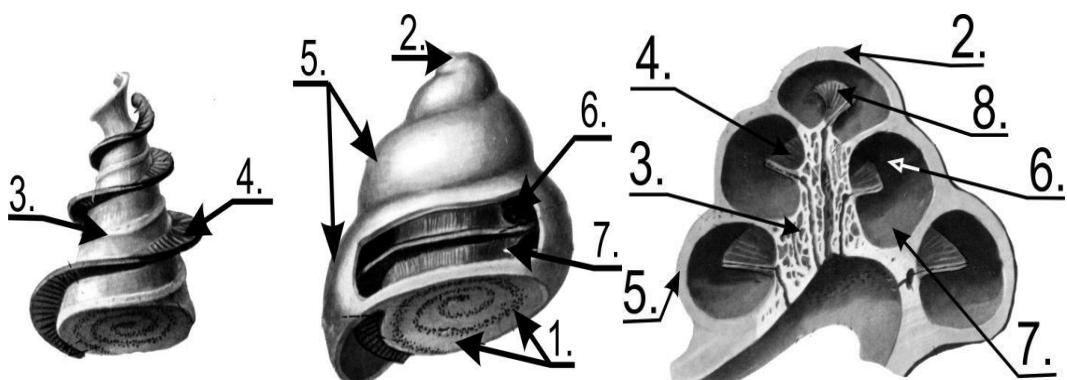


Рис. 2. Будова кісткової завитки.

1 - підставка завитки, 2 - купол завитки, 3 - стрижень завитки, 4 - кісткова спіральна пластинка, 5 - спіральний канал завитки, 6 - вестибулярні сходи, 7 - барабанні сходи, 8 - гачок спіральної пластинки.

Кістковий лабірінт - це кісткова оболонка значної щільноті, єдина кісткова структура організму, в якій не припиняється механізм перебудови кістки. У завитці кісткова частина представлена веретеном і спіральним каналом равлика, 2,5 рази оточуючим веретено. Спіральний канал равликового ходу розділяється на 3 просвіти каналу. Присінок або вестибулярний канал завитки (вестибулярні сходи), з'єднаний з овальним вікном, та створений мембраною Рейсснера равликового ходу та кістковою оболонкою ходу. Барабанні сходи, закриті базилярною мембраною та круглим вікном (рис. 1). Барабанні

сходи та присінок заповнені рідиною, так званою перилімфою. Вони з'єднуються на верхівці завитки гелікотремою. Перетинчаста частина завитки утворює спіральний равликовий хід, який має на поперецьному розрізі форму трикутника, утвореного згаданими оболонками: знизу - базилярною мембраною, зверху - мембраною Рейсснера. Равликовий хід, розташований між вестибулярними і барабанними сходами утворює т.зв. середні сходи (перетинчастий лабірінт), наповнену ендолімфою. Він закінчується з обох сторін сліпими кінцями: вгорі, прилеглих до гелікотреми, а внизу – до присінка.

I це далеко не всі питання на які не має достовірної відповіді, тому розглянемо будову вуха [2], яка схематично показана на рис. 1.

З рисунка видно, що вухо складається з трьох частин зовнішнього вуха, середнього вуха з барабанною перетинкою, молоточком, коваделком, та стремінцем та внутрішнього вуха, яким є завитка (равлик) де проходить аналіз звукових сигналів. Канал равлика або кістковий лабірінт є сплющений конус, рис.2

Основна частина. Тепер можна дати інтерпретацію принципу роботи слухового аналізатора, користуючись методом уявного експерименту, що часто використовується в різних галузях знань, як теоретичній фізиці, біології тощо, та максимальної правдоподібності фізичних процесів, що проходять в вусі, так як бачить ці процеси інженер-акустик. Викладемо їх у виді деяких постулатів, що пояснюють цю роботу.

1. Людина не сприймає звукові сигнали безпосередньо. Вона перетворює звукові коливання в коливання рідини завитки внутрішнього вуха, відомі в фізиці під назвою хвиль зсуву[3]. Це обумовлено тим, що звукові хвилі середнього вуха безпосередньо не можуть бути передані в рідину, якою

заповнено внутрішнє вухо, так як звукова хвиля відбувається від розділу середовищ. Тобто звукова хвиля так просто не попадає в вестибулярний канал завитки.

2. Перетворення звукових коливань в хвилю в перилімфі здійснюється середнім вухом людини, де є всі необхідні «інструменти» як барабанна перетинка, що сприймає звукові коливання, важіль у вигляді двох слухових кісточок (молоточок, коваделко) і стремінце, яке є тим поршеньком, що розхитує перилімфу в каналі завитки і утворює пружну хвилю, рис. 3. Ця хвиля створюється мемброною Рейсснера за рахунок її еластичних властивостей і є прототипом відомої в медицині пульсової хвилі.

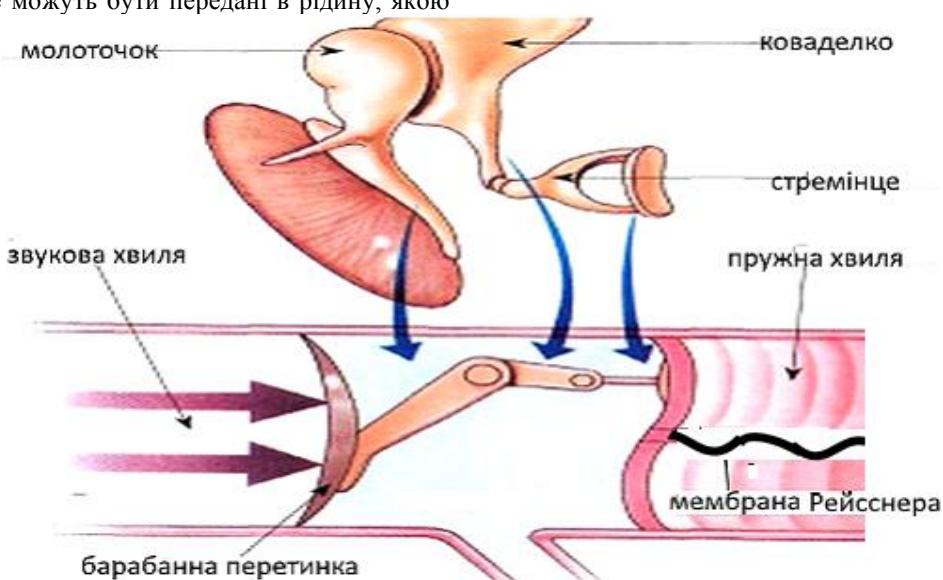


Рис 3. Механізм перетворення звукової хвилі в пружну хвилю.

3. Біжуча пружна хвиллю, утворена мембрanoю Рейсснера з однаковою еластичністю на протязі всієї своєї довжини, має швидкість, що становить приблизно 4-5 м/сек., на відміну від швидкості звуку в рідині 1500м/сек. Це дозволило мініторизувати слухову систему людини, в іншому випадку довжина каналу завитки повинна бути не менше десятка метрів. Про існування таких хвиль свідчить робота виконана в університеті Рокфеллера США [4].

4. Звукова хвиля являє собою поздовжню хвиллю, в якій коливання відбуваються вздовж напрямку поширення. Пружна ж хвиля, що утворюється на мембрanoі Рейсснера [4], є поперечною хвиллю, в якій коливання відбуваються в напрямі перпендикулярному до напрямку поширення хвилі, рис. 4. Це створює передумови до утворення поперечних хвиль зсуву в каналі завитки.

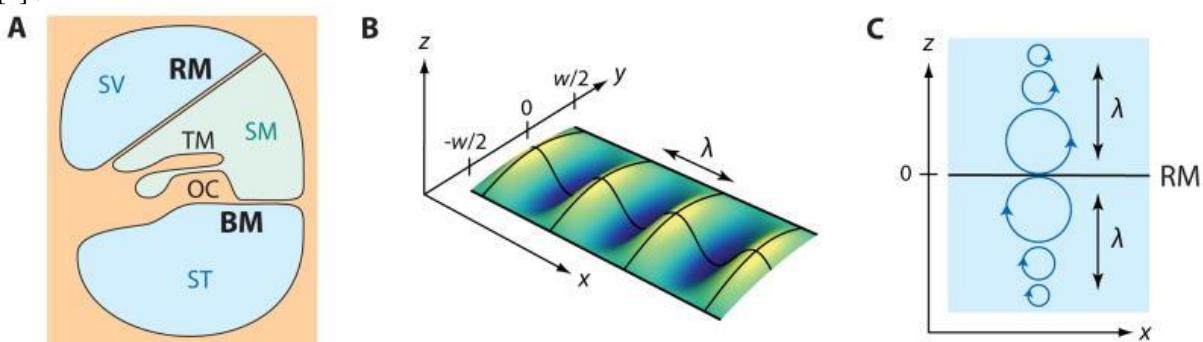


Рис. 4. Поперечна пружна хвиля на мембрани Рейсснера.

