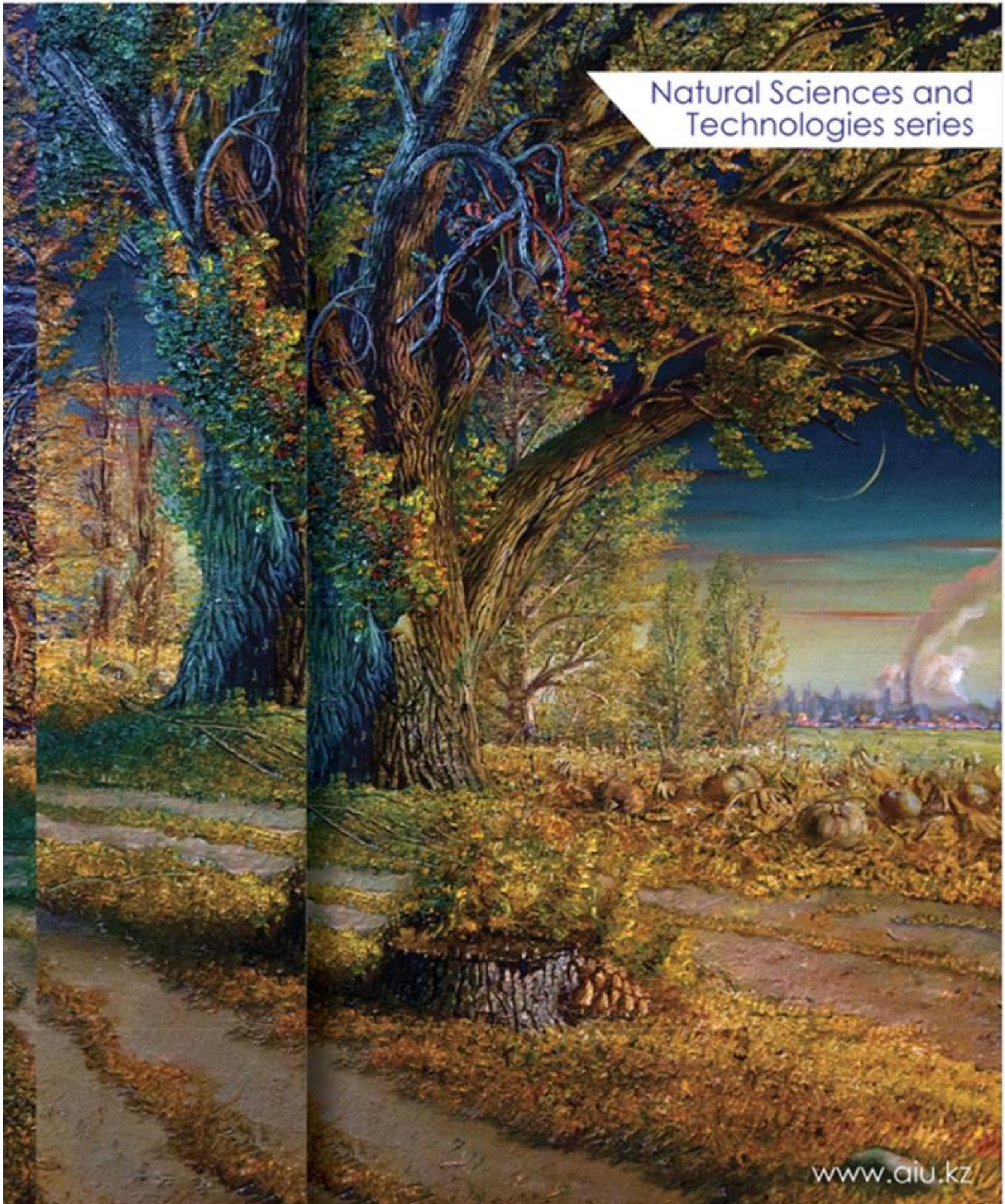


# INTERNATIONAL SCIENCE REVIEWS



№4 (4) 2023

Natural Sciences and  
Technologies series





# **INTERNATIONAL SCIENCE REVIEWS**

## **Natural Sciences and Technologies series**

*Has been published since 2020*

**№4 (4) 2023**

Astana

**EDITOR-IN-CHIEF:**

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Academician of NAS RK, Professor  
**Kalimoldayev M. N.**

**DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF:**

Doctor of Biological Sciences, Professor  
**Myrzagaliyeva A. B.**

**EDITORIAL BOARD:**

- |                            |  |
|----------------------------|--|
| <b>Akiyanova F. Zh.</b>    | - Doctor of Geographical Sciences, Professor (Kazakhstan)              |
| <b>Seitkan A.</b>          | - PhD, (Kazakhstan)  |
| <b>Baysholanov S. S</b>    | - Candidate of Geographical Sciences, Associate professor (Kazakhstan) |
| <b>Zayadan B. K.</b>       | - Doctor of Biological Sciences, Professor (Kazakhstan)                |
| <b>Salnikov V. G.</b>      | - Doctor of Geographical Sciences, Professor (Kazakhstan)              |
| <b>Mukanova A.S.</b>       | - PhD, (Kazakhstan)  |
| <b>Tasbolatuly N.</b>      | - PhD, (Kazakhstan)  |
| <b>Abdildayeva A. A.</b>   | - PhD, (Kazakhstan)  |
| <b>Chlachula J.</b>        | - Professor, Adam Mickiewicz University (Poland)                       |
| <b>Redfern S.A.T.</b>      | - PhD, Professor, (Singapore)  |
| <b>Cheryomushkina V.A.</b> | - Doctor of Biological Sciences, Professor (Russia)                    |
| <b>Bazarnova N. G.</b>     | - Doctor Chemical Sciences, Professor (Russia)                         |
| <b>Mohamed Othman</b>      | - Dr. Professor (Malaysia)   |
| <b>Sherzod Turaev</b>      | - Dr. Associate Professor (United Arab Emirates)                       |

Editorial address: 8, Kabanbay Batyr avenue, of.316, Nur-Sultan,  
Kazakhstan, 010000  
Tel.: (7172) 24-18-52 (ext. 316)  
E-mail: [natural-sciences@aiu.kz](mailto:natural-sciences@aiu.kz)

**International Science Reviews NST - 76153**

**International Science Reviews**

Natural Sciences and Technologies series

Owner: Astana International University

Periodicity: quarterly

Circulation: 500 copies

---

**CONTENT**

<b>Г.Қрықпаева, С.Ниғметжанов</b> ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ УСТЬ-КАМЕНОГОРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ПРИ САДКОВОМ ВЫРАЩИВАНИИ РЫБЫ.....	5
<b>Д.С.Оразымбетова, О.З.Ілдербаев</b> МЕТАБОЛИКАЛЫҚ СИНДРОМ КЕЗІНДЕГІ ИММУНДЫҚ ЖҮЙЕНІҢ РӨЛІ.....	15
<b>Ү.Н. Нұркен, О.З.Ілдербаев</b> СҮЙЕК РЕГЕНЕРАЦИЯСЫНА АРНАЛҒАН МЕЗЕНХИМАЛДЫ БАҒАНАЛЫ ЖАСУШАЛАРДЫ ҚОЛДАНУ ТИІМДІЛІГІ .....	27
<b>Қ.Б.Сапар</b> ТАҢДАЛҒАН СНАРА ТҮРЛЕРІНІҢ КҮШЕЙТІЛГЕН ФРАГМЕНТ ҰЗЫНДЫҒЫ ПОЛИМОРФИЗМІНЕ (AFLP) НЕГІЗДЕЛГЕН ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯСЫ .....	35
<b>А.А.Бериков, Т.Н.Самарханов</b> ОЦЕНКА ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА РЕГИОНА (НА ПРИМЕРЕ БАЯНАУЛЬСКОГО РАЙОНА).....	49
<b>З.М.Абылқасымова, А.Д.Спанбаев</b> БИОЛОГИЯ ПӘНІНЕН ОҚУШЫЛАРДЫ ҰБТ – ҒА ДАЙЫНДАЙТЫН ОҚУ ҚҰРАЛЫН ПАЙДАЛАНУДЫҢ ТИІМДІЛІГІН АНЫҚТАУ.....	55
<b>Р. Смадинов</b> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ КЛАССИФИКАЦИИ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОМ АНАЛИЗЕ ДАННЫХ .....	74
<b>N. Z. Kossym</b> CHARACTERISTICS AND STANDARDS OF SOFTWARE QUALITY.....	84

## ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ УСТЬ-КАМЕНОГОРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ПРИ САДКОВОМ ВЫРАЩИВАНИИ РЫБЫ

Қрықпаева Галима<sup>1\*</sup>, Ниғметжанов Саян<sup>2</sup>

<sup>1</sup>магистр естественных наук, докторант, научный сотрудник,

<sup>2</sup>магистр естественных наук, начальник экспедиционного отряда

Алтайский филиал ТОО «Научно-производственный центр рыбного хозяйства», г. Усть-Каменогорск, Республика Казахстан, тел. 87771494416, e-mail: galima\_1995@mail.ru

**Аннотация.** В статье приведены результаты исследований гидрохимического режима Ермаковского залива Усть-Каменогорского водохранилища, на котором функционирует одно из рыбоводных хозяйств Восточно-Казахстанской области. Оно базируется на выращивании холодноводных видов рыб, а именно форели. Одним из лимитирующих факторов при выращивании форели является гидрохимический режим, так как холодноводные достаточно чувствительны к изменению гидрохимических показателей, и особенно температуры. В связи с чем обязательно наблюдение за качеством воды. Для мониторинга пробы природной поверхностной воды отбирали выше залива, у садковой линии и ниже залива в весенний, летний и осенний периоды. Образцы воды проанализировали на определение газового режима (кислород, углекислый газ), содержание главных ионов и биогенных соединений. Исследование финансируется Министерством экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан (Грант № BR10264236).

**Ключевые слова:** гидрохимический режим, растворенный кислород, качество воды, биогенные соединения, гидробионты

### ВВЕДЕНИЕ

Аквакультура Казахстана развивается по территориально-климатическому принципу. Территория страны разделена на шесть рыбоводных зон прудового выращивания, по продолжительности вегетационного периода [1, 2]. По классификации Восточно-Казахстанская область территориально относится к четвертой рыбоводной зоне и на ее территории функционируют несколько рыбоводных хозяйств, в которых установлены садки [2]. Одним из таких хозяйств является ТОО «Грандфиш», которое осуществляет свою деятельность на Усть-Каменогорском водохранилище.

Абиотические факторы окружающей среды оказывают непосредственное влияние на жизнедеятельность гидробионтов. Рыбы семейства Лососевых особенно чувствительны к изменениям среды обитания, а именно к качеству воды в водоеме. Для выращивания холодноводных видов рыбы подойдут не все водоемы.

Лимитирующими факторами при выращивании холодноводных рыб являются гидрологический режим водного объекта, гидрохимия воды, и особенно температура [2]. В связи с этим, необходим постоянный мониторинг качества воды водного объекта.

Цель работы заключается в исследовании современного гидрохимического режима и определение соответствия качества воды для выращивания форели в Ермаковском заливе Усть-Каменогорского водохранилища, на месте работы рыбоводного хозяйства ТОО «Грандфиш».

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Гидрохимические исследования поверхностных вод Ермаковского залива Усть-Каменогорского водохранилища были проведены весной, летом и осенью 2022 года. Образцы воды отбирали выше залива, у садковой линии и ниже залива. Определение физико-химических свойств, анализ гидрохимических показателей, биогенных веществ и солевого состава выполнены в соответствии общепринятыми методиками [3-5] и ГОСТами [6-13].

В полевых условиях измеряли температуру воды, содержание растворенного в воде кислорода определяли на месте отбора кислородомером «МАРК-302М», значение рН измеряли с помощью рН-метра «МАРК-901». Пробы воды в консервированном виде доставляли в лабораторию ТОО «Лаборатория-Атмосфера». В лабораторных условиях содержание биогенных элементов ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ) в исследуемой воде определяли методами фотометрии на спектрофотометре Nach DR 2400. Ионно-солевой состав воды определяли титриметрическими методами по общепринятым методикам. Испытания проводили на лабораторном оборудовании, имеющем действующий сертификат по поверке СИ.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Усть-Каменогорское водохранилище – холодноводный водоем, его прогреваемость определяется поступающими водными массами из нижних и средних слоев Бухтарминского водохранилища. Особенности водоема – значительный водообмен, холодноводность, почти полное отсутствие литорали – делают его малоприспособленным для создания высокочисленного ихтиофаунистического комплекса, но хорошо подходят для организации садковых хозяйств. Во время проведения исследовательских работ большинство гидрохимических показателей не превышало установленные нормативы. Результаты анализов приведены в таблице 1.

Таблица – 1 Гидрохимические показатели Ермаковского залива за 2022 г.

Показатель	Единица измерения	Нормативы	Выше залива	У садков	Ниже залива
весна					
Растворенный кислород	мг/дм <sup>3</sup>	не ниже 6,0	7,13	7,01	6,46
рН	-	6,5–8,5	8,19	8,03	8,13
Fe общ	мг/дм <sup>3</sup>	0,3	0,117	0,111	0,104
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	0,5	< 0,1	0,24	0,19
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	45	1,31	1,36	1,44
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	3,3	0,013	0,007	<0,003
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	0,23	0,039	0,022	0,028
Перманганатное число	мгО/дм <sup>3</sup>	10,0	2,76	2,88	2,8
Жесткость	мг-экв./дм <sup>3</sup>	не нормир.	4	4,1	4,5
Минерализация	мг/дм <sup>3</sup>	1000	141	147	139
лето					
Растворенный кислород	мг/дм <sup>3</sup>	не ниже 6,0	13,7	11,3	12,1
рН	-	6,5–8,5	8,38	8,36	8,77

Fe <sub>общ</sub>	мг/дм <sup>3</sup>	0,3	0,117	0,112	0,115
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	0,5	<0,1	<0,1	<0,1
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	45	0,13	0,12	0,12
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	3,3	0,01	0,02	<0,003
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	0,23	0,02	0,02	0,02
Перманганатное число	мгО/дм <sup>3</sup>	10,0	2,08	2,48	2,76
Жесткость	мг-экв/дм <sup>3</sup>	не нормир.	3,7	3,9	3,9
Минерализация	мг/дм <sup>3</sup>	1000	115	129	123
осень					
Растворенный кислород	мг/дм <sup>3</sup>	не ниже 6,0	10,2	9,8	12,4
pH	-	6,5–8,5	8,10	8,31	8,23
Fe <sub>общ</sub>	мг/дм <sup>3</sup>	0,3	0,113	0,114	0,118
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	0,5	<0,1	<0,1	<0,1
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	45	0,115	0,121	0,114
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	3,3	<0,003	<0,003	<0,003
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	0,23	0,02	0,03	0,02
Перманганатное число	мгО/дм <sup>3</sup>	10,0	2,08	2,24	2,16



Жесткость	мг-экв /дм <sup>3</sup>	не нормир.	1,9	1,9	1,8
Минерализация	мг/дм <sup>3</sup>	1000	129	128	127

Лососевые относятся к холодноводному виду рыб, и оптимальная температура для них не должна превышать 20°C. Температура воды залива в весенний период составляла 5,5 - 6,9 °С. Наименьшие значения были отмечены выше залива, а наибольшие – в глубине залива. Летом температура колебалась от 17,5 до 18,1 °С. Наименьшее значение было отмечено выше залива, а наибольшее – ниже залива. В осенний период температура воды изменялась в диапазоне от 16,3°C до 18,3°C. Наименьшая температура, как и в летнее и осеннее время, была отмечена выше залива, а наибольшая – ниже залива.

Растворенный в воде кислород – один из важнейших параметров необходимых для жизнедеятельности рыб. Представители семейства Лососёвые нуждаются в высоком содержании кислорода (7-12 мг/дм<sup>3</sup>), при снижении его концентрации ниже 6 мг/дм<sup>3</sup> их дыхание невозможно. Концентрация растворенного кислорода в период исследований изменялась от 7,01 мг/дм<sup>3</sup> до 13,10 мг/дм<sup>3</sup> (таблица 1). Весной наименьшее содержание кислорода было отмечено ниже залива, а наибольшее – в глубине залива. В летний период минимальные значения наблюдались у садков, а максимальные – выше залива. Осенью наименьшие концентрации кислорода зафиксированы также у садковой линии, а наибольшие – выше залива. Значения не выходили за пределы рыбохозяйственных норм.