5. Пружні коливання, що виникають від руху стремінця за рахунок пружних властивостей Рейсснерової мембрани, поширяються уздовж ве-

стибулярного каналу завитки до гелікотреми у вигляді біжучої хвилі. Частина хвилі відбувається від гелікотреми, а частина хвилі проходить через отвір в гелікотреми. Відбита хвилля змінює свою фазу на

180°, в той час як хвиля, що проходить гелікотрему, не змінює свою фазу. Тож, відбита хвиля в вестибулярних сходах і пряма хвиля в барабанних сходах компенсують одна одну в середніх сходах спіраль-

ного завиткового ходу між Рейсснеровою і базилярної мембрани і в каналі завитки немає відбитої хвилі, рис. 5. Таким чином, еволюція придумала простий спосіб компенсації відбитої хвилі за рахунок відповідного діаметра отвору гелікотреми.

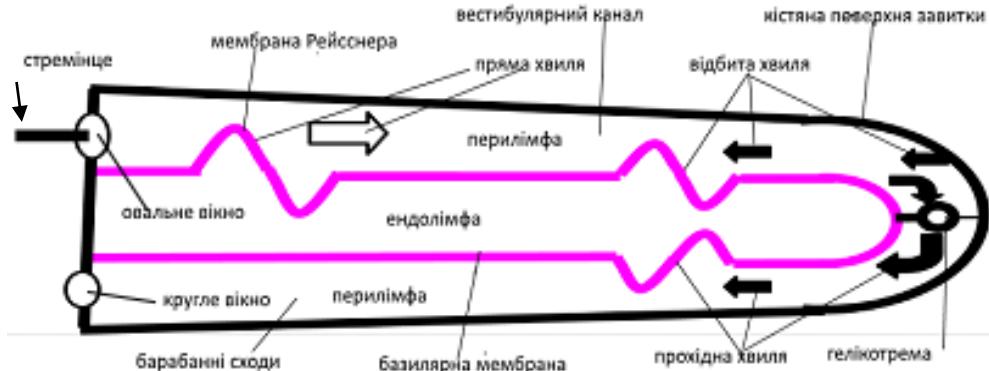


Рис. 5. Компенсація відбитої хвилі.

6. Поперечна складова біжучої хвилі, яка утворена мембраною Рейсснера, в середніх сходах равликового ходу проходить скрізь базилярну мембрани в порожнину барабанних сходів, де відстань між базилярною мембраною та внутрішньою кістковою поверхнею зменшується за рахунок деформації мембрани круглого вікна, оскільки перилімфа, як рідина, не стискається, але є в'язкою. Далі ця хвиля відбивається від кісткової поверхні барабанних сходів і повертається назад через базилярну мембрани, проходить порожнину середніх сходів і вертається через мембрани Рейсснера в порожнину вестибулярних сходів. У тому місці, де поперечний переріз каналу завитки (її діаметр) дорівнює половині довжині хвилі, утворюється стояча хвиля, рис.

6, оскільки в конічному перетині завитки зажди знайдеться підходящий поперечний переріз з діаметром $D = \lambda/2$. В даному випадку маємо діло з відомим явищем поперечного резонансу [6].

7. Нехай рівняння прямої поперечної хвилі має вид $s_1 = A \cos(\omega t + \varphi)$, а відбитої $s_2 = A \cos(\omega t - \varphi(D))$, де φ - фаза прямої поперечної хвилі, а $\varphi(D)$ – фаза відбитої хвилі, що є функцією діаметра поперечного перерізу каналу завитки, а A її амплітуда. Тоді їх сума

$$s = s_1 + s_2 = 2A \cos(\varphi - \varphi(D)/2) \cos(\omega t + (\varphi + \varphi(D)/2)$$

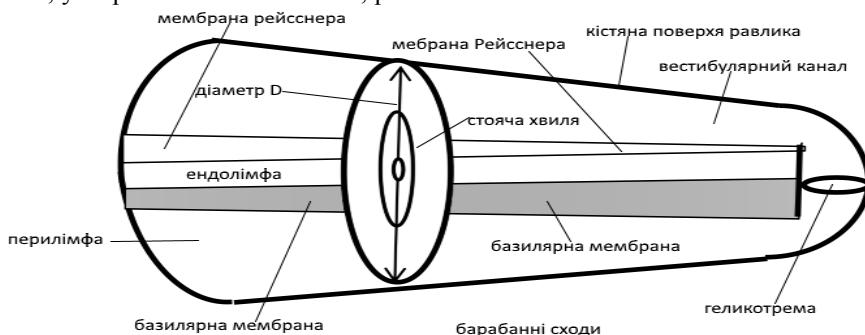


Рис. 6. Механізм утворення стоячої хвилі в каналі завитки.

З цього виразу видно, що член $2A \cos(\varphi - \varphi(D)/2)$ представляє амплітуду цього коливання, а $\cos(\omega t + (\varphi + \varphi(D)/2))$ описує самий коливальний процес. Очевидно, що коли різниця фаз $(\varphi - \varphi(D)/2)$ в залежності від діаметра каналу завитки буде рівною нулю то, якраз, в цьому місці ми і маємо поперечний резонанс, бо амплітуда буде в цьому місці найбільшою і рівною $2A$. Очевидно також, що віддаляючись від зазначеного місця ця амплітуда буде падати за косинусним законом і в тому поперечному

перерізі каналу завитки, де різниця цих фаз стане рівною 90° , там буде амплітуда, що дорівнює нулю. Віддаляючись далі цього місця ми будемо спостерігати знову збільшення амплітуди коливань. Ця амплітуда знову досягне максимуму в тому поперечному перерізі де він буде кратним $D = 2*\lambda/2$ і так далі. Очевидно що в ми маємо справу з інтерференцією хвиль зсуву [3], тобто чергуванням максимумів та мінімумів. Це буде виглядати так, як показано на рис. 7 (патерн (узор) стоячої хвилі).

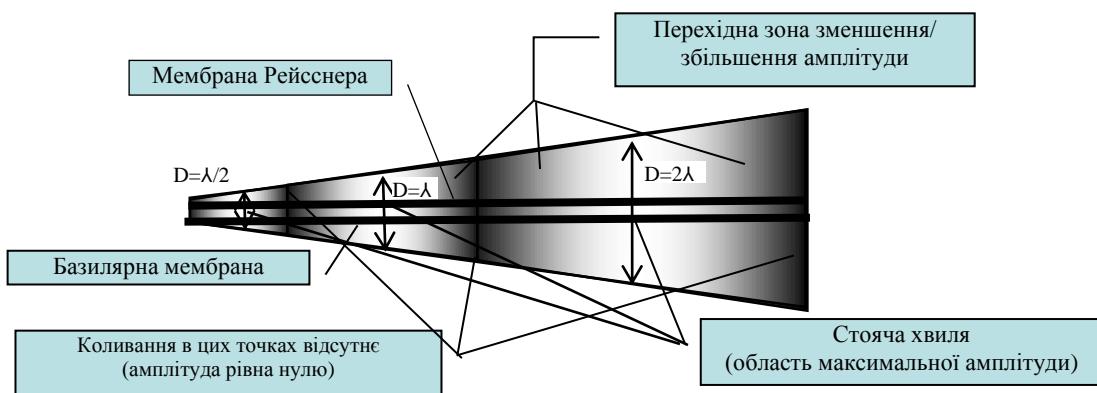


Рис. 7. Патерн (рисунок) стоячої хвилі фіксованої частоти.

8. Зауважимо, що в точках максимуму амплітуди вузли стоячої хвилі будуть знаходитися на кістковій поверхні каналу завитки, в той час як в переходній зоні мі цього сказати не можемо, оскільки немає даних про швидкість біжучої хвилі в мембрани Рейсснера. Однак це не так уже і важно, а важко те в точках мінімуму і максимуму буде стабільний процес і ці точки будуть прив'язані, як кажуть, до свого місця, тобто їх завжди можна точно визначити. Тоді дві мембрани, мембрана Рейсснера та базиллярна мембрана, будуть синхронно коливатися в цих місцях, однак з різними але постійними

фазами. Постійна різниця фаз в точках максимуму та мінімуму, (тобто в області стоячої хвилі) створить майже постійний тиск між цими мембраними в середніх сходах, рис.8. Це в свою чергу приведе до майже постійного, на час коливання, часткового об'єму рідини (ендолімфи) між цими мембраними і, як наслідок, постійного на час коливання заряду цієї ділянки рідини. Ця величина заряду читається волосковими клітинами базиллярної мембрани і передається далі нейронам слухової системи.