От величины рН зависит развитие и жизнедеятельность водных растений, устойчивость различных форм миграции элементов. Величина рН воды водоемов рыбохозяйственного назначения регламентируется в пределах 6,5-8,5 [17]. Значения водородного показателя Ермаковского залива находились в пределах 8,03-8,77, что соответствовало слабощелочной среде, и было в рамках установленных нормативов. В весенний период минимальное значение рН наблюдалось у садков, а максимальное – в глубине залива. Летом наименьшая величина рН также отмечалась у садков, а наибольшая величина – ниже залива. В осеннее время минимальное значение зафиксировано выше залива, а максимальная величина отмечена у садков. В большинстве природных вод водородный показатель зависит от концентраций свободного диоксида углерода и гидрокарбонат-ионов. Величина рН и минерализация воды приведены на рисунке 1.

Минерализация воды изменялась в диапазоне от 115 мг/дм<sup>3</sup> до 175 мг/дм<sup>3</sup>. Весной наименьшие значения минерализации отмечались ниже залива, а

наибольшие – в глубине залива. В летний период минимальная величина зафиксирована выше залива, а максимальная – у садков. В осеннее время значения были почти на одном уровне. По минерализации воды залива классифицировались как пресные [14, 15]. Жесткость воды варьировала в прямой корреляционной зависимости от минерализации. Наименьшие значения весной были зафиксированы выше залива, а наибольшие – у садков. В летний и осенний периоды значительных вариаций по точкам отбора не отмечено. Воды классифицировались как «мягкие» [14, 15]. Величина минерализации и жесткости воды не превышают значений, допустимых для рыбохозяйственных водоемов.

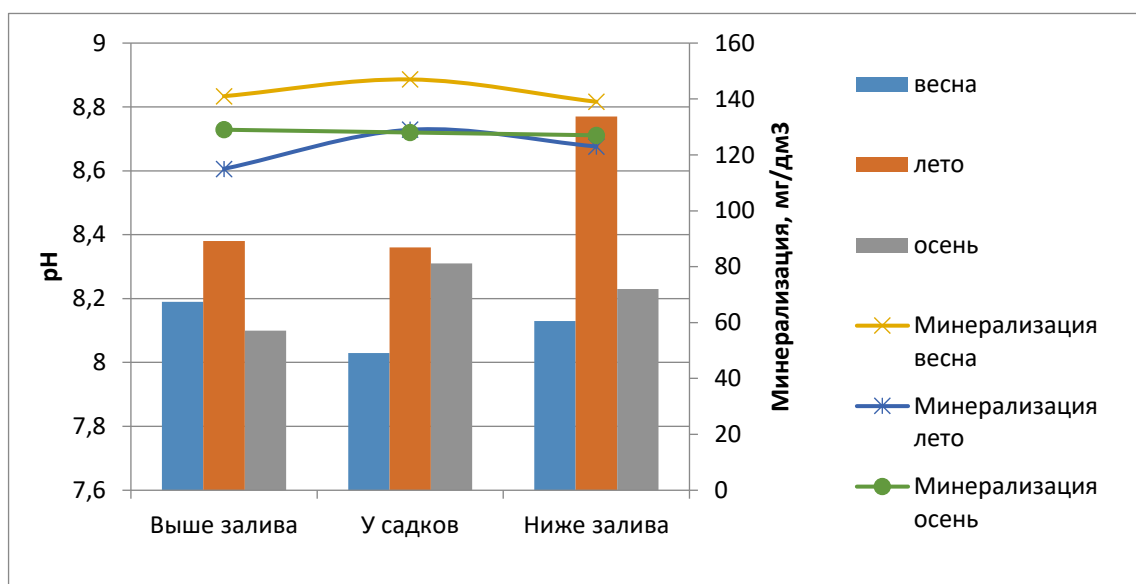


Рисунок 1 – Распределение значений pH и минерализации воды по точкам отбора

В соответствии с водородным показателем, по углекислотному равновесию [15] в водах Ермаковского залива преобладали гидрокарбонаты. Содержание гидрокарбонат-анионов изменялось в пределах от 97,6 мг/дм<sup>3</sup> до 158,6 мг/дм<sup>3</sup>. Концентрации уменьшались от весны к осени (рисунок 2). В весенний период наименьшие значения наблюдались у садковой линии, наибольшие – в глубине залива. Летом минимальное содержание гидрокарбонатов отмечалось у садков, так же, как и весной, а максимальная концентрация зарегистрирована выше залива. В осенний период не наблюдалось значительных вариаций по точкам отбора. На втором месте среди анионов находились сульфаты. Их содержание последовательно увеличивалось от весны к осени. Во все сезоны исследований наименьшие концентрации были зафиксированы у садковой линии, а наибольшие – в глубине залива и ниже залива. Содержание хлорид-анионов практически не изменялось по точкам отбора. Содержание хлорид-анионов было минимальным в летний период, а максимальным – в весеннее время.

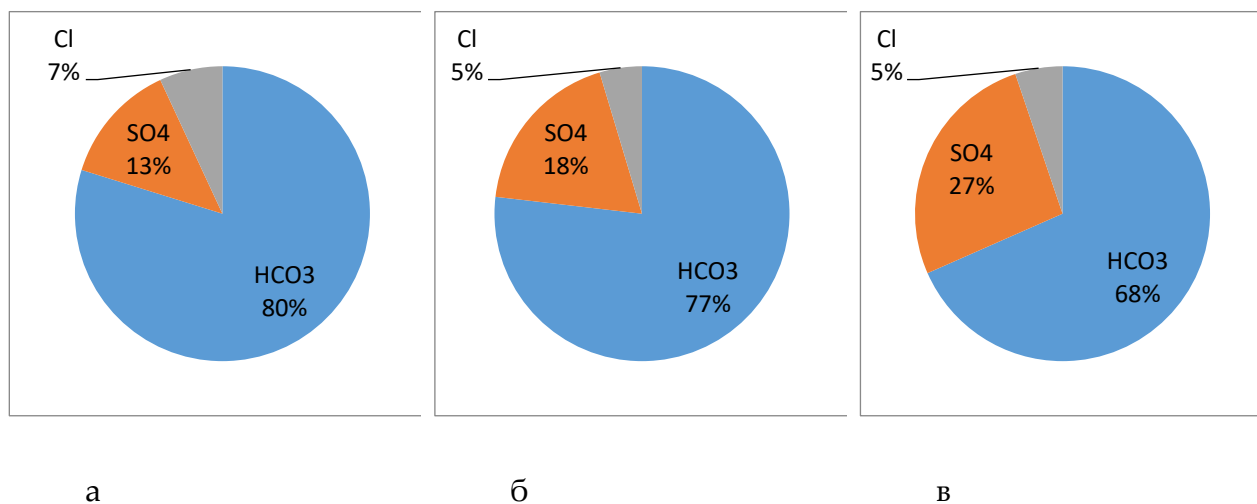


Рисунок 2 – Содержание главных анионов по сезонам исследования: а) весна, б) лето, в) осень

Из катионов пробы воды были исследованы на содержание кальция, магния, натрия и калия, что наглядно представлено на рисунке 2. Концентрация ионов кальция составляла 23-38 мг/дм<sup>3</sup>. Содержание ионов кальция увеличивалось от весны к осени. Можно отметить, что во все сезоны минимальные значения зарегистрированы выше залива, а максимальные содержания отмечены ниже залива и у садовой линии. Содержание катионов магния было стабильным во все сезоны исследований. Концентрация ионов натрия постепенно увеличивалась от весеннего периода к летнему, в осеннее время значения были почти идентичны содержанию натрия в летний период. Содержание ионов калия в период исследований было ниже предела определения. По доминирующим ионам, согласно классификации О.А.Алекина, воды Ермаковского залива принадлежат гидрокарбонатному классу, кальциевой группе, первому типу [14, 15].

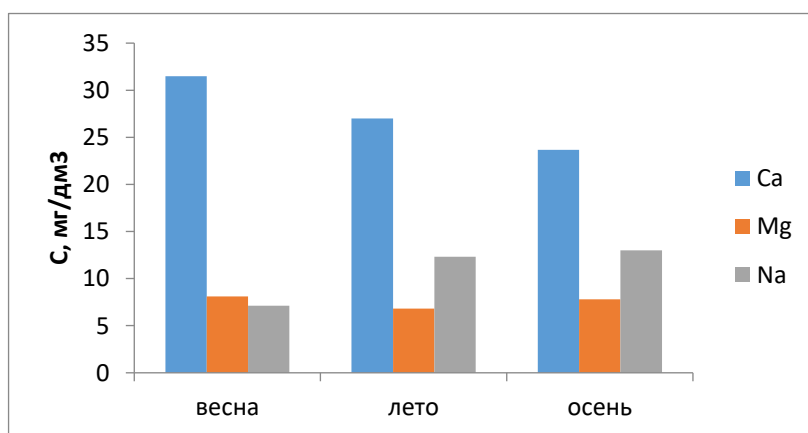


Рисунок 2 – Содержание главных катионов по сезонам исследования

Содержание органического вещества (по перманганатной окисляемости), отражающего количество гуминовых и фульвокислот, а также их солей, составляло 2,08-3,24 мг/дм<sup>3</sup>. В весенний период минимальное значение зарегистрировано выше залива, а максимальное – в глубине залива. В летний сезон наименьшие величины окисляемости наблюдались также выше залива, а наибольшие – ниже залива. Осенью минимальное содержание органического вещества было отмечено выше залива, максимальное содержание зафиксировано у садковой линии. Воды характеризовались очень малой окисляемостью, значения находились в рамках допустимых нормативов.

Из биогенных соединений пробы воды были проанализированы на содержание аммонийного азота, нитритов, нитратов, фосфатов и общего железа. В весенний период минимальная концентрация аммонийного азота наблюдалась выше залива, а максимальная – у садков, что может быть связано с его выделением в процессе жизнедеятельности рыб [16]. Летом и осенью содержание солевого аммония было ниже предела определения. Содержание нитритного азота во все сезоны было минимальным ниже залива. Весной наибольшая концентрация нитритов наблюдалась выше залива, летом – у садков. Содержание нитратов весной колебалось от 1,28 мг/дм<sup>3</sup> до 1,44 мг/дм<sup>3</sup>. Минимальная концентрация отмечалась в глубине залива, а максимальная – зарегистрирована ниже залива. Летом и осенью содержание нитратов в водах Ермаковского залива изменялось в узком диапазоне (0,11-0,12 мг/дм<sup>3</sup>). Содержание фосфат-ионов варьировало в небольшом интервале от 0,02 мг/дм<sup>3</sup> до 0,04 мг/дм<sup>3</sup>. Концентрация общего железа была наибольшей весной, а наименьшей в осенний период. Содержание биогенных соединений во время исследований не превышало допустимые нормативы.

## ВЫВОДЫ

Таким образом, в 2022 году воды Ермаковского залива характеризовались благоприятным газовым режимом, слабощелочной средой рН и очень малой окисляемостью. В летний период наблюдались максимальные величины на всех точках отбора. По значениям общей минерализации воды изучаемого объекта можно отнести к категории «пресные». По техническим свойствам воды относятся к категории «мягкая», Концентрации биогенных веществ находились в пределах допустимых значений. В целом, гидрохимические показатели Ермаковском залива благоприятны для развития и жизнедеятельности гидробионтов, а качество воды соответствует нормам для выращивания форели.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Садковое рыбоводство / авт.-сост. С.Н. Александров. — С14 М.: АСТ; Донецк: Сталкер, 2005. – 27 с.

---

2 Кушникова Л.Б., Ануарбеков С.М., Евсеева А.А. Лимитирующие факторы при садковом выращивании рыбы в горных водоемах Восточного Казахстана. Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2018;(1):127-135.

3 Государственный контроль качества воды. Справочник технического комитета по стандартизации. – М.: ИПК издательство стандартов, 2003. -775с.

4 Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши.- Л.: Гидрометеиздат, 1977. -541с.

5 Унифицированные методы анализа вод/ Под ред. Ю.Ю. Лурье. -М.: Химия, 1973. -376с.

6 ГОСТ 26449.1–85. Качество вод. М.: Изд-во стандартов. 1986. 45 с.

7 СТ РК ГОСТ Р 51592-2003. Вода. Общие требования к отбору проб. – Астана. -2003. -59 с.

8 ГОСТ 26449.2-85. Установки дистилляционные опреснительные стационарные. Методы химического анализа дистиллята. – М. Изд.-во стандартов. -1985. -24 с.

9 ГОСТ 26449.3-85 Установки дистилляционные опреснительные стационарные. Методы химического анализа соленых вод и дистиллята на содержание газов. - М. Изд.-во стандартов. -1985. -12 с.

10 ГОСТ 30178-96. Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов М.: Изд-во стандартиформ. 2010. 32 с.

11 ГОСТ 26929-94. Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов. М.: Изд-во стандартиформ. 2010. С. 111-122.

12 ГОСТ 30538-97. Продукты пищевые. Методика определения токсичных элементов атомно-эмиссионным методом. М.: Изд-во стандартиформ. 2010. С. 33-64.

13 ГОСТ 26927-86. Сырье и продукты пищевые. Методы определения ртути. М.: Изд-во стандартиформ. 2010. С. 91-104.

14 Алекин О.А. Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеиздат. 1970. 444 с.

15 Никаноров А.М. Гидрохимия / А.М. Никаноров. – Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 2001. – 444 с.

16 Поляков А. В., Пономарёв С. В., Конькова А. В. Гидролого-гидрохимический режим водоема как лимитирующий фактор при выращивании рыбы в садках // Вестник АГТУ. Серия: Рыбное хозяйство, 2016. - №1, С. 70-74

17 Приказ Председателя Комитета по водным ресурсам Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан от 9 ноября 2016 года № 151 «Об утверждении единой системы классификации качества воды в водных объектах" – <http://adilet.zan.kz/rus/docs/V1600014513/> (дата обращения 10.10.2023).

## МЕТАБОЛИКАЛЫҚ СИНДРОМ КЕЗІНДЕГІ ИММУНДЫҚ ЖҮЙЕНІҢ РӨЛІ

Д.С.Оразымбетова<sup>1</sup>, О.З.Ілдербаев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, 2 курс магистранты

E.mail: [orazymbetova1@mail.ru](mailto:orazymbetova1@mail.ru)

<sup>2</sup>Профессор, медицина ғылымдарының докторы

E.mail: [oiz5@yandex.ru](mailto:oiz5@yandex.ru)

**Аннотация.** Эволюция барысында қоректік заттарды тиімді сезіну және жүйелік энергия гомеостазын бақылау иммундық және метаболикалық белсенді жасушалар арасындағы тығыз физикалық және функционалды өзара әрекеттестікке сүйенді. Дегенмен, қазіргі семіздікпен қарсы күресуші ортада бұл иммунометаболикалық интерфейс бұзылған. Нәтижесінде созылмалы қабыну жағдайлары және иммундық жасушалардың аберрантты активтенуі семіздікке байланысты метаболикалық бұзылулардың, соның ішінде инсулинге төзімділіктің, жүрек-қан тамырларының асқынуларының және 2 типті қант диабетінің негізгі белгілері ретінде пайда болды, ал негізгі зерттеулер метаболикалық дисфункция аясында өзара әрекеттесуге байланысты адипоцит-макрофагқа аударылды; Жақында жүргізілген зерттеулер осы жағдайда тиісті иммундық жасушалардың ауқымын кеңейтіп қана қоймайды, сонымен қатар әртүрлі метаболикалық органдардың, соның ішінде бауырдың иммундық метаболикалық бақылауға, метаболикалық аурулардың дамуына және семіздікке негізделген патологиялардағы ықтимал қабынуға қарсы терапиялық нұсқаларға әсерін көрсететінін анықтады. Осылайша, бұл мақала метаболикалық зерттеулердің осы дамып келе жатқан саласындағы соңғы жетістіктерді қорытындылайды.

**Кілт сөздер:** иммундық жасушалар, май ұлпасы, бауыр, метаболизм, диабет, инсулин.

### ИНСУЛИНГЕ ТӨЗІМДІЛІК, СЕМІЗДІК ЖӘНЕ ҚАБЫНУ ПРОЦЕСТЕРІ.

Эпидемиологиялық зерттеулер 2030 жылға қарай әлемде 2,2 миллиард адам артық салмақпен және 1,1 миллиард адам семіздікпен ауырады деп есептейді. Семіздік метаболикалық бұзылулардың кластері болып табылатын метаболикалық синдромның негізгі құрамдас бөлігі болып табылады, оның ішінде инсулинге төзімділік, семіздік, бауырды май басуы, гипергликемия, дислипидемия және гипертония. Бұл аурулардың негізгі себептері артық калориядан, қозғалыссыз өмір салты мен генетикалық бейімділікке байланысты. Жоғарыда аталған бұзылулардың дамуы 2 типті қант диабеті, атеросклероз және ақыр соңында қатерлі ісік сияқты ауруларға әкелуі мүмкін. Демек, метаболикалық синдромның құрамдас бөліктері осы науқастарда байқалған өлімнің жоғарылауымен тығыз байланысты [1].