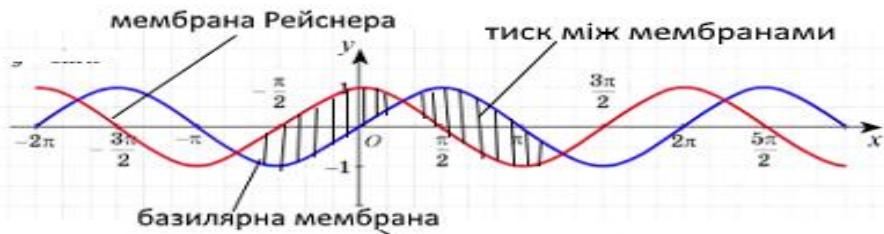


Рис. 8. Залежність тиску між мембраною Рейсснера та базиллярною мембрanoю

9. Оскільки протяжність самих звукових сигналів, які сприймаються живими істотами в часі, від 20мсек для мовних сигналів до 200мсек музичних звуків, значно більша ніж періоди його складових частот, але величина тиску між мембраними буде майже постійною на протязі часу дії того чи іншого звукового сигналу, то за такий час нейронна мережа мозку читає їх характеристики по крайній мірі 20 раз, виходячи з швидкодії нейронів в 1 кГц, узгоджуючи, таким чином, недостачу їх швидкодії.

10. Зазначимо також, що згадувана вище інтерференція не може бути сфотографованою швидкісною камерою, так як це ми можемо зробити для

хвиль світла, бо вона розвивається в часі і напряму пов'язана з швидкістю біжучої хвилі в мембрани Рейсснера. Тобто максимуми амплітудних значень стоячих хвиль за косинусним законом, про який говорилося вище, не є одночасними, а є їй функціями часу. З другої сторони чергування цих максимумів більше нагадує процес біжучих вогнів, а це в свою чергу створює ілюзію біжучої хвилі в базиллярній мембрані, що і було визначено дослідами Бекеші. Тобто біжучої хвилі в базиллярній мембрані в класичному її розумінні немає, а її ілюзію створює взаємодія поперечних стоячих хвиль в каналі завитки рис. 9, запозичений з [4].

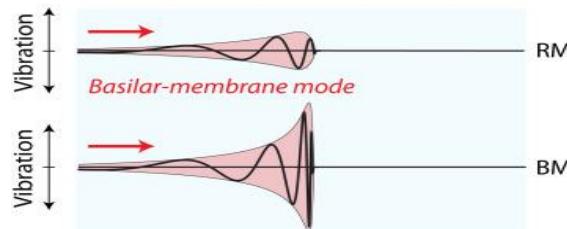


Рис. 9. Коливання базиллярної мембрани

11. Вибравши два близьких діаметра поперечного перерізу ходу завитки, який представляє собою конус, в співвідношенні один до двох і розбивши цю ділянку цього ходу 12 рівних частин, отримаємо в цих перетинах стоячі хвилі з довжинами, що відповідають частотами нотного ряду, тобто

$$f_{i+1}/f_i = \sqrt[12]{2}$$

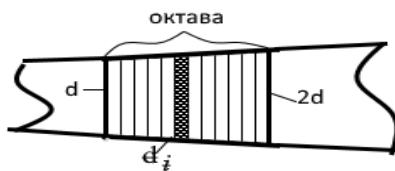


Рис. 10. Розподіл довжин хвиль (частот) в каналі завитки ($d_i = \lambda_i/2 = d \cdot \sqrt[12]{2}$)

12. Людина добре розрізняє музичні твори, тобто вона досить точно визначає частоти нотного ряду. Це означає, що добротність, а разом з тим ви-

$$Q = (f_i + f_{i+1}) / 2 * (f_{i+1} - f_i) = (f_i + \sqrt[12]{2} * f_i) / 2 * (\sqrt[12]{2} * f_i - f_i) = (1 + \sqrt[12]{2}) / 2 * (\sqrt[12]{2} - 1) \approx 17,32. \quad (1)$$

Пасивні системи, а вухо людини є пасивною системою, оскільки не має в своєму складі підсилюючих елементів, мають добротність на рівні 1-2 і тільки явище поперечного резонансу дозволяє отримати таку добротність. Не викликає теж довіри твердження, що зв'язані між собою живі клітини базиллярної мембрани мають таку добротність, оскільки не видно із-за чого може бути підсилення сигналу той час, як в стоячій хвилі перший її період збільшує амплітуду сигналу вдвічі. А далі ще більше, поки не настане рівновага між припливом енергії з біжутої хвилі та втратами цієї енергії на внутрішнє тертя в перилімфі, як у в'язкій рідині. Стояча хвilia веде себе як „чорна діра” поглинаючи енергію біжутої хвилі, тому в хвилеводах є паразитним явищем, що порушує його нормальну роботу, а еволюція навпаки, зробила її корисним явищем. Тобто такий процес можна ототожнювати з роботою відомого режекторного фільтра, що поглинає енергію окремої частоти не впливаючи на інші і широко використовується в радіотехніці.

13. Більшість моделей вуха розглядає завитку вуха в розгорнутому виді, вважаючи, що скручена

Кількість частот цієї ділянки є октавою, рис. 10. При цьому, це співвідношення, розподілене по довжині завитки прив'язане, як кажуть, до місця в межах зазначеного співвідношення, є майже лінійним (помилка коливається в сотих частках міліметра). Таким чином, саме конічна форма завитки і дає можливість аналізувати частотний склад звукових сигналів.

бірковість (тобто здатність розрізняти) слухової системи людини є досить високою і визначається наступним співвідношенням

$$Q = (f_i + f_{i+1}) / 2 * (f_{i+1} - f_i) = (1 + \sqrt[12]{2}) / 2 * (\sqrt[12]{2} - 1) \approx 17,32. \quad (1)$$

в спіраль завитка, рис. 2, не впливає на сутність фізичних процесів, що відбуваються в внутрішньому вусі [5]. Однак це не так. Спираючись на дослідження отоакустичної емісії, що проведені співробітниками університету Рокфеллера [4], хвilia що утворюється в мембрані Рейсснера є сферичною хвиллю, рис. 4-В. Це докорінно міняє суть діла. Сферична хвilia це хвilia, фронт якої є сфорою. Вектор фазової швидкості сферичної хвилі розходиться і орієнтований в радіальному напрямку від джерела (хвilia радіально розходиться від джерела або сходиться - до джерела). Тоді в поперечному перетині конуса завитки ми будемо мати кругову хвиллю, обмеженою внутрішньою поверхнею каналу завитки, яку можна ілюструвати рис. 10, запозиченим з інтернетресурсу <https://www.slideshare.net/AlexVoronkin/3-10848108>. Очевидно, що енергія кругової хвилі, що є перетином сферичної хвилі, в цьому місці, буде зберігати своє значення за виключенням втрат на тертя в рідині. Однак, якщо завитка вуха мала б розгорнутий вид, то стоячої сферичної хвилі не існувало би, бо її енергія розтікалася би по всій довжині завитки рис. 12 а.

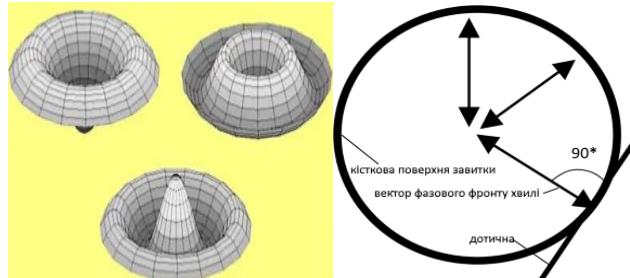


Рис. 11. Кругова хвilia в перетині завитки.

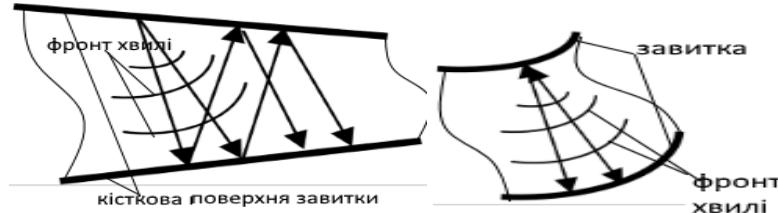


Рис. 12 а - розгорнута завитка Рис. 12 б – скрученя в спіраль

Але еволюція вирішила цю проблему, закрутівши конус завитки в спіраль таким чином, щоб кут падаючої хвилі дорівнював би куту відбитої хвилі, що дозволяє купірувати (сфокусувати) енергію сферичної хвилі, рис. 12 б. Тому то завитка і має конічну спіральну форму.