Қазіргі уақытта қабыну метаболикалық дисфункцияның негізгі белгісі ретінде танылады. 1990 жылдардан бері қабыну медиаторларының маңызды рөлі, яғни ісік некрозының альфа факторы (TNF $\alpha$ ) семіздік пен онымен байланысты

асқынулардың көрінісінде, әсіресе инсулинге төзімділікте сипатталған. Семіздікке шалдыққан адамдар мен тышқандардың майлы тіндері қабыну макрофагтарының көбеюімен және TNF $\alpha$  айналымдағы деңгейлерінің индукциясымен сипатталса, ерте зерттеулер антиденелер арқылы TNF $\alpha$  бейтараптандырылуы немесе TNF $\alpha$  тышқандардағы үлгілерінің функциясының генетикалық жоғалуы диетадан туындаған семіздікте инсулинге сезімталдықты жақсартатынын көрсетті. Сондай-ақ, транскрипция факторы ядролық каппа В (NF $\kappa$ B), оның жоғары ағынындағы киназа ИКК немесе jun-N-терминал киназа (JNK) сияқты қабыну сигналының маңызды молекулалық эффекторлары семіздік жағдайында және профилактикада аберрантты түрде белсендірілгені анықталды. NF $\kappa$ B/JNK сигналы инсулинге төзімді семіздікпен байланысты метаболикалық дисфункцияның маңызды бөліктерін жақсартты. Осы нәтижелерге сәйкес, салицилатпен емдеу адамдарда да, тышқандарда да инсулинге сезімталдықты және глюкоза гомеостазын жақсартты, бұл энергия гомеостазын бақылаудағы қабыну және метаболикалық белгілердің арасындағы тығыз өзара әрекеттесуді тағы да атап өтті[2].

Бір кездері инертті энергия сақтау қоймасы болып саналған май тіндері қазір жалпы энергетикалық гомеостаз үшін маңызы бар күшті эндокриндік орган болып саналады. Шынында да, адипоциттер қабынуға, тәбетті реттеуге, қан қысымын бақылауға және энергия балансына қатысатын ақуыздарды шығарады. Қалыпты физиологиялық жағдайларда май тінінің қызметі азық-түлік қолжетімділігінің әртүрлі жағдайларына жүйелі бейімделумен тығыз байланысты; ораза кезінде май тінінде сақталған липидтер тез шығарылып, перифериялық органдар, әсіресе қаңқа және жүрек бұлшықеттері мен бауырды қоса, энергия үшін пайдаланылуы мүмкін; дегенмен, шамадан тыс май тіндері инсулинге төзімділік, жүрек-қан тамырлары аурулары және қатерлі ісік қаупінің жоғарылауымен байланысты [3].

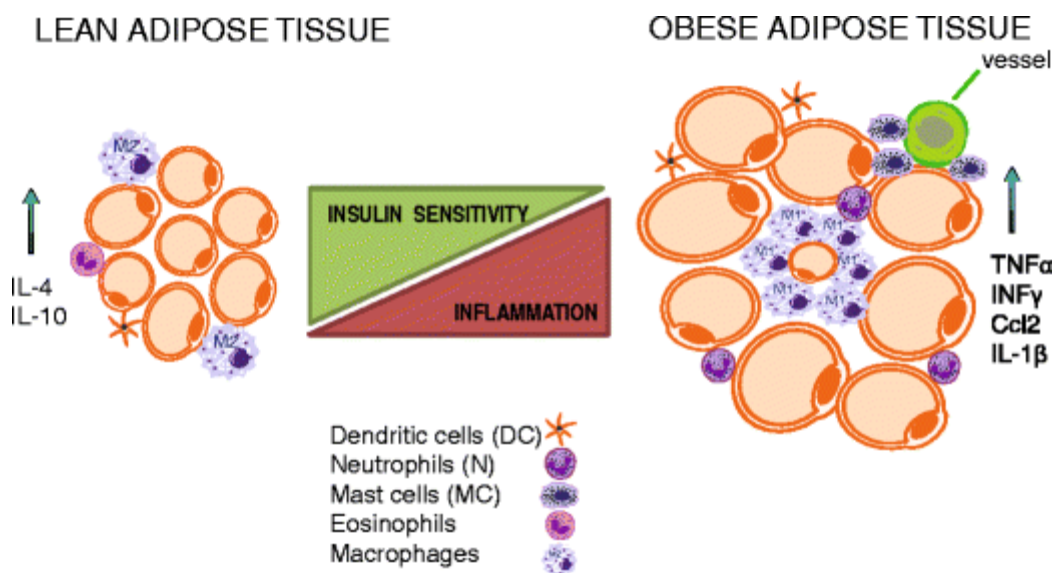
Жүйелік айналымдағы орталық орналасуын ескере отырып, бауыр жүйелі энергетикалық гомеостазды қолдау үшін дененің маңызды органдарының бірі ретінде қызмет етеді. Шынында да, бауыр тағамның қорытылуынан немесе эндогендік көздердің ыдырауынан, олардың метаболикалық түрленуінен немесе сақталуынан және периферияға түпкілікті (қайта) таралуынан туындайтын шағын молекулаларды қабылдаудағы маңызды бақылауды білдіреді. Демек, сүтқоректілердегі энергия субстраттары үшін басым конверсия нүктесі ретінде бауыр күнделікті/периодты аштық-тамақтану циклдәры кезінде адаптивті метаболикалық жауапта маңызды рөл атқарады. Осыған байланысты, бауыр инсулинінің сигнал беруіндегі ақаулар жүйелі перифериялық инсулинге төзімділіктің дамуына маңызды ықпал ететіні көрсетілді [4].

Қабыну және инсулинге төзімділік белгілі бір жағдайларда организмдер үшін эволюциялық артықшылықты қамтамасыз ететін бейімделгіш белгілер ретінде дамыды. Тиісті қабыну реакциясы инвазия қоздырғыштарымен күресу және өзгерген ісік жасушаларын тану үшін өте маңызды. Бұл сондай-ақ энергетикалық маңызды процесс, сондықтан иммундық жасушаларды қуаттандыру үшін қабыну



орнында инсулинге төзімділік дамиды. Қазіргі уақытта обезогендік ортада бастапқы пайдалы реакция метаболикалық дисфункцияның негізгі ықпал етушілерінің біріне айналды. Жалпы қоректік заттарды өңдеу және метаболизмді бақылау үшін май тінінің де, бауырдың да маңыздылығын ескере отырып, метаболикалық және қабыну жасушалары арасындағы май/бауыр ішілік байланыс жолдары энергия гомеостазының және метаболикалық дисфункцияның шешуші детерминанттары болып табылады, әсіресе семіздікпен байланысты инсулинге төзімділік және 2 типті қант диабеті.

Туа біткен немесе бейспецификалық иммундық жауап инвазивті патогендерге қарсы қорғаныстың бірінші желісін білдіреді және іс жүзінде туа біткен иммундық жасушалардың барлық түрлері май тінінде анықталған және май гомеостазын сақтауға немесе қабынудан туындаған метаболикалық ауруға қатысты [5].



Сурет 1. Семіздіктегі майлы тіндердің туа біткен иммундық жасушаларының популяцияларындағы өзгерістердің схемалық көрінісі

Майлы тін туа біткен иммундық жасушалардың аз болуымен сипатталады және негізінен қабынуға қарсы цитокиндер бөледі. Семіздікпен инсулинге сезімталдық май тінінің қабынуының жоғарылауына пропорционалды түрде төмендейді. Майлы тіндердің семіздігі иммундық жасушалардың инфильтрациясының жоғарылауымен және қабыну цитокиндерінің өндірісімен байланысты. IL-4 интерлейкин 4, ИЛ-10 интерлейкин 10, TNF $\alpha$  ісік некрозының факторы  $\alpha$ , IFN $\gamma$  интерферон  $\gamma$ , CCL2 хемокин (C-C мотиві) лиганд 2, IL-1 $\beta$  интерлейкин 1 $\beta$

**ИММУНДЫҚ ЖҮЙЕГЕ ЖАУАПТЫ ЖАСУШАЛАР.** Классикалық иммундық жауапта нейтрофилдер қабыну ошағында болатын алғашқы иммундық жасушалар болып табылады және әрі қарай макрофагтарды тартуға көмектеседі. Дәл осылай

семіздікте олар майлы тіндерге жоғары майлы тамақтандыруды бастағаннан кейін 3 күннен соң инфильтрацияланады және макрофагтардың инфильтрациясынан бұрын болады. Нейтрофилдер қабынуға қатысатын белгілі протеазалардың бірнеше түрін бөледі. Эластазаның, жақсы сипатталған пептидазаның экспрессиясы маймен қоректенетін тышқандардың майында маймен қоректенетін жануарлармен салыстырғанда жоғарылады және ол инсулин рецепторларының субстратының ыдырауы арқылы қабынудан туындаған инсулинге төзімділікке қатысты. Базофилдер адам қанындағы ең сирек гранулоциттер болып табылады және аллергиялық қабынуды реттеуге және модуляциялауға қатысады.

Эозинофилдер әдетте аллергиялық реакциямен және паразиттік инфекциямен байланысты. Семіздікке шалдыққан адамдар мен жануарлардың сарысуында жоғарылауына қарамастан, олардың май ұлпаларындағы саны семіздікпен бірге азаяды [6]. Эозинофилдер май тініндегі интерлейкин (IL)-4 негізгі көзі болып табылады, осылайша альтернативті белсендірілген M2 фенотипінде май макрофагтарын ұстап тұрады және тіндерді қабынудан қорғайды. Майы жоғары диетадағы эозинофил жетіспейтін тышқандар майдың жоғарылауын, глюкозаға төзімділіктің нашарлауын және классикалық белсендірілген макрофагтардың үлесінің жоғарылауын көрсетті, ал жалпы саны өзгерген жоқ. Бұл эозинофилдердің макрофагтардың поляризациясын реттеудегі қызметін көрсетеді және осылайша инсулинге сезімталдыққа әсер етеді.

Мастикалық жасушалар аллергиялық реакцияларда эффекторлар ретінде маңызды рөл атқарады және жараларды емдеуге және тіндерді қайта құруға қатысады. Бағаналы жасушалары шырышты және дәнекер тіндерге локализацияланады, олар вирустық және бактериялық қоздырғыштарға бірінші жауап ретінде әрекет етеді. Олар сүйек кемігінде пайда болады, бірақ басқа туа біткен иммундық жасушалардан айырмашылығы, олар мақсатты тінге жеткенше жетілмейді. Бұған қоса, майлы тіндерде бұрын мастикалық жасушалардың ізашарларының популяциясы анықталған, бұл сүйек кемігінен басқа, майлы тіндердің мастикалық жасушалардың басқа көзі болуы мүмкін екенін болжайды. Майлы тіндердегі мастикалық жасушалардың саны салыстырмалы түрде төмен, бірақ адамдарда, сондай-ақ жануарлар үлгілерінде майдың жиналуымен артады, бұл диетадан туындаған семіздікке және инсулинге төзімділікке үлес қосады. Аллергияның клиникалық емінде қолданылатын бағаналы жасушаларының тұрақтандырғыштарын, Кромоллинді (DSCG) және Задиторды (кетотифен) енгізу ұқсас нәтижелерге әкелді. Дің жасушалары азайған жануарлардағы дене салмағының төмендеуі, кем дегенде, ішінара термогенездің жоғарылауымен байланысты болуы мүмкін, өйткені олар тыныштықтағы метаболизм жылдамдығының жоғарылауын және қоңыр майдағы негізгі термогендік ақуыз UCP1 экспрессиясының жоғарылауын көрсетті [7].

Табиғи өлтіруші (NK) жасушалар - вирустық инфекция кезінде антигенге тәуелсіз цитотоксикалық жауапты белсендіру және ісікке қарсы жауапқа қатысу

қабілеті бар үлкен түйіршікті лимфоциттер. Олардың май тініндегі қызметі нақты анықталмаған. NK жасушалары май тінінде көп кездеседі, стромальды-тамырлы фракциядағы жасушалардың шамамен 30% құрайды. Олардың саны басқа лейкоциттермен реттелетін сияқты, өйткені В және Т жасушаларының жетіспеушілігі май тініндегі NK жасушаларының санының айқын артуына әкелді. Сонымен қатар, NK жасушаларының функциясының маңызды реттеушісі, IL-15, май тініндегі NK жасушаларының санына әсер ету ұсынылды. IL-15-ті шамадан тыс экспрессиялайтын трансгенді тышқандарда май тінінде NK жасушалары көп және майсыз фенотипті көрсетті, ал IL-15 тапшылығы дене салмағының жоғарылауымен және май тінінде NK жасушаларының азаюымен байланысты болды [8].

Лептин, адипоциттерден арнайы бөлінетін гормон, дене салмағы мен тәбетті реттеуге қатысады. Оның деңгейі лептинге төзімділікпен жүретін семіздікте жоғарылайды. Лептин инфекция кезінде қабыну реакциясын күшейтеді, көптеген цитокиндердің, мысалы, IL-1 $\beta$ , IFN $\gamma$ , IL-6, TNF $\alpha$ , макрофагтардың белсендірілуіне ықпал етеді. Пролиферативті және антиапоптоикалық әсерлер және осылайша семіздік пен иммундық дисфункция арасындағы сенімді байланысты қамтамасыз етеді.

Адамның бастапқы NK жасушаларының қысқа мерзімді лептинді ынталандыруы IFN $\gamma$  секрециясын және ісік жасушаларының жасушаға тәуелді цитотоксикалық лизисін арттырғаны көрсетілген. Дегенмен, керісінше, семіздік жағдайларын жақсырақ еліктейтін ұзақ мерзімді лептинді ынталандыру үшін дұрыс, өйткені бұл NK жасушаларының қабыну және цитотоксикалық агенттердің секрециясының төмендеуіне әкелді [9]. Демек, лептинге төзімділік орталық иммундық функцияны нашарлатуы мүмкін және семіз адамдардың қатерлі ісікке бейімділігін тудыруы мүмкін.

Табиғи өлтіруші Т (NKT) жасушаларының отбасы туа біткен және адаптивті иммунитет арасындағы көпір болып табылады және NKT жасушаларының бірнеше түрін қамтиды. Ең жақсы сипатталғандар инвариантты NKT жасушалары деп аталатын I типті NKT жасушалары болып табылады, олар май тінінде де көп. NKT жасушалары NK жасушаларының сипаттамаларын бөліседі және бір мезгілде инвариантты Т жасушалар рецепторларын және CD3-Т лимфоцит маркерлерін экспрессиялайды. Олар тағамдық немесе иммунологиялық нақты жағдайларда берілген ынталандыруларға байланысты қабыну немесе қабынуға қарсы бағытқа иммундық жауапты бұрмалауға қабілетті. NKT жасушалары антигенді ұсынатын жасушаларда MHC класс I тәрізді CD1d молекуласы ұсынған липидті антигендерді таниды және белсендіреді. Сонымен қатар, кейбір зерттеулерде NKT жасушаларының саны майы жоғары және аз майлы тамақтандыру арасында салыстырмалы болып қалады, бірақ жасушалар майы жоғары тамақтандырумен белсендірек және қабынуға қарсы цитокиндерді көбірек шығаратыны көрсетілген [10]. Тышқандардан айырмашылығы, NKT жасушалары адамның май тінінде сирек кездеседі және семіздікпен тіпті төменгі жиілікте де кездеседі. Неліктен кейбір

---

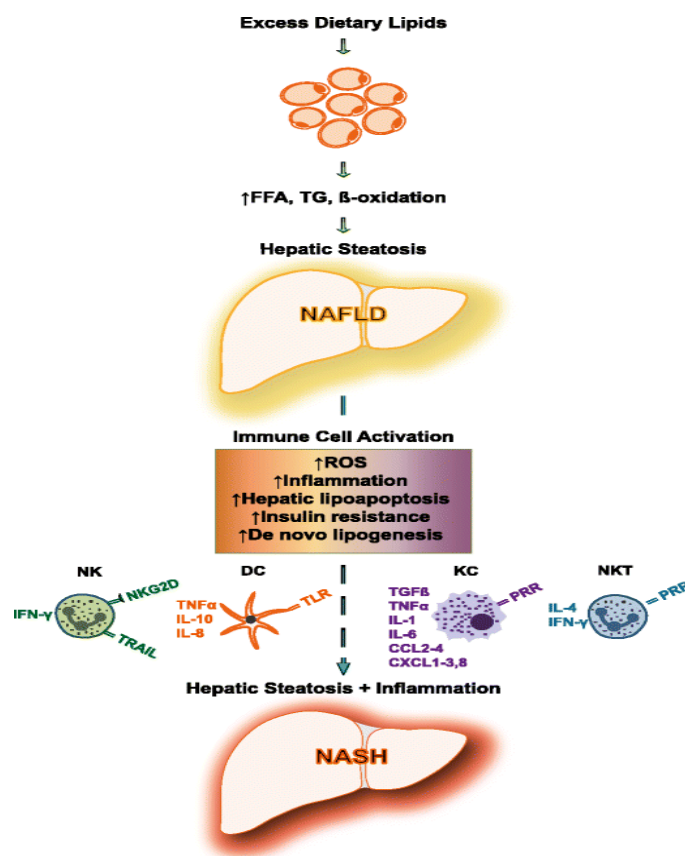
зерттеулерде НКТ жасушаларында липидті белсендіру кезінде қабынуға қарсы цитокиндердің өндірісін ұлғайту үшін семіздікпен байланысты патогенездің нашарлауымен бірге жүретіні туралы сұрақ қалады, ал басқалары семіздікпен байланысты жағдайлардың жақсарғанын көрсетті. Себептердің бірі тышқандардың әртүрлі штаммдарын, әртүрлі липидтердің мазмұнын, диеталар құрамын немесе азықтандыру мерзімін пайдалану болуы мүмкін. Май тінінің қызметіндегі НКТ жасушаларының рөлін анықтау үшін болашақ зерттеулер қажет болады.

Дендрит жасушалары (ДК) – кәдімгі немесе миелоидты, плазмацитоидты және жаңа сипатталған қабынулық ДК бар гетерогенді антиген беретін жасуша популяциясы. Олар патогенді қорғауға үлес қосады және макрофагтарды қабыну ошағына тартуға және CD4+ Т жасушаларын дайындауға қатысады. Дегенмен, ДК және олардың семіздікке байланысты төмен дәрежелі май тінінің қабынуындағы қызметі және инсулинге төзімділік туралы қол жетімді деректер көп емес. DCs тышқандар мен адамдардың май тінінде анықталды және олардың саны семіздікке байланысты өсті. Әрі қарай, DCs шамадан тыс тамақтану кезінде макрофагтарды майға тартуға қатысады [11], ал ДК жоқ тышқандар жоғары майлы индукцияланған семіздікке төзімді екенін көрсетті. DCs CD4+ Т-жасушаларына антигендер бере алады, содан кейін олар арық жануарларда Th1 иммундық реакциясын көрсететін эффекторлық жасушаларға айналады. Керісінше, семіздік немесе 2 типті диабеттік тышқандардың май тіндері Th1 реакциясынан Th17 реакциясына ауысады. Жақында Th17 иммундық реакциясының аутоиммунитеттің нашарлауы көрсетілді және метаболизм процесінде маңызды рөл атқаруы мүмкін; дегенмен, бұл түсінік қосымша зерттеуді қажет етеді.

Жасушалардың, тіндердің және мүшелердің үйлестірілген желісі патогендік және немесе зақымдалған «өзіндік» сигналдардан қорғаныстың бірінші желісі болып қалатын туа біткен иммундық жүйені құрайды. Адам бауырының анатомиялық орналасуы және қосарлы қанмен қамтамасыз етілуі (бауыр артериясынан 20 % оттегімен қаныққан қан және қолқа венасынан 80 % қоректік заттарға бай қан) әртүрлі антигендердің, патогендік тітіркендіргіштердің және токсиндердің тұрақты әсерін қамтамасыз етеді; органның иммунологиялық жауапқа қатыстылығын атап көрсетеді. Бауырдың туа біткен иммундық жасушаларына фагоцитарлық және лимфоцитарлы топтамалар кіреді. Купфер жасушалары (резиденттік бауыр макрофагтары) лимфоцитарлы табиғи өлтіруші жасушалармен, дендритті жасушалармен және табиғи өлтіруші Т жасушаларымен бірлескен күш-жігерде бауырдың иммундық күйін модуляциялайды. Адамның клиникалық зерттеулерімен сүйемелденген эксперименталды жануарлар үлгілері бауыр микроортасында базальды және зақымдану жағдайларында жоғарыда аталған иммундық жасушалардың (басқалармен қатар) қатысуын көрсетеді. Атап айтқанда, туа біткен бауыр иммундық жүйесінің жасушаларымен бақыланатын цитокиндік тепе-теңдік/теңгерімсіздік метаболикалық синдромнан дамидындарды қоса, аурудың патогенезін сыни реттейді [12].

---

**ЖҮЙЕЛІК МЕТАБОЛИКАЛЫҚ БҰЗЫЛУЛАР ЖӘНЕ БАУЫР ИММУНИТЕТІНІҢ ТҰА БІТКЕН АКТИВТЕНУІ.** Метаболикалық синдромның көрсеткіштері бауырдың стеатозының немесе бауырдың алкогольсіз майлы ауруларының дамуының белгілі себепші факторлары болып табылады. Майдың шамадан тыс жиналуы және бауырдағы триглицеридтердің жоғарылауы висцеральды майдың липолизінен де жаңа липогенезден немесе диетада майы жоғары қантты тағамдарды/сусындарды тұтынудан бос май қышқылдарының жеткізілуінен туындауы мүмкін. Май қышқылдарының вена арқылы тасымалдануы инсулиннің бауыр экстракциясын нашарлатады және глюконеогенез/триглицеридтер синтезін ынталандырады. Метаболикалық синдром/семіздік жаһандық пандемияға айналды, өйткені АҚШ-та және шетелде NAFLD пайда болу деңгейі өте жоғары, мұнда NAFLD қазіргі уақытта Батыс әлеміндегі ең көп таралған бауыр ауруы болып табылады. Бауырдың созымалы ауруларының классикалық патогенезіне NAFLD-дан алкогольсіз стеатогепатитке (NASH), стеатозбен, қабынудың күшеюімен және паренхималық жасушалардың жоғары зақымдануымен сипатталатын неғұрлым ауыр жарақат жағдайы жатады. Липидтердің асқын тотығуының және реактивті оттегі түрлерінің артуы үнемі цитокиндердің артық өндірілуін тудырады, майлы бауыр ауруында жасушалық дисфункцияны одан әрі күшейтеді. Осылайша, NASH пациенттерінің шамамен 20%-ы метаболикалық синдромның бауыр көріністерінің маңыздылығын көрсете отырып, соңғы сатыдағы бауыр ауруына (циррозына) ауысады. Бұл саладағы іргелі ғылыми зерттеулер кеңейген сайын, иммунологиялық компонентке көп көңіл бөлінді, нәтижесінде NAFLD және NASH кезінде туа біткен иммундық жауаптың үлестерін нақты анықтайтын көптеген зерттеулер жүргізілді [13].



Сурет 2. Иммундық жасуша арқылы болатын NAFLD патогенезі

NAFLD патогенезі көбінесе «екі соққы» гипотезасымен сипатталады. Тағамдық майларды шамадан тыс тұтыну генетикалық немесе басқа да ықтимал метаболикалық бұзылулармен бірге триглицеридтердің,  $\beta$ -тотығуының және глюкоза гомеостазының бұзылуының бір мезгілде жоғарылауымен май қышқылдары синтезінің жоғарылауын ынталандырады. Қарапайым стеатоз қосымша жарақатпен немесе «екінші соққымен» ұлпаның қабынуымен белгіленген NASH зақымдану жағдайын ілгерілетуі мүмкін. NAFLD-де байқалатын иммундық жасушалардың белсендіруі және NASH-да байқалған қабыну жасушаларының жоғарылауы инфильтраттың жоғарылауы бауыр микроортасын қабыну цитокиндерімен бұзады, кейіннен липопотоз, тотығу стрессі және инсулинге төзімділік артады. Туа біткен иммундық жасушалар бұл процестің маңызды медиаторлары болып табылады; осы шолуда ерекшеленгендер жоғарыда маңызды секреторлық факторлар мен рецепторлармен диаграммада көрсетілген. Тұрақты ток дендритті жасуша, KC Kupffer жасушасы, NK табиғи өлтіруші жасуша, NKT табиғи өлтіруші T жасушасы.

Купфер жасушаларымен бірлесе отырып, ДК бірінші болып шабуылдайтын патогенді анықтайды және иммунитет пен төзімділікті реттейтін кәсіби антигенді ұсынатын жасушалар ретінде жіктеледі. DCs, сондай-ақ T-жасушаларының жауаптарын дайындау арқылы туа біткен және бейімделген иммундық жүйелер арасындағы маңызды байланысты қамтамасыз етеді. DC екі негізгі популяцияға

бөлінеді: плазмациттоидты (ИФН CD123+ түзетін) және миелоидты (CD11c+), екеуі де адам бауырында. Бір қызығы, дендритті жасушалардың қасиеттері мен функциялары тіндердің түрлері арасында үлкен дәрежеде өзгереді (мысалы, адам DC және егеуқұйрық, бұл жасуша бетінің маркерлері арқылы DC популяцияларын анықтауды қиындатады). Холестатикалық аурудың тәжірибелік үлгілерінде ДК жинақталуы туралы хабарланды; дегенмен, бауыр метаболикалық синдромы және NASH прогрессиясы кезінде DC функциясы туралы азырақ белгілі. Сонымен қатар, DCs CD8 + T жасушаларының және қабыну моноциттерінің кеңеюін тоқтатты. Хеннинг пен оның әріптестерінің бұл талғампаз зерттеулері некротикалық және апоптотикалық жасуша қалдықтарын тазарту арқылы NASH-тегі DC үшін оң рөлді көрсетеді. Бұл деректер фиброздық ортадағы ДК рөлін зерттейтін алдыңғы зерттеулерді қолдайды, бұл жасуша түрі бауыр ауруларының өршуінде маңызды болуы мүмкін деп болжайды[14].

Бауырлық ДК сияқты, NKT жасушалары иммундық жауаптың туа біткен және бейімделген қолдары арасындағы маңызды байланыс желісін қамтамасыз етеді. NK жасушаларының сипаттамаларын білдіретін NKT жасушалары T-жасуша рецепторларының және NK жасушаларының маркерлерінің ауыспалы үлгісін көрсетеді және CD1d липидті антигенін таниды. Бауыр ішілік NKT жасушалары (тимуста дамиды) CD3 және CD56 үшін де оң және классикалық түрде I, II немесе III (CD1-тәуелсіз) типтерге бөлінеді, барлық ішкі типтері маңызды тамырішілік иммундық бақылауды қамтамасыз етеді. Бауыр антигенін ұсынатын жасушалар NKT жасушаларына микробтық гликолипидті антигендерді береді, Th1 немесе Th2 цитокиндерінің секрециясын ынталандырады, олар кейіннен көрші туа біткен иммундық жасушаларды және адаптивті T жасушаларын белсендіреді. NAFLD прогрессиясында NKT жасушаларының рөлі қалыптаса бастады, майлы бауырда NKT жасушаларының азаюы хабарланады, бірақ NASH-қа байланысты фиброзда жоғары жинақталады. Бауырдағы NKT жасушаларының мазмұнының бұл төмендеуі NAFLD бар науқастарда шеткі аймақтарда көрінеді. Жоғары майлы диета және семіздік IL-12 индукциясы арқылы NKT жасушаларының апоптозын қоздыратыны белгілі және жетілмеген миелоидты жасушалардың көбеюі тек NKT жасушаларының өлімін бағыттай алады. Инвариантты NKT жасушалары (iNKT, I типті жасушалар) арық және семіз тышқандардан алынған майлы тіндерде кеңінен зерттелген [15]. Линч және т.б. адам және тышқан майы мен бауыр тінде iNKT жасушаларының жоғары байытылуын көрсетті. Семіздік үлгісінде iNKT жасушаларының азаюы байқалды, бұл макрофагтардың инфильтрациясының болуымен корреляцияланды [16]. iNKT жасушаларында жетіспейтін тышқандарда салмақ жоғалту, майлы бауыр және инсулинге төзімділік жоғарылады. Бауыр NKT жасушаларының сонымен қатар остеокальцин (OPN) шығару мүмкіндігі бар, олардың екеуі де NAFLD/NASH және фиброздың үдеуіне ықпал ететіні белгілі. Sun және т.б. талғампаз зерттеулер. NKT азайған және MCD диетасымен қоректенетін тышқандарда Hh және OPN экспрессиясының әлсірегенін және бауырдың күрт зақымдалғанын хабарлады, бұл бауыр NKT жасушалары OPN және Hh

лигандтарын өндіру арқылы NASH прогрессиясын басқаратынын көрсетеді. Бұл зерттеулер II типті NKT жасушаларының бауырдың қабынуын бастайтыны және инсулинге төзімділікке әкелетін семіздікті күшейтетіні туралы алдыңғы дәлелдерді қолдайды. Hh сигналдарының әсерінен басқа, NFκB сигнализациясы NKT реттеуі үшін маңызды болуы мүмкін. Жақсартылған NASH дамытатын NFκB1 жетіспейтін тышқандар жабайы типтегі тышқандармен салыстырғанда бауыр NKT тартылуының жоғарылауын көрсетті [17]. NKT жасушаларының жиналуы IL-15 экспрессиясының жоғарылауымен байланысты болды, бұл NKT жетілуіне және өмір сүруіне әсер ететін цитокин. Бір қызығы, NFκB жоғалуы NKT жасушаларының тартылуын арттырып, кейіннен IFNγ өндірісін күшейте де, бауыр фиброзы (оны IFNγ арқылы әлсіретуі керек) әлі де байқалды, бұл NKT арқылы туа біткен жауаптардың айтарлықтай күрделілігін көрсетеді [18].

### ҚОРЫТЫНДЫ

Этиологиясы мен аурудың жай-күйіне жоғары тәуелді болатын жасуша фенотиптерінің/функцияларының үлкен күрделілігін ескере отырып, метаболикалық бұзылуларға терапиялық араласу үшін (туа біткен) иммундық жасушалардың ішкі жиынтықтарын пайдалану мүмкіндігін тексеру үшін болашақ жұмыс қажет екені анық. Инсулинге төзімділікті және семіздікке байланысты басқа бұзылуларды емдеуге арналған классикалық қабынуға қарсы стратегияларға салицилаттың жоғары дозасын енгізу [7], TNFα бейтараптандыру және интерлейкин-1 сигнализациясын тежеу, дегенмен әртүрлі тиімділікпен байланысты. Осыған байланысты, сонымен қатар диабетке қарсы препараттардың негізгі класы, TZD отбасының PPARγ агонистері, қабынуға қарсы әсер ететіні анықталды, бірақ сонымен бірге ауыр (жүрек-қан тамырлары) жанама әсерлерімен байланысты болды. Аурудың ауырлығына сәйкес келетін қабыну жасушаларының маркерлерін ашу үшін NAFLD және NASH пациенттеріндегі қабыну инфильтратын сипаттайтын жаңа тәсілдер басталды. Таңқаларлық емес, педиатриялық NAFLD кезінде иммундық жасуша профилдерін жақында бағалау CD136+ Купфер жасушаларының санының жоғарылауы аурудың ауырлығына байланысты екенін көрсетеді, ал CD3+ жасушаларында керісінше әсер байқалады. Бұл зерттеулердің саны аз болғанымен, басқа тиісті орган нысандарына, соның ішінде майлы тіндер мен қаңқа бұлшықеттеріне де кеңею күтілуде, бұл тиісті бақылаулары бар пациенттердің үлкен топтарынан маңыздырақ деректер бере алады. Әрбір иммундық субпопуляцияның сәйкес микроортадағы қызметі бірегей екені және белгілі бір жасуша түрлерінің азаюы немесе кеңеюі аурудың дамуын өзгерте алатыны анық. Осылайша, иммунометаболизмдегі болашақ зерттеулер семіздікке қарсы және диабетке қарсы терапияның жолдарын одан әрі анықтайды деп күтуге болады.



## ҚОЛДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР

1. Brownlee M (2001) Biochemistry and molecular cell biology of diabetic complications. *Nature* 414(6865):813–820
2. Hirosumi J, Tuncman G, Chang L, Gorgun CZ, Uysal KT, Maeda K, Karin M, Hotamisligil GS (2002) A central role for JNK in obesity and insulin resistance. *Nature* 420(6913):333–336. doi:[10.1038/nature01137](https://doi.org/10.1038/nature01137) [nature01137](https://doi.org/10.1038/nature01137)
3. Hotamisligil GS (2006) Inflammation and metabolic disorders. *Nature* 444(7121):860–867
4. Kim JK, Gavrilova O, Chen Y, Reitman ML, Shulman GI (2000) Mechanism of insulin resistance in A-ZIP/F-1 fatless mice. *J Biol Chem* 275(12):8456–8460
5. Biswas SK, Mantovani A (2012) Orchestration of metabolism by macrophages. *Cell Metab* 15(4):432–437. doi:[10.1016/j.cmet.2011.11.013](https://doi.org/10.1016/j.cmet.2011.11.013)
6. Vasudevan AR, Wu H, Xydakis AM, Jones PH, Smith EO, Sweeney JF, Corry DB, Ballantyne CM (2006) Eotaxin and obesity. *J Clin Endocrinol Metab* 91(1):256–261. doi:[10.1210/jc.2005-1280](https://doi.org/10.1210/jc.2005-1280)
7. Altintas MM, Azad A, Nayer B, Contreras G, Zaias J, Faul C, Reiser J, Nayer A (2011) Mast cells, macrophages, and crown-like structures distinguish subcutaneous from visceral fat in mice. *J lipid Res* 52(3):480–488. doi:[10.1194/jlr.M011338](https://doi.org/10.1194/jlr.M011338)
8. Herlong JL, Scott TR (2006) Positioning prostanoids of the D and J series in the immunopathogenic scheme. *Immunol lett* 102(2):121–131. doi:[10.1016/j.imlet.2005.10.004](https://doi.org/10.1016/j.imlet.2005.10.004)
9. Barra NG, Chew MV, Reid S, Ashkar AA (2012) Interleukin-15 treatment induces weight loss independent of lymphocytes. *PloS One* 7(6):e39553. doi:[10.1371/journal.pone.0039553](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0039553)
10. La Cava A, Matarese G (2004) The weight of leptin in immunity. *Nat Rev Immunol* 4(5):371–379. doi:[10.1038/nri1350](https://doi.org/10.1038/nri1350)
11. Ji Y, Sun S, Xia S, Yang L, Li X, Qi L (2012) Short-term high-fat-diet challenge promotes alternative macrophage polarization in adipose tissue via natural killer T cells and interleukin-4. *J Biol Chem*. doi:[10.1074/jbc.M112.371807](https://doi.org/10.1074/jbc.M112.371807)
12. Gao B, Jeong WI, Tian Z (2008) Liver: an organ with predominant innate immunity. *Hepatology* 47(2):729–736. doi:[10.1002/hep.22034](https://doi.org/10.1002/hep.22034)
13. Seki E, Schnabl B (2012) Role of innate immunity and the microbiota in liver fibrosis: crosstalk between the liver and gut. *J Physiol* 590(Pt 3):447–458. doi:[10.1113/jphysiol.2011.219691](https://doi.org/10.1113/jphysiol.2011.219691)

14. Odegaard JI, Chawla A (2008) Mechanisms of macrophage activation in obesity-induced insulin resistance. *Nat Clin Pract Endocrinol Metab* 4(11):619–626. doi:[10.1038/ncpendmet0976](https://doi.org/10.1038/ncpendmet0976)
15. Gao B, Radaeva S (2012) Natural killer and natural killer T cells in liver fibrosis. *Biochim Biophys Acta*. doi:[10.1016/j.bbadis.2012.09.008](https://doi.org/10.1016/j.bbadis.2012.09.008)
16. Tian Z, Chen Y, Gao B (2012) Natural killer cells in liver disease. *Hepatology*. doi:[10.1002/hep.26115](https://doi.org/10.1002/hep.26115)
17. Liaskou E, Wilson DV, Oo YH (2012) Innate immune cells in liver inflammation. *Mediat Inflamm* 2012:949157. doi:[10.1155/2012/949157](https://doi.org/10.1155/2012/949157)
18. Larsen CM, Faulenbach M, Vaag A, Volund A, Ehses JA, Seifert B, Mandrup-Poulsen T, Donath MY (2007) Interleukin-1-receptor antagonist in type 2 diabetes mellitus. *N Engl J Med* 356(15):1517–1526. doi:[10.1056/NEJMoa065213](https://doi.org/10.1056/NEJMoa065213)

## СҮЙЕК РЕГЕНЕРАЦИЯСЫНА АРНАЛҒАН МЕЗЕНХИМАЛДЫ БАҒАНАЛЫ ЖАСУШАЛАРДЫ ҚОЛДАНУ ТИІМДІЛІГІ

Ү.Н.Нүркен<sup>1</sup>, О.З.Ілдербаев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, 2 курс магистранты

E.mail: [nurkenovau@mail.ru](mailto:nurkenovau@mail.ru)

<sup>2</sup>Профессор, медицина ғылымдарының докторы

E.mail: [oiz5@yandex.ru](mailto:oiz5@yandex.ru)

**Аннотация.** Жарақаттардың, остеопороздың немесе ісіктердің нәтижесінде пайда болған сүйек сынықтарын қалпына келтіру регенеративті медицинадағы басты мәселелердің бірі болып табылады. Соңғы жылдары бағаналы жасушалар регенеративті медицинада өзін-өзі жаңарту және саралау қабілетіне байланысты қызықты нәтижелерге ие болды. Сонымен қатар, бағаналы жасушалар биоактивті молекулаларды бөліп шығаруға және әртүрлі қабылдаушы тіндердегі басқа жасушалардың әрекетін реттеуге қабілетті. Бағаналы жасушаларды пайдаланған кезде сүйек регенерация процесі тиімді және жылдам жақсаруы мүмкін. Осы мақсатта бағаналы жасушалар жиі биоматериалдармен /қапшықтармен және сынық орнында сүйектің жазылуын жеделдету үшін өсу факторларымен бірге қолданылады. Қысқаша, бұл шолу сүйек құрылымын және бағаналы жасушалардың остеогендік дифференциациясының тиімділігін сипаттайды. Сонымен қатар, жасушалық инженерия саласында сүйекті қалпына келтіру/қайта өсіру үшін мезенхималды бағаналы жасушаларының рөлі және олардың клиникалық қолданудағы соңғы жетістіктері талқыланады.

**Кілт сөздер:** мезенхималды бағаналы жасушалар, остеопороз, сүйек регенерациясы, сүйек аурулары, трансплантант.

**СҮЙЕК СЫНУ АУРУЛАРЫ.** Клиникалық тәжірибеде күнделікті сүйек аурулары байқалады, бұл денсаулықтың нашарлауына, әлеуметтік және экономикалық салдарға әкеледі [1]. Жыл сайын 20 миллионнан астам адам сүйек сыну ауруларымен ауырады [2]. Сынғаннан кейінгі сүйекті қалпына келтіру жүйелік және жергілікті факторлармен реттелетін бірізді жасушалық және молекулалық оқиғалар арқылы жаңа сүйектің пайда болуына әкелетін күрделі процесс [3].

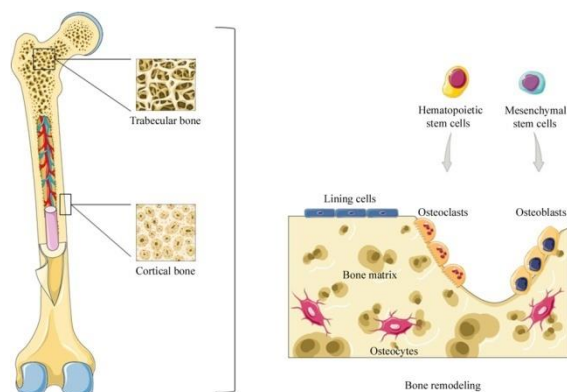
Сүйек сынуын қалпына келтіру әдетте зақымдалған қаңқа органын жарақатқа дейінгі қалпына келтірсе де, сынықтардың шамамен 10% қалыпты түрде емделмейді[1]. Шынында да, кейбір жағдайларда сүйек регенерациялау процесі остеосаркома, остеопороз, остеомалация, остеомиелит, аваскулярлық некроз және атрофиялық біріктірілмеу салдарынан кең сүйек резекцияларында сәтсіздікке ұшырауы мүмкін [2].

Атап айтқанда, остеосаркома және Ewing саркомасы жас субъектілерде диагноз қойылған сүйек қатерлі ісігінің ең көп таралған екі түрі болып табылады [1]. Шынында да, әдетте егде жастағы адамдарға әсер ететін басқа ісіктерден айырмашылығы [4], остеосаркома және Ewing саркомасы негізінен балалар мен жасөспірімдерде диагноз қойылады. Тиісінше 56 және 33% ересектерде таралады [5]. Остеосаркоманы емдеу химиотерапиямен байланысты хирургиялық резекцияны қамтиды [6]. Екінші жағынан, остеопороз - науқастарды сынықтардың даму қаупінің жоғарылауына әкелетін созылмалы ауру. Бұл патология қартайған популяциялардағы жоғары сырқаттанушылық пен өліммен сипатталады. Зақымдалған сүйектерді клиникалық тәжірибеде авто-трансплантат, алло-трансплантат немесе ксено-трансплантат сияқты сүйек трансплантаты арқылы қалыпты жағдайға қалпына келтіруге болады. Аутологиялық трансплантациялар мінсіз гистосәйкестікке, сондай-ақ остеоиндуктивті және остеоөткізгіш қасиеттерге байланысты сүйек регенерациясын жақсартудағы клиникалық алтын стандартты білдіреді. Дегенмен, автотрансплантациялар әлі де егу үшін қол жетімді сүйектің шектеулі мөлшерінен және донорлық аймақтың ауруынан туындайтын кейбір кемшіліктерді көрсетеді. Керісінше, алло-трансплантат пен ксено-трансплантат сүйек трансплантаттарына балама тәсіл, өйткені олар шектеулі аутологиялық сүйек жеткізу мәселесін шешеді және трансплантаттарды жинау үшін қосымша хирургиялық сынаманы қажет етпейді. Дегенмен, алло- және ксено-трансплантаттары донор тапшылығы, жоғары шығындар, жұқпалы агенттердің берілу қаупі немесе иммундық реакциялар сияқты кейбір кемшіліктерді ұсынады. Осы себептерге байланысты анағұрлым тиімді клиникалық терапиялық стратегия қажет. Осы мақсатта жасушалық инженерия сүйек жөндеуін/қайта өсуін жақсарту үшін жаңа остеоөткізгіш және остеоиндуктивті биоматериалдарды, бағаналы жасушаларды және өсу факторларын қолданды. Бағаналы жасушалар, атап айтқанда, жасушалардың регенерациясын/алмасуын бастайтын немесе қолдайтын молекулалардың секрециясына қоса, тұрақты өзін-өзі жаңарту және кеңейту, көп потенциалды, қабынуға қарсы және иммундық-модуляциялық әсерлерімен сипатталады. Клиникалық қолданбаларда 20 жылдан астам пайдаланылғанына қарамастан, бағаналы жасушалардың сүйек қалпына келтіру сипаттамалары мен әлеуеті әлі толық анықталмаған. Атап айтқанда, бағаналы жасушалар ақаулы жасушалар мен мүшелерді, соның ішінде сүйек, байлам және жүректі өсіру үшін бірнеше медициналық салаларда қарастырылды. Осылайша, бұл шолу сүйек жасушаларының регенерациясын жақсарту үшін бағаналы жасушаларды, атап айтқанда мезенхималды бағаналы жасушаларға арналған әлеуетті қолданбаларға назар аударады.

**СҮЙЕК ҚҰРЫЛЫСЫ.** Сүйек - дененің бірнеше мүшелерін қолдайтын және қорғайтын қатты және жоғары динамикалық жасуша. Сонымен қатар, сүйек жасушалары қызыл және ақ қан жасушаларын өндіру үшін ортаны қамтамасыз етеді, кальций мен фосфор сияқты минералды гомеостазда маңызды рөл атқарады және қаңқа бұлшықеттері үшін қатты негіз береді. Сүйек жасушасының екі түрін

анықтауға болады: сүйек массасының 80% құрайтын қатты кортикальды немесе ықшам сүйек және трабекулярлық сүйек, қалған бөлігі. Кортикальды сүйек сүйектің қатты-сыртқы қабаты болып табылады, ал трабекулярлық сүйек архитектурасы жүктемені беруді оңтайландыру үшін ұйымдастырылған. Трабекулярлы сүйек ұзын сүйектердің соңында, сонымен қатар жамбас сүйектерінде, бас сүйекте, қабырғаларда және омыртқаларда кездеседі. Сонымен қатар, оның құрамында гемопоэз жүретін қызыл сүйек кемігі бар.

Кортикальды және трабекулярлық сүйектер сүйектің қайта құрылуына ұшырайды (төменде қараңыз), сүйек массасының балансында және минералды гомеостазда маңызды рөл атқаратын өмірлік басым процесс. Сонымен қатар, сүйек тінінде екі түрлі фазаны ажыратуға болады (I) сүйек матрицасы және (II) остеобласттар, остеокласттар және остеоциттер сияқты жасушалық элементтерді қамтитын органикалық фаза (сурет 1).



Сурет 1. Сүйек құрылымының көрінісі

Сүйек тінінің екі түрін анықтауға болады: ықшам сүйек және трабекулярлық сүйек. Сүйек тіндері сүйектің қайта құрылуына ұшырайды, бұл сүйек массасының балансында және минералды гомеостазда маңызды рөл атқаратын өмірлік басым процесс. Сүйек қалпына келтіру кезінде гемопоэтикалық бағаналы жасушаларынан алынған остеокласттар ескі немесе зақымдалған сүйекті сіңіреді. Кейіннен остеокласттармен жойылған сүйекті ауыстыру үшін мезенхималық бағаналы жасушаларынан алынған остеобласттар зақымдалған аймаққа тартылады. Оның орнына остеобласттардан алынған остеоциттер сүйек матрицасына көмілген кезде өз қызметін тоқтатады.

**СҮЙЕК РЕГЕНЕРАЦИЯСЫНА БАҒАНАЛЫ ЖАСУШАЛАРДЫ ҚОЛДАНУ ТИІМДІЛІГІ.** Сүйек регенерациясы саласында мезенхималды бағаналы жасушалардың қолданатын жасуша негізіндегі терапия жарақат немесе сүйек аурулары салдарынан сүйек сынуларына қатысты бірнеше мәселелерді шешуге мүмкіндік береді. Сүйек қабыну тітіркендіргіштеріне ұшыраған кезде, жергілікті

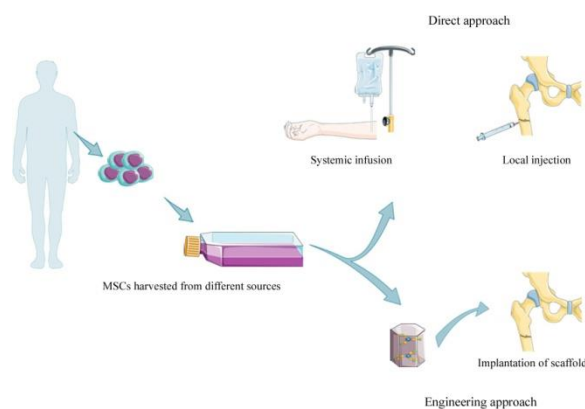
жөндеуге және сүйектерді емдеуге мүмкіндік беретін қабыну және регенеративті оқиғалардың каскады пайда болады. Бұл процесс қабынуға қарсы цитокиндердің жергілікті және жүйелі түрде шығарылуы, зақымдалған жерге иммундық жасушалардың тартылуы, жұмсақ жасушалардың қабынуы мен ісінуі, остеогендік гениторлық жасушалардың дифференциациясы, сүйек морфогенетикалық ақуыздарының жергілікті бөлінуі, каллустың қалыптасуы және сүйектің қайта құрылуы сияқты кейбір дәйекті оқиғаларды қамтиды. Сүйек қалпына келтіру кезінде, мезенхималды бағаналы жасушалар сүйек түзілуін қамтамасыз ету үшін остеобласттарға дифференциацияланатыны белгілі. Эндогендік немесе экзогендік мезенхималды бағаналы жасушалардың сүйек зақымдану орнына көшуі сүйек ауруын емдеудегі шешуші қадам болып табылады. Атап айтқанда, эндогенді мезенхималды бағаналы жасушалардың рекрутингіне иммундық жасушалар шығаратын қабыну медиаторлары әсер етеді, сүйек матрицасы шығаратын TGF- $\beta$ 1 немесе химокиндер, мысалы, стромальды жасушадан алынған фактор 1 (SDF-1 CXCL12 деп те белгілі). CXCL12 адамның мезенхималды бағаналы жасушалардың да, бастапқы остеобласттарда да жоғары деңгейде табылғаны көрсетілді; CXCL12 остеобласты саралау үшін қажетті мырыш-саусақ транскрипция факторларының суперфамилиясының мүшесі болып табылатын Slug арқылы реттелетін сияқты. Сонымен қатар, бұл процеске цитокиндер (мысалы, IL-6, TNF- $\alpha$  және IL-1 $\beta$ ) және өсу факторлары (IGF-1, PDGF-BB, TGF- $\beta$  және HGF) сияқты басқа хемотактикалық факторлар қатысады.