14. Розміри завитки, її довжина, кут конуса завитки від людини до людини варіюються. Наприклад, вона може мати різну довжину від 2.8 см до 3.4 см, тощо. Завитка також залежить від віку людини, вона росте разом з людиною і т.і. Тоді виникає питання відносно чого вухо сприймає частоти звукових сигналів. Але і тут еволюція „придумала” спосіб його вирішення. Розглянемо тепер середнє вухо, рис.1. порожнина середнього вуха, де розміщуються молоточок, коваделко та стремінце, є замкнутим простором, а, отже, є резонатором (резонатором Гельмгольца). Це означає що за рахунок енергії шумів навколошнього середовища в цій порожнині мають місце коливання, обумовлені резонансом цієї порожнини, а точніше її розмірами. Ці коливання обумовлені резонансом цієї порожнини приводять в дію і барабанну перетинку, яка в сою чергу створює зазначений вище поперечний резонанс в завитці. Таки чином в завитці є завжди стояча хвиля. Її відсутність приводить людину до неспокою, оскільки людина втраче свої звукові орієнтири. З другої сторони, наявність цих коливань приводить до стоячої хвилі в завитці, яка є, так би мовити, початком відліку, опорним сигналом, або точніше початком координат

нат, відносно яких ведеться подальший аналіз інших сигналів, оскільки ця частота коливань є стабільною і, як зазначалося, визначається фізичними розмірами порожнини середнього вуха. Таким чином, вухо само себе калібрює, тобто створює свою власну шкалу для вимірювання, яка конкретно прив’язана до визначеного на базиллярній мембрани місця, котре запам’ятовується нейронною мережею слухової системи людини.

15. Виникає питання, яким чином ми визначаємо частоти сигналів, які приходять у наше вухо, коли ми не прив’язуємося до якої не будь відомої для всіх частот. Але це не важко. Людина сприймає не абсолютне значення частоти, а її відносне значення. Так не виникає подиву, коли ми слухаємо ту чи іншу мелодію, що починається з тої чи іншої тональності. Сучасні музичні інструменти, маючи темперований стрій, дозволяють почати ту чи іншу мелодію з будь-якої ноти і ми цю мелодію розуміємо. Так само ми розуміємо мову, незалежно від того хто говорить чоловік, жінка або дитя. Тобто, відносне сприйняття частоти звуку є нормальним явищем і основним критерієм є не абсолютне значення цієї резонансної частоти середнього вуха, а її стабільність на протязі значного часу.

16. Далі виникає ще одне питання, яким чином ця частота враховується вухом. Тоді звернемося до амплітудної характеристики барабанної перетинки. На рис. 13 показана ця характеристика в залежності від амплітуди сигналу [7], що поступає з навколошнього середовища.

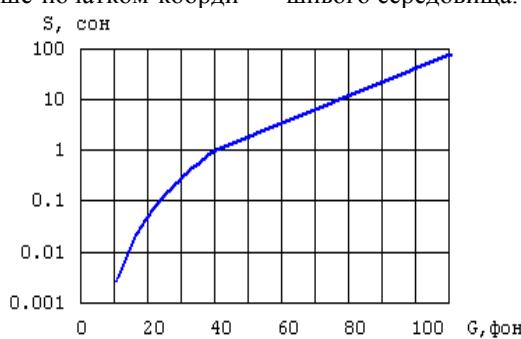


Рис.13. Залежність між гучністю та рівнем гучності барабанної перетинки.

З цього рисунка видно що це логарифмічна залежність і така форма її пов’язана з необхідністю зменшення динамічного діапазону входного сигналу та захисту слухової системи від перевантаження, оскільки надмірний сигнал може привести до втрати слуху. А з другої сторони з теорії вимірювань відомо, що коли треба правильно поміряти частоту, то необхідно стабілізувати амплітуду сигналу. І навпаки, коли треба правильно поміряти амплітуду цього сигналу треба стабілізувати його

частоту і це все прямо вітікає з принципу невизначеності Гейзенберга. Таким чином, цю функцію теж виконує барабанна перетинка. Однак вона має нелінійну характеристику. А з курсу радіотехніки відомо, якщо на нелінійний елемент подати два сигнали різної частоти (в нашому випадку сигнал з частотою резонансу порожнини середнього вуха та сигнал з навколошнього середовища) то виникають, хочемо ми цього чи не хочемо, комбінаційні частоти типу $f_r - f_s$ і $f_r + f_s$, де в нашому випадку f_r – частота резонансу порожнини середнього вуха, а

f_s - частота сигналу з навколошнього середовища. Оскільки завитка є аналізатором низьких частот, то вона сприймає тільки низько частотну складову, тобто $f_r - f_s$. З точки зору радіотехніки ми маємо супергетеродинній приймач прямого перетворення. Нам здається, що ми придумали цей приймач, але, як виявляється, еволюція вже давно ним користується.

17. Для підтвердження факту аналізу різниці частот завиткою розглянемо розподіл частот вдовж базилярної мембрани, знятого за принципом „чорного ящика” [7], тобто подається еталонний сигнал наперед визначеної частоти і фіксується реакція ба-

зиллярної мембрани, рис. 14. З цього рисунка 14а видно, що ці частоти розміщені не рівномірно, низькі частоти розрідженні, а високі згущені. Високі частоти розміщені в широкій частині завитки, а низькі в вузькій. Однак це вступає в протиріччя з явищем поперечного резонансу а також з теорією сигналів [8], з якої витікає, що чим вища частота сигналу тим ширшу смугу частот займає такий сигнал, а ми в данном випадку маємо все навпаки. Такий розподіл, рис. 14б, інтерпретується тим, що базилярна мембра має резонансні властивості (на кшталт струн роялю) і на цій властивості будується вибірковість системи в цілому. Оскільки ці характеристики зняті без

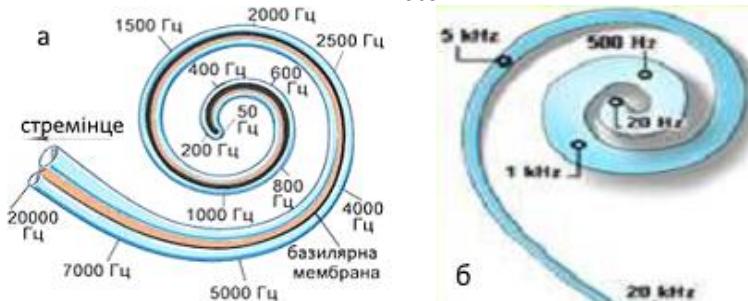


Рис. 14. Розподіл частот вдовж базилярної мембрани.

врахування різниці частот, то маємо помилковий розподіл частот або ілюзію, що пов’язана з методом „чорного ящика”. Якщо ми врахуємо різницю частот, то будемо мати наступний результат. Оскільки завитка сприймає різницю частот, то велику різницю частот (високі частоти) вона сприймає в вузькій частині свого каналу, а малу різницю (низькі частоти) в широкій її частині у відповідності до явища поперечного резонансу. Якщо різниця частот буде малою, то це означає що на вході слухової системи подано сигнал високої частоти і її відклик зафіксується в широкій її частині, тобто на самому вході завитки. Якщо різниця частот буде великою то це означає, що на вході подано низьку частоту і її відклик зафіксується в уже вузькій частині каналу. Отже фактично частоти на рисунку 14а і 14б треба поміняти місцями. Там де 50 Гц треба поставити 20 кГц. і навпаки. Тоді все узгоджується з теорією сигналів.

18. Зауважимо, що базилярна мембра має не однакову еластичність і ширину. Так на вході завитки, де за нашими даними аналізуються низькочастотні сигнали вона має більшу жорсткість і меншу ширину та їй ще більше товста, а на вершині завитки вона ширша, тонша та не така жорстка оскільки тут аналізуються високочастотні сигнали. Але така її конструкція продиктована не резонансними властивостями. Згадаємо, що принцип невизначеності Гейзенберга твердить, що одночасно визначити амплітуду сигналу та його частоту неможливо. Тоді для визначення частоти такий сигнал треба проаналізувати, тобто вирівняти його амплітуду на деякому сталому рівні. Барабанна перетинка частково виконує цю функцію, але не на достатньому рівні. Хоча логарифмування і звужує динамічний діапазон, але все рівно велика амплітуда буде більшою

чим мала амплітуда. Щоб компенсувати це еволюція і вибрала таку базилярну мембрани і з такими властивостями, рис. 14б. А якщо врахувати ще і затухання біжучої хвилі в мембрани Рейсснера, то така форма базилярної мембрани в кінцевому рахунку вирівнює, як кажуть спеціалісти з обробки сигналів, нерівномірність акустичної амплітудно-частотної характеристики завитки.

Висновки. Отже настав час підвести деякі підсумки в цій роботі і вони можуть б дещо бути несподіваними. Так з допомогою методу уявного експерименту та максимальної правдоподібності фізичних процесів, а також спираючись на результати великої кількості досліджень фізичних процесів внутрішнього вуха, що виконані дослідниками в різних куточках планети, вдалося описати явище поперечного резонансу, стоячі сферичні хвилі в завитці вуха людини і пояснити причинно наслідкову конструкцію самого вуха, що витікає із цих самих фізичних процесів, що мають місце в завитці. Зазвичай уявний експеримент тоді лише має сенс, якщо вдається його верифікувати фізичним експериментом. А чи можна це зробити? Так, на це можна дати ствердну відповідь. Для цього розглянемо завитку вуха без мембрани і органу Кортія, просто як конічну акустичну трубку, закручено в спіраль, рис.2, яка є своєрідним але звичайним хвилеводом. На внутрішній кістковій поверхні цієї завитки є виступи (гребінчики, східці, звідки і походить назва вестибулярні сходи, барабанні сходи і т. і.). Ці східці створюють необхідну нерівномірність внутрішньої поверхні завитки. А умовою появи поперечного резонансу і є ці однорідності. В роботі не приводиться формулі цього резонансу, оскільки їх можна знайти відповідній літературі по хвилеводам [6]. Але тут важко те, що коли явище поперечного

резонансу є в хвилеводах, то хочемо ми чи не хочемо, це явище є і в завитці вуха.

Таким чином, природа чи еволюція створила унікальний пристрій (процесор), що розкладає біжучу хвилю на складові у вигляді стоячих поперечних хвиль і тим самим проводить спектральний аналіз сигналів, при відповідній інтерпретації цих процесів. Тоді система мембрани та кортів орган є всього лише системою збору інформації (базиллярна мембрана, кортів орган), підсилення та нормування (мембрана Рейсснера) для передачі її в нейронну мережу мозку, оскільки її значення може мати малу величину. Перетинкова структура базиллярної мембрани (поперечні волокна і перетинковий лабіринт) придають вимірюванням дискретний характер.

Зазначимо також, що твердження, що в рідких і газоподібних середовищах може поширюватися тільки один тип пружних хвиль - поздовжні хвилі, не є вірним, оскільки поздовжня хвilia завжди має і поперечну складову, але її величина мала і ми не можемо знахтувати в тому чи іншому випадку. Є випадки що вона себе досить явно проявляє як в поперечному резонансі так і в дифракції (огинання) хвиль. Так як і немає строгих стоячих хвиль, завжди є домішок біжучої хвилі [9].

І нарешті треба сказати, що людство було близьким до того, щоб інтерпретувати роботу завитки за допомогою стоячих хвиль, мається теорія стоячих хвиль Евальда [10]. Суть цієї теорії в тому, що під час руху всередину завитки і назовні стремінце при надходженні акустичного сигналу в залежності від його складності створює так звані "звукові блоки" (патерни) в перилімфі завитки у вигляді "стовпчиків перилімфи" між базальною мембрanoю і стремінцем. В залежності від конфігурації акустичного сигналу ці "стовпчики" мають різну форму і, відповідно, створюватимуть різного роду "візерунки" коливання усієї базальної мембрани у вигляді стоячих хвиль. Згідно з цією теорією уся інформація про частоту і інтенсивність акустичного коливання, як і в телефонній теорії, відноситься до

сфери дії вищих структур слухової системі, що не підтвердилося надалі. У зв'язку з цим теорія Евальда не отримала суттєвого значення і на сьогодні являє тільки історичний інтерес.

Список літератури

1. Физический энциклопедический словарь/Гл. ред. А. М. Прохоров. Ред. коллегия Д. М. Алексеев, А. М. Бонч-Бруевич, А. С. Боровик-Романов и др. — М.: Сов. энцикл., 1983. — 928 с., стр. 579
2. Альтман Я.А. Слуховая система. — Л.: Наука, 1990. — 620 с.
3. Г. А. Мартынов, Общая теория распространения звуковых волн в жидкостях и газах, ТМФ, 2006, том 146, номер 2, 340–352 doi: <https://doi.org/10.4213/tmf2039>
4. Tobias Reichenbach, Aleksandra Stefanovic, Fumiaki Nin, A.J. Hudspeth.Waves on Reissner's Membrane: A Mechanism for the Propagation of Otoacoustic Emissions from the Cochlea /Howard Hughes Medical Institute and Laboratory of Sensory Neuroscience, The Rockefeller University, New York, NY 10065-6399, USA doi: 10.1016/j.celrep.2012.02.013
5. В. П. Варин, А. Г. Петров, Гидродинамическая модель слуховой улитки человека, Ж. вычисл. матем. и матем. физ., 2009, том 49, номер 9, 1708–1723
6. Ваганов Р.Б., Матвеев Р.Ф., Мериакри В.В. Многоволновые волноводы со случайными нерегулярностями. М.: Сов. радио. 1972. - 232 с.
7. Вологдин Э.И. Слух и восприятие звука: Курс лекций. - СПб.: СТ "Факультет ДВО", 2004. - 36 с.
8. Финк Л.М. Теория передачи сигналов. - М.: Связь, 1980. - 288 с
9. Попов П.В. Смирнова О.И. Изучение колебаний струны, лабораторная работа по курсу «Общая физика» Москва, МФТИ. 2021.
10. Акустика слуху/конспект лекцій/Київ КПІ ім. Ігоря Сікорського 2020, електронний ресурс: <https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/35008/1/Akustika.pdf>

COMPARATIVE STUDY OF CHITOSAN, PHOTOMODULATION AND PHYSICAL EXERCISES INFLUENCE ON OPERATING WOUNDS REGENERATION IN EXPERIMENT

*Uzakov T.,
Uzakov O.,
Uzakova A.*

*Kyrgyz State Medical Institute for Retraining and Advanced Training (KSMIR&AT)
named after S.B. Daniyarov*

International Higher School of Medicine - IUK AC

DOI: [10.24412/9215-0365-2021-75-2-49-51](https://doi.org/10.24412/9215-0365-2021-75-2-49-51)

Abstract

The study was carried out on 60 white Wistar rats, simulating a surgical wound. The rats were divided into 5 groups of 10 rats each. Group 1 is control - rats from this group were made an incision on the sidewall, abdominal wall, followed by natural healing within 10 days; Group 2 - an incision followed by the use of chitosan ointment; Group 3 - the wound was exposed to photostimulation treated with methylene blue; Group 4 - physical activity in the postoperative period on a treadmill for 30 minutes; Group 5 - complex application of chitosan, photostimulation, and physical activity.

Wound healing was recorded by determining the area, photo-fixation of the wound, and histological examinations of the skin and internal organs were performed.

Outcomes obtained: The best wound healing according to planimetry and histological studies was significant observed in group 5 with the complex treatment of the surgical wound.

Conclusions: The rehabilitation complex for large surgical wounds should include previously local effects of physiotherapeutic procedures and physical activity.

Keywords: surgical wound, rehabilitation, chitosan, photomodulation, and physical exercises.

The problem of effective healing of postoperative wounds is clear to every surgeon. Inflammation of the wound up to the suture line disruption is very common and often negates the effectiveness of the operation itself [10, 14]. Many ointments and surgical dressings are offered to prevent inflammation, in particular, based on chitosan [1, 2, 4, 6, 8, 12, and 13]. In addition, a proven fact is the effectiveness of the use in the early rehabilitation period of local exposure to the wound of physiotherapeutic procedures, in particular laser light therapy, polarized light, and photomodulation of the wound surface with stains with tropism to certain microbes [3, 5, 7]. There is evidence of an anti-inflammatory effect of low-intensity physical exercises in surgical wounds, while high-intensity exercises do not accelerate wound healing, at least against the background of diabetes mellitus [11, 15]. It has been shown that photomodulation enhances the anti-inflammatory effect of chitosan [9]. The above is most clearly reflected in surgical interventions on the abdominal wall [8, 16].