Жедел жарақаттан кейін экзогенді мезенхималды бағаналы жасушаларды дереу қолдану жергілікті және жүйелі қабыну реакцияларының төмендеуіне әкеледі. Көптеген зерттеулер мезенхималды бағаналы жасушалар иммундық жүйені Т жасушаларын басу арқылы реттей алатынын хабарлады, В-жасушаларының және НК жасушаларының белсендірілуін және көбеюін азайтады, сонымен бірге реттеуші Т жасушаларының пайда болуына ықпал етеді. Керісінше, жарақаттан кейінгі аралық кезеңдерде басқарылатын мезенхималды бағаналы жасушалар хондроциттер мен остеобласттарға дифференциациялануына байланысты сүйек жөндеуіне қатысады, осылайша жергілікті эндогендік остеопрогениторлық жасушаларды тартуды ынталандырады .

Мезенхималды бағаналы жасушалардың негізіндегі терапияда ықтимал шектеу инфузиядан кейін мезенхималды бағаналы жасушалардың сақталмауы болып табылады. Кейбір авторлар белсенді иммунологиялық процесс алло-мезенхималды бағаналы жасушалардың шектеулі тұрақтылығына да жауап береді деп сендірді. Шынында да, [Ankrum et al. \(2014\) басқа авторлар \( Paterson және т.б., 2014 \)](#) анықтағандай, мезенхималды бағаналы жасушалар «иммундық артықшылықты» емес, деген идеяны қолдады , өйткені донорлардан аллогендік мезенхималды бағаналы жасушалардың иммундық қабылдамауды тудыруы мүмкін [7]. ISCT адамның мезенхималды бағаналы жасушаларын МНС I оң және МНС II теріс деп анықтады[9]; [Ле Блан және т.б. \(2003\)](#) дифференциацияланбаған MSC I класс МНС

төмен деңгейлерін білдіретінін және МНС II класы үшін теріс екенін көрсетті, ал дифференциалданған мезенхималды бағаналы жасушалардың немесе IFN- $\gamma$  әсеріне ұшыраған мезенхималды бағаналы жасушалар МНС I және МНС II айтарлықтай көбірек көрсете алады.

Жасуша терапиясында белгілі бір жасушалардан жиналған мезенхималық бағаналы жасушалары культураның кеңеюімен немесе онсыз пайдаланылуы мүмкін [10]. Сонымен қатар, мезенхималды бағаналы жасушалар сүйектің зақымдалған аймағына жеткізілуі мүмкін: (I) жүйелі немесе жергілікті инъекциялар және (II) инженерлік әдістер [11]( [2-сурет](#) ).



Сурет 2. Мезенхималды бағаналы жасушалар негізіндегі терапияға арналған стратегиялар

Мезенхималды бағаналы жасушалар әртүрлі көздерден оқшаулануы мүмкін [мысалы, амниотикалық сұйықтық (AF-MSCs), стоматологиялық целлюлоза тіндері (DPSCs), плацентадан алынған MSCs (PD-MSCs), сүйек кемігі тіндері (BM-MSCs) және май тінінен (ADSCs)] клиникалық қолдану алдында культураны кеңейтумен немесе онсыз. Мезенхималды бағаналы жасушалардың тамыр ішіне жүйелі инфузия немесе жергілікті инъекция арқылы сыну орнына енгізуге (тікелей тәсіл) немесе зақымдалған аймаққа имплантациялау алдында тірекке (мысалы, керамика, полимерлер және композит) жүктеуге болады.

Мезенхималды бағаналы жасушалары өзін-өзі жаңарту, мультипотентті, иммуносупрессивті және гомингтік қасиеттеріне байланысты жасуша негізіндегі терапияға тартымды үміткерлер болып табылады. Сол сияқты, мезенхималды бағаналы жасушалар зақымдалған тіндерді қалпына келтіре алады, аутокриндік/паракриндік әсерлер көрсете алады және өзгертілген мезенхималды бағаналы жасушалар сүйек ауруларын емдеуде емдік молекулаларды/гендерді жеткізе алады.

Бүгінгі күні сүйектерді емдеудегі мезенхималды бағаналы жасушалардың нақты механизмдері олардың үлкен сүйек ақаулары бойынша өнімділігін бағалауға және клиникалық тәжірибеде қолданылатын ең жақсы тәсілдерді анықтауға қатысты әлі түсінілмейді. Атап айтқанда, қажетсіз мезенхималды бағаналы жасушалардың дифференциациясына қатысты мәселелерді болдырмау үшін қосымша зерттеулер қажет. Осы мақсатта *ex vivo* кеңейту кезінде мезенхималды бағаналы жасушалар өсу шарттарын реттеуге мүмкіндік беретін стандартталған хаттамалар қажет. Жасуша терапиясындағы басқа шектеулер этикалық мәселелерге, мүмкін иммунологиялық бас тартуға, қол жетімді бағаналы жасушаларының шектеулі санына немесе донорға байланысты айырмашылықтарға байланысты өзгермелілікке қатысты. Мезенхималды бағаналы жасушалар оқшаулау мен кеңейтуден басқа, сүйек регенеративті медицина үшін тағы бір қиындық сүйек жарақатына мезенхималды бағаналы жасушаларды жеткізу болып табылады. Осы контекстте сүйек сынықтары орнында мезенхималды бағаналы жасушалар ангиогенезі мен остеогендік дифференциациясын ілгерілету мақсатында мезенхималды бағаналы жасушалар үшін 3D ортаны қамтамасыз ету үшін бірнеше остеоиндуктивті/остеоөткізгіш биоматериалдар қолданылды. Бұл тәсілді BMPs (әсіресе BMP-2 және BMP-7) немесе PRP сияқты белгілі бір өсу факторлары болған кезде сәйкес биоматериалдарға мезенхималды бағаналы жасушаларды себу арқылы жақсартуға болады.

Сонымен қатар, ортопедиялық және травматологиялық жағдайларда сүйектің жазылу процесін жеделдету үшін ұлпалардан алынған мезенхималды бағаналы жасушалардың парақтарын жалғыз немесе әртүрлі тіректермен біріктіріп пайдалануға болады.

Дегенмен, мезенхималды бағаналы жасушалардың терапиясы тіндік инженериядағы қызықты даму болғанына қарамастан, қазіргі аяқталған клиникалық зерттеулер деректерінің болмауына байланысты сүйектерді қалпына келтіруге арналған жаңа мезенхималды бағаналы жасушалардың терапияларын ұсыну үшін қосымша зерттеулер қажет. Болашақта мезенхималды бағаналы жасушалардың әлеуеті туралы қосымша білім және жаңа терапевтік стратегияларды пайдалану сүйек регенерациясына/сауықтыруға жетілген тәсілдерді дамытуға мүмкіндік береді.

#### ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Абазари М.Ф., Неджати Ф., Насири Н., Хазени ЗАС, Назари Б., Эндерами С.Е. и др. (2019). Обогащенная тромбоцитами плазма, содержащая электропряденные нановолокна ПВА-хитозан-ГК, ускоряет остеогенную дифференцировку и реконструкцию кости. *Gen* 720:144096. doi: 10.1016/j.gene.2019.144096



---

2. Абдель Мегид, Э., Ке, Ю., Джи, Дж. и Эль-Хашаш, АНК (2018). Применение стволовых клеток в восстановлении и регенерации костей и зубов: новые идеи, инструменты и надежды. *Дж. Селл. Физиол.* 233, 1825–1835. doi: 10.1002/jcp.25940

3. Алмейда, Ч.Р., Васконселуш, Д.П., Гонсалвес, Р.М. и Барбоза, Массачусетс (2012). Усиление рекрутирования мезенхимальных стромальных клеток через естественные клетки-киллеры за счет включения воспалительных сигналов в биоматериалы. *JR Soc. Интерфейс* 9, 261–271. doi: 10.1098/rsif.2011.0357

4. Анкрум Дж. А., Онг Дж. Ф. и Карп Дж. М. (2014). Мезенхимальные стволовые клетки: иммуноускользающие, неиммупривилегированные. *Нат. Биотехнология.* 32, 252–260. doi: 10.1038/nbt.2816

5. Ансборо С., Рулофс А.Дж. и Де Бари К. (2017). Мезенхимальные стволовые клетки для лечения ревматоидного артрита: иммунная модуляция, восстановление или и то, и другое? *Курс. Мнение. Ревматол.* 29, 201–207. doi: 10.1097/BOR.0000000000000370

6. Арвидсон К., Абдаллах Б.М., Эплгейт Л.А., Бальдини Н., Ченни Э., Гомес-Баррена Э. и др. (2011). Регенерация костной ткани и стволовые клетки. *Дж. Селл. Мол. Мед.* 15, 718–746. doi: 10.1111/j.1582-4934.2010.01224.x

7. Бадилак, С.Ф., Фрейтес, Д.О. и Гилберт, Т.В. (2015). Перепечатка: внеклеточный матрикс как материал биологического каркаса: структура и функции. *Акта Биоматер.* 23 (Дополнение), С17–С26. doi: 10.1016/j.actbio.2015.07.016

8. Баллардини А., Монтези М., Пансери С., Вандини А., Бальбони П.Г., Тампиери А. и др. (2018). Новые нанофазы гидроксипатита с повышенной остеогенной и антибактериальной активностью. *Дж. Биомед. Матер. Рез. А* 106, 521–530. doi: 10.1002/jbm.a.36249

9. Байрактар, Х.Х., Морган, Э.Ф., Нибур, Г.Л., Моррис, Дж.Е., Вонг, Э.К. и Кивени, Т.М. (2004). Сравнение упругих и пластических свойств трабекулярной и кортикальной костной ткани бедренной кости человека. *Дж. Биомеханик.* 37, 27–35. doi: 10.1016/s0021-9290(03)00257-4

10. Бин О.С., Фонсека В.К., Купер Л.Л., Корен Г. и Дарлинг Э.М. (2014). Влияние старения на регенеративные свойства мезенхимальных стволовых/стромальных клеток костномозгового, мышечного и жирового происхождения. *PLoS One* 9:e115963. doi: 10.1371/journal.pone.0115963

11. Бельмар-Лопес К., Мендоса Г., Оберг Д., Бернет Дж., Саймон К., Сервелло И. и др. (2013). Мезенхимальные стромальные клетки тканевого происхождения, используемые в качестве носителя для противоопухолевой терапии, оказывают

различное влияние *in vivo* на миграцию и рост опухоли. *БМК Мед.* 11:139. doi: 10.1186/1741-7015-11-139

## ТАҢДАЛҒАН CHARA ТҮРЛЕРІНІҢ КҮШЕЙТІЛГЕН ФРАГМЕНТ ҰЗЫНДЫҒЫ ПОЛИМОРФИЗМІНЕ (AFLP) НЕГІЗДЕЛГЕН ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯСЫ

Қ.Б.Сапар

Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қаласы, Қазақстан  
(E-mail: sapar.aysar@bk.ru)

**Аңдатпа.** Харофиттер – су экожүйелерінің әртүрлі түрлерінде өсетін және жоғары пластикалық және морфологиялық өзгергіштікпен сипатталатын жасыл балдырлар тобы. Chara тұқымының бірнеше түрінің генетикалық әртүрлілігін және таксономиялық дәрежесін талдау үшін күшейтілген фрагмент ұзындығы полиморфизмінің (AFLP) фингерпринттеу әдісі қолданылды. Тұқымдасқа жататын түрлерді зерттедік. Гровезия (*C. tenuispina*, *C. globularis*, *C. virgata*, *C. aspera* және *C. strigosa*) және екі түр. Германия (*C. intermedia* және *C. hispida*). Жеке түрлер Көкшетаудың солтүстік-шығысында, орталық және шығысында егістік алқабында жиналды. Түрлер морфологиялық белгілер негізінде анықталды, содан кейін AFLP фингерпринттеу әдісі арқылы талданды. UPGMA кластерленуі және PCA талдауы, сондай-ақ морфологиялық талдау *C. tenuispina* және *C. globularis*-тің нақты бөлінуін анықтады, олар жоғары жүктеу мәндерімен қолдау көрсетілетін жеке кластерлерді құрады. Сондықтан бұл түрлер *C. globularis* сорттары емес, жеке таксондар ретінде ерекшеленді. Сол сияқты *C. virgata* да жеке шоғыр құрады, осылайша бұл таксонның *C. globularis* алуан түрі емес, жеке түр екенін растайды. AFLP талдауы *C. aspera* мен *C. strigosa* арасында ешқандай дифференциацияны көрсетпеді. Ұсынылған нәтижелер көптеген вариациялары мен формалары бар бірнеше полиморфты түрлердің болуының таксономиялық интерпретациясын толық қолдамайды, дегенмен кейбір мысалдарда көбею жүйесінің ерекше сипаты таксондардың ерекше белгісі ретінде пайдаланылуы мүмкін.

**Кілт сөздер:** Харофиттер, AFLP, Көкшетау, морфология, молекулалық таксономия

### КІРІСПЕ

Харофиттер (*Charales* отряды, *Characeae* тұқымдасы) Антарктидадан басқа барлық континенттерде тұрақты, баяу ағып жатқан тұщы және тұщы суларда су астында макрофиттер түрінде өсетін жоғары дамыған жасыл балдырлар тобы. Бұл жасыл балдырлар (тас құрттары ретінде белгілі) эмбриофиттердің бауырлас тобы болып табылады [1]. *Chara* L. тұқымдас үлгілерді анықтау кейде оңай емес, бұл көбінесе бір-біріне сәйкес келетін морфологиялық вариацияларға, таксондар арасындағы айқын аралық формаларға және морфологиялық вариацияны фенотиптік икемділік немесе даму айырмашылықтарының белгісіз дәрежесіне

байланысты. Осындай сәйкестендіру мәселелері харофит морфологиясын таксономиялық зерттеудің бастапқы кезеңінде шешілді. Бірнеше зерттеушілер харофиттердің морфологиялық өзгеру дәрежесін сипаттауға тырысты және әртүрлі түрлерді ажырату үшін пайдаланылуы мүмкін белгілі бір белгілерді ашты [2]. Нәтижесінде Chara тұқымы үшін тар және мономорфты түр концепциясы жасалды, бұл көптеген түрлерді анықтауға әкелді. Алайда, фенотиптік пластика мен көптеген белгілердің қабаттасатын морфологиялық вариациясына қатысты көптеген мәселелерге байланысты Вуд және Вуд және Имахори Characeae тұқымдасын екі топқа бөле отырып, кеңірек түр тұжырымдамасын қабылдады: Charae (соның ішінде тұқымдас). Chara, Nitellopsis, Lamprothamium, Lychnothamnus) және Nitellae (соның ішінде Nitella және Tolypella тұқымдасы). Бұл түрлердің санын азайтты және сол кезде сипатталған көптеген микротүрлердің орнына бүкіл әлемде тек 19 Chara түрі танылды. Осындай әртүрлі интерпретациялардың болуы, сондай-ақ әртүрлі харофиттерді анықтаудағы таксономиялық қиындықтар, ең алдымен, тұқым ішіндегі түрді ажырату үшін қандай сипаттамаларды қолдануға болатынын объективті анықтау үшін қолайлы әдістердің болмауынан туындауы мүмкін [3].

Мұндай жіктеу мәселелері тек Chara ғана емес, сонымен қатар Nitella үшін де тән [4]. Сканирлеуші электрондық микроскопияны қолдану арқылы Chara тұқымдасының ооспора өлшемдері мен өсімдіктің морфологиясын зерттеу нақты және қанағаттанарлық нәтиже бермеді.