The aim of the work is to evaluate the effect of a complex of chitosan, photomodulation with methylene blue, and physical exercises on the postoperative wound healing in white rats in comparison with a natural process and an isolated action.

Material and Methods

The effect of a complex of chitosan, photomodulation with methylene blue, and physical exercises on the postoperative wound healing was studied in an experiment with 60 white rats of both sexes weighing 130-189 g. The animals are divided into 5 groups of 10 rats. Group 1 is control - rats from this group were made an incision on the sidewall, abdominal wall, followed

by natural healing within 10 days; Group 2 - an incision followed by the use of chitosan ointment; Group 3 - the wound was exposed to photostimulation treated with methylene blue; Group 4 - physical activity in the post-operative period on a treadmill for 30 minutes; Group 5 - complex application of chitosan, photostimulation, and physical activity. Wound healing was recorded by photographing by determining the area and speed of wound healing. On day 10, the animals were killed under hexenal anesthesia. The severity of lympho-leukocyte infiltration, plethora was determined, and the presence of dystrophy of internal organs was also observed on histological skin sections stained with hematoxylin and eosin. The cellular composition of the separated wound was determined on Pap smears stained according to Romanowsky-Giemsa.

Outcomes Obtained and their Discussion

There were no deaths of rats. The initial area of the wound with a line disruption by 3 mm and an incision length of 30 mm was 90 mm². On the second day, the wound area slightly increased in all groups (Table 1). Wound serous drainage was observed. The edges and bottom are edematous, hyperemic. Neutrophils in the experimental group are from 20 to 37%, lymphocytes - 38 - 39%, macrophages - 25 - 42%. On day 10, neutrophils remain the main cellular component (45%) in the wound fluid in control rats, with slightly fewer lymphocytes, which indicates the chronicity of the process, and macrophages are a minor fraction. In the group with the combined effect of three factors, a significantly lower number of leukocytes are found than in the groups with an isolated action.

Table 1.

Surgical wound area (mm²) for different methods of surgical wound rehabilitation in rats

Group	2 days	5 days	7 days	10 days
1	129±24	389±36**	365±25	221±18**
2	130±30	231±31**, *	210±20*	90±15**, *
3	115±29	216±30**, *	215±20*	122±18**, *
4	121±22	207±31**, *	211±22*	98±27**, *
5	122±25	219±20**, *	199±18*	48±16**, *

Note:

* - the difference compared with the control group is significant, p<0,05;

** - the difference compared to the previous period is significant, p<0,05.

Table 2.

Dynamics of the wound cytological composition (in%) with different methods of surgical wound rehabilitation in rats

Group	5 days			10 days		
	Neutroph.	Lymph.	Macroph.	Neutroph.	Lymph.	Macroph.
1	92±2.4	4±1.3	2.9±0.9	43±2.1	41±1.9	14±1.8
2	36±2.5	37±2.6	26±2.2	14.5±1.3	46±2.2	37±2.1
3	37±2.3	37±2.3	24±2.3	12±1.3	40±2.1	48±2.1
4	33±3.1	35±2.8	26±2.6	13.5±1.3	41.5±1.7	45±2.1
5	21±2.1	37±2.2	43±2.3	8.8±1.2	42.1±2.2	51±2.3

Note:

* - the difference compared with the control group is significant, p<0,05;

** - the difference compared to the previous period is significant, p<0,05.

Conclusions: Thus, the data obtained indicate that moderate physical activity enhances the anti-inflammatory effect of chitosan and photomodulation. Extrapolating to the clinic, we can say that the rehabilitation complex for large surgical wounds should include early local impact of physiotherapy procedures and physical exercises on the wound.

References

- Bazunova M.V., Kulish E.I., Shangaraev K.R. Chitosan-containing substances: receipt and use / Certificate of registration of the database RU 2016620154, 02.02.2016. Application No. 2015621529 dated 07.12.2015.
- Baytukalov T.A., Bogoslovskaya O.A., Olkhovskaya I.P., Glushchenko N.N. etc. Regenerating activity and antibacterial effect of low molecular weight chitosan // Izvestia of the Russian Academy of Sciences. Biological series - 2005. – No 6. - P. 659-663.
- Baranov A.V., Tsyganova G.I., Pimenova L.Ya., Kartusova L.N. State of scientific research in photodynamic therapy in the Russian Federation in 2016-2017. // Laser medicine. 2018. V. 22. No 3. P. 44-49.
- Bolshakov I.N., Fedyakina S.P., Chuyan E.V. Chitosan use in the treatment of inflammatory adhesions in the abdominal cavity // Siberian Medical Review 2002. - No2. P. 36-44.
- Gertman V.Z., Pushkar E.S., Ponomarenko S.V. Development of antibacterial photodynamic therapy parameters using light in the optical range and a methylene blue photosensitizer // Actual problems of contemporary medicine: Bulletin of Ukrainian Medical Stomatological Academy. 2017. V. 17. No 3 (59). P. 9-12.
- Zudina I.V., Vedyava A.P., Bulkina N.V., Ivanov P.V., Alzubeidi A.F.A. Study of chitosan effect on the bone defect healing process during in vivo and in vitro experiments // Izvestia of Saratov University. New series. Series: Chemistry. Biology. Ecology. 2016. V. 16. No 2. P. 171-179.
- Maslakova N.D., Mogilevets E.V., Savosik A.L. and other Results of the new method of combined antimicrobial photodynamic therapy application in the purulent wounds surgery, // Military medicine. 2016. No 3 (40). P. 60-63.
- Atai Z. Atai M, Amini J, Salehi N. In vivo study of antifungal effects of low-molecular-weight chitosan against Candida albicans // J Oral Sci. 2017;59(3):425-430. doi: 10.2334/josnusd.16-0295.
- Camacho-Alonso F, Julián-Belmonte E, Chiva-García F, Martínez-Beneyto Y. Bactericidal Efficacy of Photodynamic Therapy and Chitosan in Root Canals Experimentally Infected with Enterococcus faecalis: An In Vitro Study // Photomed Laser Surg. 2017 Apr;35(4):184-189. doi: 10.1089/pho.2016.4148. Epub 2017 Jan 9.
- Gundel O, Gunderson SK, Dahl RM, et al. Timing of surgical site infection and pulmonary complications after laparotomy // Int J Surg. 2018 Apr;52:56-60. doi: 10.1016/j.ijsu.2018.02.022.
- Keylock KT, Vieira VJ, Wallig MA, DiPietro LA, Schrementi M, Woods JA. Exercise accelerates cutaneous wound healing and decreases wound inflammation in aged mice // Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol. 2008 Jan;294(1):R179-84. doi: 10.1152/ajpregu.00177.2007. Epub 2007 Nov 14. PMID: 18003791
- Mazurek P, Kuliński S, Gosk J The possibilities of using a chitin and chitosan in wounds treatment // Polim Med. 2013 Oct-Dec;43(4):297-302.
- Mo X, Cen J, Gibson E, Wang R, Percival SL. An open multicenter comparative randomized clinical study on chitosan. // Wound Repair Regen. 2015 Jul-

Aug;23(4):518-24. doi: 10.1111/wrr.12298. Epub 2015 Jun 24.

14. Mueller TC, Nitsche U, Kehl V. et al. Intraoperative wound irrigation to prevent surgical site infection after laparotomy (IOWISI): study protocol for a randomized controlled trial. // Trials. 2017 Sep 4;18(1):410. doi: 10.1186/s13063-017-2154-6.

15. Weiser MR, Gonen M, Usiak S et al. Effectiveness of a multidisciplinary patient care bundle for

reducing surgical-site infections // Br J Surg. 2018 Nov;105(12):1680-1687. doi: 10.1002/bjs.10896.

16. Yermekov, T. A. Palliative percutaneous transhepatic interventions in complicated liver alveococciosis / T. A. Yermekov, S. M. Chingyshpayev // Eurasian Medical Journal. – 2021. – No 3. – P. 19-23. – DOI 10.52680/16948254_2021_3_19.

DEFINITION MICRODISPERSE MODELS ENVIRONMENTS

Urusova B.I.,

Karachay-Cherkess State University named after U.D. Aliyev

Doctor of Physical and Mathematical

Sciences Professor,

professor of the Department of Physics

Faculty of Physics and Mathematics

Bolatchieva M.S.-Kh.