Мұндай талдау *C. globularis*, *C. tenuispina* және *C. virgata* үшін жасалды [5]. Екінші жағынан, түр бойынша ооспора талдауы. Хартмания (*C. hispida*, *C. intermedia*, *C. polyacantha*, *C. rudis*) ооспора қабырғаларының тармақталуы ұқсастығына байланысты таксондар арасындағы өте тығыз байланысты көрсетті. Ооспора морфологиясына негізделген нәтижелер нақты жауап бермегендіктен, ұсынылған зерттеу молекулярлық саусақ ізі әдісін (AFLP) және морфологиялық талдауды пайдалана отырып, Chara тұқымындағы таксономиялық қатынастарға қатысты гипотезасын зерттейді. Атап айтқанда, тұқымдасқа жататын таксондарды зерттейміз. Гровезия Краузе бойынша ерекше деп қарастырылуы керек, немесе оларды *C. globularis* формалары мен сорттарына дейін азайту керек.

## ЗЕРТТЕУ ӘДІСТЕРІ

### *Өсімдік үлгілерін алу*

Зерттелген *C. aspera*, *C. globularis*, *C. hispida*, *C. intermedia*, *C. tenuispina* және *C. virgata* үлгілері Қазақстанның солтүстік-шығыс, орталық және шығысындағы табиғи аймақтардан жиналды. Әрбір түр Қазақстанның солтүстігіндегі көлінде ғана табылған *C. strigosa* қоспағанда, бірнеше елді мекендерден жиналды. Жинау сайттары туралы мәліметтерді 1-кестеден табуға болады.

Өсімдіктер тереңдігі 0,5 м-ге дейін таяз жерлерден қолмен немесе тереңірек жерлерде ілмекпен жиналды. Жиналған өсімдіктер (2-кесте) Краустың сәйкестендіру кілттері арқылы зерттелді.

#### Зерттелген популяциялардағы түрлер

Түрлер	Жеке түр саны бар елді мекен	Жинау уақыты
<i>C. aspera</i>	Зеренда	2023 тамыз
<i>C. globularis</i>	Имантау	2023 шілде
<i>C. hispida</i>	Көкшетау	2023 қазан
<i>C. intermedia</i>	Бурабай	2023 тамыз
<i>C. strigosa</i>	Бурабай	2023 қыркүйек

Жаңа піскен өсімдік материалы (әр түрге 5-10 данадан) егістікте жиналып, шыны ыдыстарға (әр түрі бөлек, 2-3 банка) салынып, тез арада зертханаға тасымалданды. Эпифиттерден бөгде ДНҚ-ның әсерін азайту үшін өсірілген өсімдіктен стереомикроскоптың астындағы инелермен бөлшектеу арқылы ірі жіп тәрізді балдырлар жойылды. Харофиттер бір ай бойы зертханалық жағдайда (бөлме температурасында солтүстікке қараған терезеден жарықпен) өсірілді. Осыдан кейін барлық өсімдіктер ағын сумен толтырылған жаңа банкаларға орналастырылды. Талдау үшін тек жаңа, жаңадан өскен ұлпалар (жас өркендер) пайдаланылды.

#### Кесте 1. Талданатын Chara түрлерінің әртүрлі авторлар бойынша жіктелуі

Krause (1997)	Wood & Imahori (1965)	Cirujano et al. (2008)
<i>C. aspera</i> Deth. ex Willd. 1809	<i>Chara globularis</i> var. <i>aspera</i> (Deth. ex Willd. 1809) R.D. Wood 1962	<i>Chara aspera</i> var. <i>aspera</i> Deth. ex Willd. 1809
<i>C. globularis</i> Thuill. 1799	<i>Chara globularis</i> var. <i>globularis</i> f. <i>globularis</i> R.D. Wood 1962	<i>Chara fragilis</i> Desv. in Loisel. 1810
<i>C. hispida</i> L.	<i>Chara hispida</i> var. <i>major</i> f. <i>major</i> (Hartm.) R.D. Wood 1962	<i>Chara hispida</i> var. <i>major</i> (Hartm.) R.D. Wood 1962

<i>C. intermedia</i> A.Br. 1859	<i>Chara hispida</i> var. <i>major</i> f. <i>intermedia</i> (A.Br.) R.D.Wood 1962	<i>Chara hispida</i> var. <i>hispida</i> (Hartm.) R.D. Wood 1962
<i>C. strigosa</i> A.Br 1847	<i>Chara globularis</i> f. <i>strigosa</i> (A. Br.) R.D. Wood 1962	-
<i>C. tenuispina</i> A.Br. 1835	<i>Chara globularis</i> var. <i>tenuispina</i> (Kütz.) R.D. Wood 1962	-
<i>C. virgata</i> ( <i>C. delicatula</i> ) Kütz. 1834	<i>Chara globularis</i> var. <i>virgata</i> (A. Br.) R.D. Wood 1962	-

Зерттелетін түрлердің морфологиялық сипаттамалары егжей-тегжейлі сипатталды және сипаттамалар дискриминациялық сипаттамалардың фотосуреттерімен толықтырылды (сурет 1a-l). Біз зерттелетін түрлерді ажыратуға мүмкіндік беретін келесі морфологиялық белгілерге ерекше назар аудардық: бір тұқымды, қос тұқымды түр, кортификация түрлері, өсімдік аулакант, тилакант, омыртқа жасушаларының болуы, жоқтығы, омыртқалардың типтері (рудиментті, ось диаметріне дейін ұзын), омыртқа жасушалары дара, жұппен, стипулодтардың болуы, екі қатардағы стипулодтар жақсы дамыған, стипулодтар рудиментарлы, жоғарғы қатар ұзарған, антеридий, оогонияның болуы, болмауы [6]. ДНҚ изоляциясы және AFLP саусақ ізі

Морфологиялық бақылауларға қоса, генетикалық саусақ ізі күшейтілген фрагмент ұзындығы полиморфизмдері (AFLPs) арқылы жүргізілді. AFLP процедурасының артықшылықтары келесідей: 1) мақсатты геном туралы априорлы білім қажет емес, 2) полиморфизмдерді жоғары тиімді анықтау және 3) кемсітушілік пен қайталану мүмкіндігінің жоғары болуымен біріктірілген әмбебап қолдану [7]. Бұл әдіс популяциялар арасындағы және популяциялар ішіндегі генетикалық әртүрлілік туралы ақпаратты болып табылады және түрлер арасындағы генетикалық қашықтықты бағалау үшін пайдаланылды. Толық геномдық ДНҚ өндірушінің хаттамасына сәйкес мұздатылған кептірілген, ұнтақталған материалды және DNeasy Plant Mini Kit көмегімен жаңа тіндерден бөлініп алынды. Ұяшықтар MM400 (Retsch, Хаан, Германия) араластырғыш диірменінің көмегімен бұзылды. ДНҚ сапасы мен саны флюорометрдің көмегімен анықталды (Эппендорф, Гамбург, Германия), бірақ алынған ДНҚ тұтастығы 1% TBE-агароза гелдерінде бағаланды.

AFLP процедурасы шамалы өзгертулермен ас қорыту, байлау, алдын ала күшейту және күшейту процедуралары Verity Thermocycler құрылғысында (Applied Biosystems, Карлсбад, АҚШ) орындалды. Егжей-тегжейлі процедураны бұрын сипаттаған. Селективті күшейту үшін біз ең пайдалы ретінде жиырмадан астам комбинациядан таңдалған төрт праймер жұбын қолдандық (3-кесте). Таңдамалы күшейтуден кейін флуоресцентті таңбаланған өнімдер ДНК өлшем стандарттарын (DNA Size Standard Kit 400) қосу арқылы Үлгі жүктеу ерітіндісінде (SLS) 10 × сұйылтылды және автоматтандырылған секвенсерде (GenomeLab™ сызықтық полиакриламид) бөлу гелінде (GenomeLab™ сызықтық полиакриламид) бөлінді. GenomeLab™ GeXP генетикалық талдау жүйесі, Бекман Култер, Бре, АҚШ). AFLP әдісінің қайталану мүмкіндігін бағалау үшін кейбір тұлғалардың талдауы қайталанды. Beckman Coulter Fragment Analysis Software бағдарламалық құралы арқылы өңделмеген деректер жиналды және ішкі өлшем стандартына сәйкестендірілді.

Барлық молекулалық талдаулар Броцлав Қоршаған орта және өмір туралы ғылымдар университетінің Ботаника және өсімдіктер экологиясы кафедрасында және Польша ғылым академиясының Ботаника институтында, Краков қаласында жүргізілді.

#### ДЕРЕКТЕРДІ ТАЛДАУ

AFLP фрагменттері мономорфты және бірегей локустардың санына және полиморфизм пайызы үшін талданды. AFLP әдісінің қайталану мүмкіндігін тексеру үшін кейбір тұлғалардың талдауы қайталанды. Барлық үлгілерде сәйкес жолақ болса, локус мономорфты болып саналады. Полиморфты локустардың жалпы пайызы FAMD v. 1.25 (көмегімен байқалған полиморфты жолақтардың санын анықталған жолақтардың жалпы санына бөлу арқылы есептелді. Үлгілердің жұптары арасындағы AFLP профильдерінің ұқсастығы келесі формула бойынша Джаккардың ұқсастық коэффициенті (Sneath, Sokal 1973) арқылы есептелді:

$$J = S_{ij} / (S_{ij} + S_i + S_j)$$

мұндағы:  $S_{ij}$  = екі түрге ортақ жолақтардың саны,  $S_i$  = тек  $i$  түрінде болатын жолақтардың саны және  $S_j$  = тек  $j$  түрінде болатын жолақтардың саны генетикалық қашықтығына негізделген UPGMA (Арифметикалық ортамен салмақталмаған жұп-топ әдісі) ағашы TREECON 1.3b көмегімен 1000 көшірмелерді қолдану арқылы жасалды және жүктелді. Молекулярлық деректердің негізгі компоненттерін талдау (PCA) MVSP 3.21 (Kovach 2007) көмегімен орындалды.

#### НӘТИЖЕЛЕР

Зерттелетін түрлердің морфологиялық дифференциациясы 1а-л суретте келтірілген. *S. aspera* дараларында бұтақшаның астында ұзын стипулодтар және ось диаметрінен асатын ұзын омыртқа жасушалары болды, бірақ олар сирек және

жалғыз болды. Бұтақшада орналасқан дара антеридийлер *C. aspera* екі тұқымды түр екеніне қайшы келеді. Әдеттегі *C. aspera*-ға ұқсас болғанымен, *C. strigosa*-да шоғырлар түрінде орналасқан әлдеқайда ұзағырақ стипулодтар мен тығыз омыртқа жасушалары болды, ал оогониялар біріктіріліп, төменде антеридийлері бар. Бұл морфологиялық айырмашылықтар бұл түрлерді бір-бірінен ажыратуға мүмкіндік береді. *Chara globularis* және *C. tenuispina* екеуі де ұқсас әдеті бар ашық жасыл түсті болды, бұл Вудтың *C. tenuispina* *C. globularis* алуан түрі ретінде қарастырылуы керек деген ұсынысын түсіндіреді. Екі түрді келесі морфологиялық айырмашылықтар бойынша ажыратуға болады: *C. tenuispina* омыртқа жасушалары негізінен ось аралықтарының жоғарғы бөліктерінде, олар осьтің диаметрінен ұзын, сондай-ақ екі қатар стипулодтар болды, олар ұзартылған, өткір болды, және ось диаметрінен ұзын. *Chara globularis*, алайда омыртқа жасушалары болды, ал стипулодтар жоқ немесе қарапайым болды. Сол сияқты бірдей белгілер *C. tenuispina* және *C. globularis*-ті ажыратуға мүмкіндік береді деп мәлімдеді. Сонымен қатар, екі түр де экологиялық артықшылықтармен ерекшеленеді және әртүрлі жағдайларда өседі. *Chara globularis* - көлдер, тоғандар, бассейндер және шымтезектерді пайдалану бассейндері сияқты әртүрлі су орталарында кездесетін космополиттік түр және мезотрофты және эвтрофты суларда өсетін кең экологиялық диапазонға ие. Керісінше, *C. tenuispina* тар экологиялық амплитудаға ие және тұщы сулы шымтезек алқаптарында немесе көлдердің жағалау аймағында, тамырлы өсімдіктер арасындағы көлеңкелі және таяз суларда кездеседі.

*C. intermedia* салыстырғанда *C. hispida* омыртқа жасушалары осьтің диаметрінен ұзағырақ болды және олар шоқтарда немесе үш топта пайда болды. Ал *C. intermedia* омыртқа жасушалары қысқарақ және жұп болып орналасады. *C. virgata* бұтақшасының астындағы стипулодтардың ұзынырақ жоғарғы бұрылыстарымен және қысқа және рудиментарлы омыртқа жасушаларымен сипатталды.

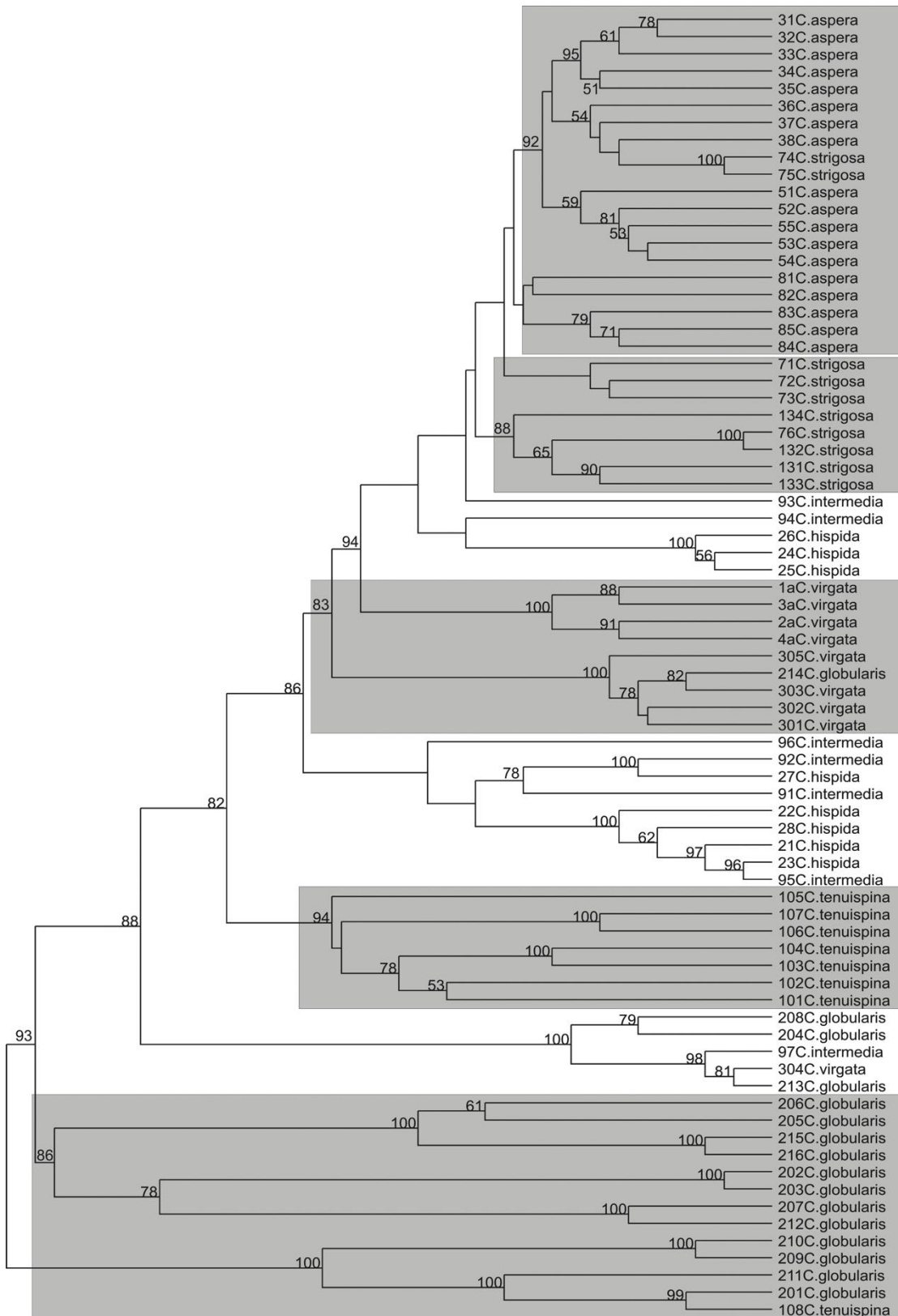
Талданған деректер AFLP жолақтарының жоғары сенімділігін көрсетті (96%-дан астам). Талдау алдында біз өлшемі 80-ден 450 битке дейін ауытқитын шамамен 20 түрлі EcoRIxxx–MseIxxx праймер комбинациясын сынадық (көбірек жолақтар сыналған, бірақ гельдер бойынша сенімді түрде бағаланбады). Осы 20 праймер комбинациясының төртеуі әрі қарай талдау үшін пайдаланылды (3-кесте). Түрішілік полиморфизмнің ең жоғары көрсеткіші *C. globularis* (76%) және *C. tenuispina* – 67-51% үшін анықталды. *C. aspera* үшін полиморфизм деңгейі 76% және *C. strigosa* үшін – 69% құрады. Полиморфизмнің ең төменгі көрсеткіштері *C. intermedia* (60-58%), *C. hispida* (66%) және *C. virgata* (68%) үшін анықталды. Джаккардың генетикалық ұқсастық индексі бойынша есептелген жұп үлгілер үшін AFLP профильдеріндегі ұқсастықтар 0,08-0,71 болды. Бұл көрсеткіш *C. tenuispina* және *C. globularis* жеке тұлғалары Джаккардың генетикалық ұқсастығының жоғары дәрежесін көрсеткенін көрсетеді (4-кесте).