Karachay-Cherkess State University named after U.D. Aliyev
graduate student 2-year postgraduate of the Department of Physics,

Faculty of Physics and Mathematics

DOI: 10.24412/9215-0365-2021-75-2-51-53

Abstract

In this paper, a model of an optically active isotropic dielectric, quartz, is determined. Applying the Maxwell equation and the Dirac delta function, we obtain that in a microdisperse medium $\omega = \omega_0$, the spatial resonance at is added to the time atomic field resonance at $\omega = \omega_s$ and the frequency of the spatial resonance ω_s corresponds to the wavelength λ . It is found that for the breaking index, the $N_2 = 0$ frequencyчастота is equal Ω_0 to., and in the interval between Ω_0 and Ω_∞ $N_2 < 0$ corresponds to the region of absorption by the dielectric of the external electromagnetic field.

Moving from frequencies and wavenumbers to wavelengths by the formulas $\lambda_0 = 2\pi c / \omega_0$, $\lambda_w = 2\pi / k_w$, defined, for quartz $\omega_0 \approx 3.0 \times 10^{16} \text{ c}^{-1}$, $\lambda_0 = 0.06$ microns. and 0.02 microns $< \bar{l} < 0.41$ of microns.

Consequently, one-dimensional optical solitons can be formed in such a medium at a given wave length one-dimensional optical solitons.

Keywords: dielectric, Maxwell's equation, Laplace operator, Dirac delta function, quartz, microhomogeneity, microgranules, optical solitons, heterogeneous medium.

Let us consider when microgranules of an optically active dielectric are chaotically quasi-uniformly and isotropically mixed in a solid-state matrix characterized by a static refractive $N_{index nm}$. In this case, the root-square size of the granules d is much smaller than the root-square distance between them. Each granule will be considered an isotropic dielectric, which will allow us to ignore tensor and vector quantities for dependent variables, since the direction of polarization P of the isotropic dielectric is parallel to the direction of the pulsed electric field E . And given the equation Maxwell [1], we get:

$$\Delta E - \frac{N_m^2}{c^2} \frac{\partial^2 E}{\partial t^2} = \frac{4\pi}{c^2} \frac{\partial^2 P}{\partial t^2} \quad (1)$$

where Δ is the Laplace operator, and t is time.

Let $\bar{d} \ll \bar{l}$, dielectric granules can be considered as point particles, then:

$$P(r, t) = \sum_j D(r_j, t) \delta(r - r_j), \quad (2)$$

where $\delta(r - r_j)$ is the Dirac delta function.

$D(r_j, t)$ - dipole moment \vec{j} - of the granule;

r_j - its radius-vector; r - radius-vector of the observation point.

Under the conditions of our problem, the ratio \bar{l} / λ_{min} can be considered a small parameter. Then the decomposition is valid

$$D(r_j, t) = D(r - I_j, t) = D(r, t) - \\ - (I_j, \nabla) D(r, t) + \frac{1}{2} (I_j, \nabla)^2 D(r, t) + \dots, \quad (3)$$

where I_j is the vector connecting the granule to the observation point.

The first term of the expansion (4) corresponds to the approximation of a continuous medium; the remaining terms take into account its micro homogeneity.

Applying the mean theorem to formula (3), we obtain the continuous limit:

$$P(r, t) = \langle D(r_j, t) \rangle \sum_j \delta(r - r_j) \rightarrow n_g - \langle D(r_j, t) \rangle, \quad (4)$$

where n_{mg} is the granule concentration.

Given the expression (4) in (5) and given that the granules are mixed uniformly and isotropically, we obtain:

$$P(r, t) = n_g \langle V_g \rangle \left(1 + \frac{1}{6} \langle l^2 \rangle \Delta \right) n_g R(r, t), \quad (5)$$

where $\langle l^2 \rangle = 3\langle l_x^2 \rangle = 3\langle l_y^2 \rangle = 3\langle l_z^2 \rangle$ is the average square of the distance between neighboring granules, $R = nD$ is the polarization of the granule, $\langle V_g \rangle$ is the average volume of one granule, n and is the concentration of optically active centers in the granule. The second term in parentheses of the right-hand side

of (5) takes into account the heterogeneity of the medium. Expression (5) is the first part of the system of material equations. To close this system, you need to write the material equation for R :

$$\frac{\partial^2 R}{\partial t^2} + \gamma \frac{\partial R}{\partial t} + \omega_0^2 R - \delta R^3 = \chi \omega_0^2 E, \quad (6)$$

where χ is the static linear susceptibility of the granule, γ is the attenuation coefficient, δ and is the nonlinearity parameter expressed in n^2 .

The presence of only one resonant frequency in (6) is consistent with the already noted position that the linear dispersion of the dielectric is well described in the framework of a two-level model.

System (2-6) is a closed nonlinear system of equations that determines the self-consistent dynamics of the medium and the optical pulse propagating in it.

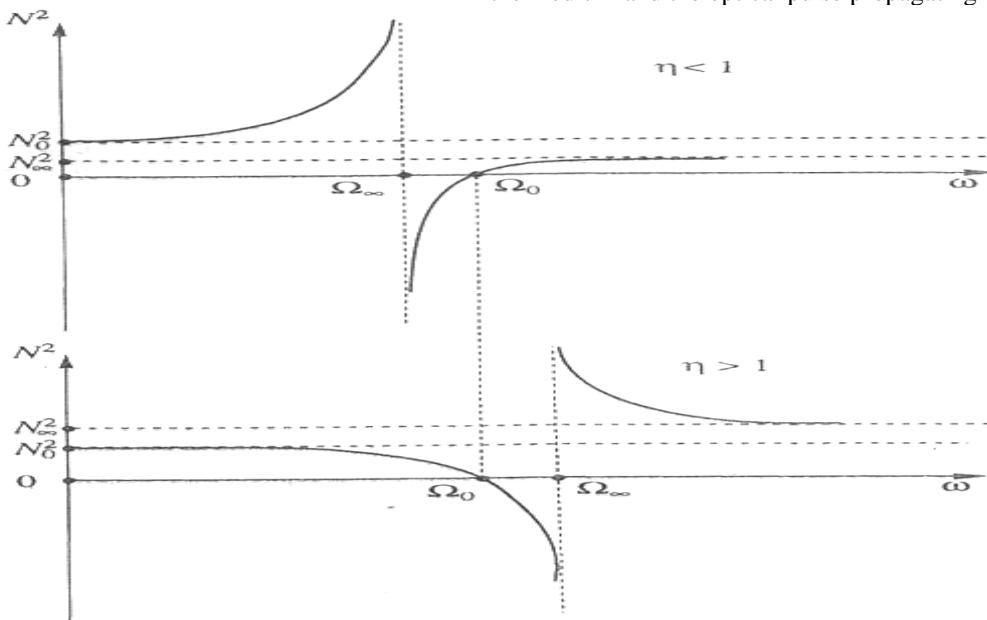


Fig.1. Dependence of the square of the refractive index dielectric from frequency.

If we linearize the system (2-6), then we can neglect the term δR^3 . Further, assuming that $R, P, E \sim \exp(i\omega t - ikr)$, and also for the sake of simplicity $\gamma = 0$, we find the expression for the square of the refractive index:

$$N^2 \equiv \frac{c^2 k^2}{\omega^2} = N_\infty^2 \frac{\Omega_0^2 - \omega^2}{\Omega_\infty^2 - \omega^2}, \quad (7)$$

where $\Omega_0 = N_0 \omega_0 / N_m$, $\Omega_\infty = N_\infty \omega_0 / N_m$;

static N_0 and high-frequency N_∞ refractive indices are defined as:

$$N_0^2 = N_m^2 + 4\pi\chi_g \quad (8)$$

$$N_\infty^2 = N_m^2 \left(1 - 4\pi\chi_g \eta / N_0^2 \right)^{-1}, \quad (9)$$

where $\chi_g = n_g \langle V_g \rangle \chi$ статическая is the statistical susceptibility of a heterogeneous and dimensionless parameter:

$$\eta = N_0^2 \omega_0^2 \langle l^2 \rangle / 6c^2. \quad (10)$$

Since $\bar{d} \ll \bar{l}$, then $\chi_g \ll \chi$, to when $\langle V_g \rangle \sim \bar{d}^3$, $n_g \sim \bar{l}^{-3}$ we have: $\chi_g / \chi \sim (\bar{d} / \bar{l})^3$. Hence, according to (8, 10), the microhomogeneity of the medium leads to renormalization of there sonant frequency of the dielectric

$\omega_0 \rightarrow \Omega_\infty$, as a result of which the latter increases. The violet shift of the resonant frequency of a heterogeneous dielectric in comparison with a homogeneous one can be explained as follows. In a microdisperse medium, the temporal atomic field resonance at $\omega = \omega_0$ is added to the spatial resonance at $\omega = \omega_s$. The spatial resonance frequency ω_s corresponds to a wavelength λ equal to the distance between optically active granules. Since the granules are randomly mixed, the spatial resonance is indistinct. Since under

the conditions considered in this article, $\lambda > \bar{l}$, then $\omega_0 < \omega_s$.

The frequency at which $N_2 = 0$, is equal Ω_0 to.

In the interval between Ω_0 and Ω_∞ $N_2 < 0$. Therefore, this frequency range corresponds to the region of absorption by the dielectric of an external electromagnetic field.

At a small distance from Ω_∞ , where $k_2 \rightarrow \infty$, the expression (8) is invalid, since the expansion (4) loses its meaning. According to (6), the expansion of (4) and expression (8); holds as long as $\langle l^2 \rangle k^2 / 6 \ll 1$. For our purposes, the region of low frequencies is important ($\omega \ll \Omega_\infty$), where the last inequality is obviously satisfied.

For a homogeneous dielectric $\eta = 0$. Hence, $\Omega_0 > \Omega_\infty$ the dependence $N^2(\omega)$ also has a typical form for the positive dispersion layer [2] $\partial N^2 / \partial \omega > 0$ outside the light absorption region (see figure). The situation changes radically when $\Omega_0 < \Omega_m$ ($N_\infty > N_0$). In this case, the dependence $N^2(\omega)$ corresponds to a negative dispersion $\partial N^2 / \partial \omega < 0$ outside the optical absorption region (see Figure 1). It is well known that the equilibrium homogeneous medium has a positive dispersion, and the inverted medium has a negative one, so we can say that microhomogeneity effectively inverts the medium with respect to its dispersion properties. Using (10), (11), we find that a microhomogeneous dielectric has a negative dispersion under the condition $\eta > 1$. For solid dielectrics, the values of optical susceptibilities usually χ do not exceed 0.1. Since $\chi_g \ll \chi$, then in (10) we can approximately put $N_0 \approx N_m$. Then, $\eta > 1$ is equivalent to the inequality

$$\bar{l} > l_c \equiv \sqrt{6}c/\omega_0 N_m, \quad (11)$$

$$\text{where } \bar{l} \equiv \sqrt{\langle l^2 \rangle}.$$

Paulguy in (11) $N_m \sim 1$, $\omega_0 \sim 10^{15} c^{-1}$, got: $l_c \sim 1$ microns. Since, at $N_0 \approx N_m$, the frequency remains almost constant when the heterogeneity parameter changes η . The resonant frequency Ω_∞ с увеличением η increases with increasing frequency, and at $\eta > 1 \Omega_\infty > \Omega_0$ (see Fig. 1).

Using (8), it is easy to show that if $\eta < 1$, then $k_2 < 0$ for $\omega^2 > \omega_c^2 \equiv \Omega_\infty \sqrt{\Omega_\infty^2 + 3\Omega_0^2} - \Omega_\infty^2$. In the case of (12) $k_2 < 0$ at $\omega < \omega_c$.

In both cases, the value ω_c is lies between Ω_0 and Ω_∞ , where $N_2 < 0$ (see Figure 1). Since the momentum is strongly absorbed in this region, we come to the following conclusion: for the $\eta < 1$ group velocity dispersion is anomalous if $\omega > \Omega_0$; for $\eta > 1$ homogeneous dielectric media, it has an anomalous character in the region $\omega < \Omega_0$ (see Figure 1).

Usually in the spectral range of transparency of charged dielectric media is normal ($k_2 > 0$), except for the mid-infrared range II, glass fiber optics systems based on information transmission using optical solitons operate in this range solitons. Shortening the duration of light pulses should lead to an increase in the information bandwidth of glass fibers. The wavelength of the most common high-power laser is $\lambda_w = 1.06$ microns [3]. This value is outside the range where ($k_2 < 0$), for currently known solid-state dielectrics. Therefore, the formation of solitons at a given wavelength is not possible. The fulfillment of condition (11) implies an anomalous character of homogeneous dielectric media for the frequency range $\omega < \omega_0$. At the same time, the inequality must be satisfied $k_w^2 \bar{l}^2 / 6 \ll 1$ as a condition for neglecting the effects of radiation scattering on microgranules.

Moving from frequencies and wavenumbers to wavelengths using the formulas $\lambda_0 = 2\pi c / \omega_0$, $\lambda_w = 2\pi / k_w$, we write for $N_m = 1$ anomaly condition in the form

$$0.39\lambda_0 < \bar{l} < 0.39\lambda_w. \quad (12)$$

For fused quartz $\omega_0 \approx 3.0 \times 10^{16} c^{-1}$, we find $\lambda_0 = 0.06$ microns.

Putting in the right-hand side of the last $\lambda_w = 1.06$ mcm inequality, we find 0.02 mcm $< \bar{l} < 0.41$ mcm.

Thus, in a medium consisting of fused quartz granules with a size $\bar{d} \sim 0.1$ of microns, and an average square distance between them $\bar{l} \sim 0.3$ of microns, the group velocity dispersion at the wavelength $\lambda_w = 1.06$ of microns should be anomalous. Consequently, one-dimensional optical solitons can be formed in such a medium at a given wavelength одномерных оптических солитонов.

References

- Yudenkov V. A. Dispersion analysis. Minsk.: "Businessoffset". 2013. 76 p.
- Feiman R. P. Feymanovskie lektsii po fizike [Feymanov lectures on Physics]. Moscow: Mir, 1977, 349 p.
- Kryukov O. G. Femtosecond pulses. Introduction to a new field laser physics, Moscow: Fizmatlit, 2009, 208 p.

The scientific heritage

(Budapest, Hungary)

The journal is registered and published in Hungary.

The journal publishes scientific studies, reports and reports about achievements in different scientific fields.

Journal is published in English, Hungarian, Polish, Russian, Ukrainian, German and French.

Articles are accepted each month.

Frequency: 24 issues per year.

Format - A4

ISSN 9215 — 0365

All articles are reviewed

Free access to the electronic version of journal

Edition of journal does not carry responsibility for the materials published in a journal.

Sending the article to the editorial the author confirms it's uniqueness and takes full responsibility for possible consequences for breaking copyright laws

Chief editor: Biro Krisztian

Managing editor: Khavash Bernat

- Gridchina Olga - Ph.D., Head of the Department of Industrial Management and Logistics (Moscow, Russian Federation)
- Singula Aleksandra - Professor, Department of Organization and Management at the University of Zagreb (Zagreb, Croatia)
- Bogdanov Dmitrij - Ph.D., candidate of pedagogical sciences, managing the laboratory (Kiev, Ukraine)
- Chukurov Valeriy - Doctor of Biological Sciences, Head of the Department of Biochemistry of the Faculty of Physics, Mathematics and Natural Sciences (Minsk, Republic of Belarus)
- Torok Dezső - Doctor of Chemistry, professor, Head of the Department of Organic Chemistry (Budapest, Hungary)
- Filipiak Paweł - doctor of political sciences, pro-rector on a management by a property complex and to the public relations (Gdansk, Poland)
- Flater Karl - Doctor of legal sciences, managing the department of theory and history of the state and legal (Köln, Germany)
- Yakushev Vasiliy - Candidate of engineering sciences, associate professor of department of higher mathematics (Moscow, Russian Federation)
- Bence Orban - Doctor of sociological sciences, professor of department of philosophy of religion and religious studies (Miskolc, Hungary)
- Feld Ella - Doctor of historical sciences, managing the department of historical informatics, scientific leader of Center of economic history historical faculty (Dresden, Germany)
- Owczarek Zbigniew - Doctor of philological sciences (Warsaw, Poland)
- Shashkov Oleg - Candidate of economic sciences, associate professor of department (St. Petersburg, Russian Federation)
- Gál Jenő - MD, assistant professor of history of medicine and the social sciences and humanities (Budapest, Hungary)
- Borbely Kinga - Ph.D, Professor, Department of Philosophy and History (Kosice, Slovakia)
- Eberhardt Mona - Doctor of Psychology, Professor, Chair of General Psychology and Pedagogy (Munich, Germany)
- Kramarchuk Vyacheslav - Doctor of Pharmacy, Department of Clinical Pharmacy and Clinical Pharmacology (Vinnytsia, Ukraine)

«The scientific heritage»

Editorial board address: Budapest, Kossuth Lajos utca 84, 1204

E-mail: public@tsh-journal.com

Web: www.tsh-journal.com