Кесте 4

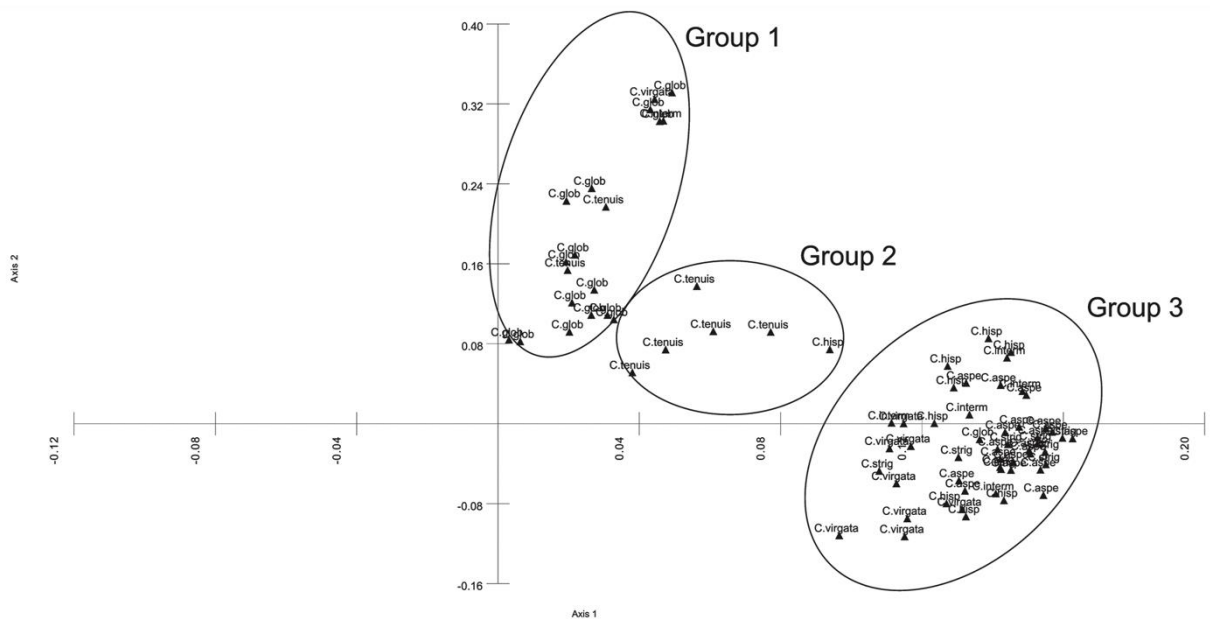
	<i>C. globularis</i>	<i>C. hispida</i>	<i>C. intermedia</i>	<i>C. strigosa</i>	<i>C. tenuissima</i>	<i>C. virgata</i>
<i>C. aspera</i>	0.16	0.18	0.14	0.68	0.37	0.21
<i>C. globularis</i>		0.27	0.30	0.47	0.69	0.49
<i>C. hispida</i>			0.71	0.29	0.08	0.1
<i>C. intermedia</i>				0.20	0.12	0.25
<i>C. strigosa</i>					0.31	0.38
<i>C. tenuissima</i>						0.46

AFLP деректерінің кластерлік талдауы түрлердің бірнеше топтарының бөлінуін көрсетті (2-сурет). Дегенмен, барлық түрлер нақты ажыратылмаған және бірнеше үлгілер басқа түрлермен араласқан. *C. tenuispina* және *C. globularis* екеуіне де жататын үлгілер жоғары жүктейтін тірегі бар бөлек кластерлерді құрады. *C. virgata* да жеке шоғыр құрады. PCA талдауы екі түрлі топқа бөлуді көрсетті: олардың біреуі негізінен *C. globularis* (1-топ) және екіншісі - *C. tenuispina* (2-топ) (3-сурет). *C. virgata* және *C. tenuispina* бірнеше особьтары *C. globularis* тобымен араласқан. *C. virgata* популяциясының өкілдері бір кластерде екі субкладе құрады, олар жоғары жүктеу мәндері бар *C. globularis* особьтарымен араласты (2-сурет).



Сурет 2. AFLP маркерлеріне негізделген көршілес қосылатын дендрограмма

*C. hispida* және *C. intermedia*-ға жататын басқа үлгілер аралас кластарды құрады; дара даралар басқа түрлермен араласқан немесе топтастырылған. *C. aspera*, *C. strigosa*, *C. virgata*, *C. hispida* және *C. intermedia* ұсынатын деректер нүктелерін PCA талдауы арқылы ажырату мүмкін болмады және түрлердің ажыратылмайтын тобын құрады (3-топ) (3-сурет). Үшінші топқа әдетте бір түрді екіншісінен ажыратуға болатын әртүрлі морфологиялық белгілері бар түрлер кіреді. Сол сияқты, UPGMA әдісі *C. aspera* мен *C. strigosa* арасындағы айырмашылықты көрсете алмады. UPGMA талдауындағы *C. aspera* және *C. strigosa* тобы/кластерлері ішінде әртүрлі популяцияларға жататын адамдар негізінен орта және жоғары жүктеу жолақтары мәндерімен қолдау көрсететін бөлек ішкі кластерлерді құра отырып, бірге топтастырылды (Сурет 2).



Сурет 3. Талданатын түрлердің AFLP негізгі компоненттік талдауы

Өкінішке орай, екі түрдің кіші топтары бір-бірімен араласып кеткен және әр түр үшін бөлек кластар құрмаған, бұл олардың арасындағы айырмашылықты анықтауға мүмкіндік береді.

### ТАЛҚЫЛАУ

AFLP талдауы үшін пайдаланылатын праймер комбинациялары полиморфты жолақтар үшін орташа 96% пайызды құрады.

Бұрын ооспора өлшемдері *Chara tenuispina* A. Braun 1835 және *C. globularis* Thuill екенін көрсетті. 1799 ұсынғандай *C. globularis* полиморфты вариациялары емес, ерекше түрлер ретінде танылуы керек. Бұл ооспора қабырғаларының әшекейлерінің SEM суреттерімен расталмады. Ұсынылған UPGMA және PCA талдауларының нәтижелері екі таксонның бөлінуін болжайды, бұл әрі қарай жоғары жүктеу мәндерімен қолдау тапты (2-3-суреттер). Сондықтан, біз *C.*

*tenuispina*-ны Вуд пен Имахори ұсынған *C. globularis* полиморфты түрлер тобының формасы емес, жеке түр ретінде жіктеу керек деп ұсынамыз. AFLP саусақ ізін алу әдісіне негізделген зерттеуіміз де Schneider және т.б. алынған соңғы нәтижелерді растайды. , ол штрих-код гендерін пайдаланып *C. globularis*-ті *C. tenuispina*-дан сәтті ажыратты. Бұл жағдайда әртүрлі орындардан жиналған үлгілерде орындалған молекулалық талдау морфологиялық сипаттамаларға сәйкес келеді. Екі түрдің де сыртқы түрі ұқсас (жіңішке әдет, трилостичозды қыртыста омыртқа жасушалары жоқ), бірақ *C. tenuispina* ось диаметрінен ұзын омыртқа жасушалары бар әлдеқайда ұзын стипулодтарға ие, әсіресе бұтақшаның тікелей астында. Бұл екі таңбаның да морфологиялық дифференциацияда жарамды екенін көрсетеді және біз Краузе және бұл қасиет екі түрді ажырату үшін маңызды таңба деп келісеміз.

Бұрын Urbaniak *C. globularis* және *C. virgata* ооспораларының бір топтама құрайтынын және олардың ою-өрнектері бойынша ерекшеленбейтінін анықтады, осылайша таксондар арасында тығыз таксономиялық байланыс бар екенін көрсетеді. Біздің нәтижелеріміз екі түрді де толық ажыратпаса, мұндай мәлімдеме дұрыс болуы мүмкін. *C. globularis* және *C. virgata* особьтары PCA талдауында *C. tenuispina* (1-топ) араласқан немесе *C. aspera*, *C. strigosa*, *C. virgata*, *C. hispida* және *C. intermedia*-мен бірге бір дифференциацияланбаған түрлер тобын құрады. (3-топ) (3-сурет). UPGMA суретінде *C. globularis* және *C. virgata* жоғары жүктеу мәндерімен қолдау көрсетілетін бір және анық бөлінген кластерді құрмады, бірақ барлық дерлік *C. globularis* индивидтері жоғары жүктеу мәндері қолдайтын екі топта бір-біріне жақын орналасқан. *C. virgata*-ның кейбір особьтары да басқа түрлермен араласқан, дегенмен, *C. virgata*-ның жиналған үлгілері Краузе сипаттаған үлгілерге өте ұқсас болды, яғни бұтақшаның астындағы стипулодтардың ұзаққа созылған үстіңгі қатарлары, айқын трипlostихты, бар thylacanthous кортекс, осьте рудиментарлы омыртқа жасушалары және ризоидтарда шар тәрізді емес, ақ. Олардың *C. globularis* үлгілерінен айырмашылығы болды, оларда рудиментарлы стипулодтары бар және қыртысында омыртқа жасушалары жоқ. Бұл AFLP нәтижелерінің *C. globularis*-ті *C. virgata*-дан, сондай-ақ басқа түрлерден ерекшелендіретін морфологиялық белгілермен ішінара келіспейтінін көрсетеді, мысалы. сектаға жататындар. Хартмания, олар айтарлықтай ерекшеленеді. MatK және *rbcL* гендерінің негізінде *C. globularis*-ті *C. virgata*-дан анық ажыратады, бірақ *C. globularis* ретінде тікенектері жоқ және (әдетте сәл ғана) ұзартылған стипулодтары бар үлгілерді қабылдайды. Біз *C. globularis*-тің ұзартылған стипулодтары жоқ және мұндай стипулодтармен жабдықталған үлгілерді өтпелі формалар ретінде қарастыру керек деген ортақ мағынамен келісеміз. Екінші жағынан, стипулодтар назарға алынуы мүмкін жалғыз кейіпкерлер емес. Бақыланатын морфологиялық дифференциация, әсіресе *C. globularis*-те өте үлкен, сондай-ақ даулы морфологиялық белгілердің саны. 3-топқа тек *C. virgata* ғана емес, сонымен қатар *C. globularis* және *C. tenuispina* дарақтары кіреді. Бұл тағы да осы түрлер арасындағы тығыз таксономиялық, филогенетикалық жақындықты растайды (трипlostихты кортекспен біртұтас және нәзік жіңішке хабитус).

Басқаша айтқанда, зертханалық өсіру және талдау алдында дәл сәйкестендіруге қарамастан, біз осы нақты жағдайда өте мұқият болғанымызға қарамастан, кейбір үлгілер қате анықталған болуы мүмкін. Сондықтан, ықтимал түсініктемелердің бірі - біздің молекулалық әдістер морфологиялық дифференциацияны толық көрсетпейді.

*C. globularis* және *C. virgata* кейбір особьтары трилостичтермен шешілмеген топ құрады: *C. strigosa*, *C. aspera* және диплостич *C. hispida* және *C. intermedia* – 3-топ (3-сурет). Бұл түрлердің барлығы бір тұқымды, *C. aspera*-дан басқа, ол екі тұқымды түр болып табылады, бірақ бұл айырмашылық тағы да AFLP талдауына сәйкес келмеді. Біз бұл топтағы түрлерді РҚА талдауы арқылы, әсіресе бір және екі тұқымды түрлерді ажырата алмадық. UPGMA ағашында *C. aspera* және *C. strigosa* особьтарының ықшам тобын құрады, ал *C. aspera* арасында тек бірнеше *C. strigosa* особьтары табылды. Өкінішке орай, талдаулардың ешқайсысы *C. aspera* мен *C. strigosa* арасындағы нақты қолайлы дифференциацияны көрсетпейді. Екі түрдің үлгілері бөлек бұтақтардың орнына бірнеше субкладтарды құрады (Сурет 2). Олардың таксономиялық дифференциациясына қатысты күмән тудыратын басқа зерттелген үлгілер таксондарға жатады: *C. hispida* және *C. intermedia* (*Hartmania* сектасы). Олар бір 3-топқа кіретін басқа даралардан өлшемі, кортификациясы, омыртқа жасушаларының болуы және жалпы көрінісі бойынша ерекшеленеді (3-сурет).

Сол сияқты морфологиядағы маңызды айырмашылықтар, мысалы, харофиттерді әдеттегі сәйкестендіруге мүмкіндік беретін габитус немесе кортификация түрі, біздің нәтижелерімізді зерттелген түрлерді ажырату үшін пайдалы деп растамады. AFLP пайдаланған Urbaniak & Combik, кейінірек Schneider et al. Штрих-код гендерін пайдаланған әлдеқайда үлкен деректер жинағында *C. hispida* және *C. intermedia* арасындағы айырмашылықтарды таппады. Қазіргі біліммен Вуд және Имахори түрлер арасындағы өте жақын таксономиялық қатынастар туралы мәлідемесі. Хартмания қолайлы сияқты.

AFLP саусақ ізін алу әдісі әртүрлі өсімдік түрлерінің популяциялары арасындағы шағын генетикалық айырмашылықтарды анықтай алатын таксономистер үшін пайдалы құрал болып табылады. Бұл *C. globularis* және *C. tenuispina* идентификациясы жағдайында сәтті орындалды. Сонымен қатар, бұл жағдайда морфологиялық белгілер молекулалық әдістерге негізделген сәйкестендірумен нақты сәйкес келеді. Алайда кейде бір-бірімен тығыз байланысты таксондарды ажырату мүмкін емес. Бұл *C. aspera* және *C. strigosa*, *C. hispida* және *C. intermedia* немесе сектаның басқа түрлері. Германия. Олардың арасындағы генетикалық айырмашылықтар морфологиялық айырмашылықтарда көрінуі мүмкін және филогенетикалық қарым-қатынастар осы білімнен шығарылуы мүмкін. Көптеген мысалдар бұл ереже емес екенін көрсетеді. Тағы бір жақсы мысал - *C. aspera* және *C. strigosa*, олардың әдеттері ұқсас, бірақ олардың көбею жүйесінде айтарлықтай ерекшеленеді. Көбею әдісі түрді ажырату үшін қолданылатын ең

маңызды белгі болып табылады. Сондықтан Майрдың биологиялық түрлерге классикалық анықтамасына сүйене отырып, *C. aspera* және *C. strigosa* жеке түрлер ретінде қарастырылуы керек. Біздің нәтижелеріміз тек ішінара қарама-қайшы, бірақ олардың таксономиялық қатынастарын нақты анықтау үшін әлдеқайда көп деректер қажет. Басқа әдістерді қолдану да көмектесуі мүмкін. Schneider және т.б. пайдаланған штрих-код маркерлері, *matK* және *rbcL*, морфология мен көбею жүйесін генетикалық деректермен байланыстыра алмады. Олар екі түрді де сәтті ажыратады, бірақ таңқаларлық *C. strigosa* *C. virgata*-мен бір класты құрады.

Еуропа бойынша солтүстік-оңтүстік градиенті бойымен (Швециядан Германияға дейін) жиналған *C. baltica* және *C. intermedia* популяциялары арасындағы айырмашылықтарды AFLP пайдалана отырып, таралудың орталық бөлігіндегі популяциялар аралық ерекшеліктерді көрсетті, бұл жеке адамдар бұл аймақта ортақ атаның белгілерін білдіруі мүмкін. Ықтимал түсініктемелердің бірі - жақын туысқан түрлер арасындағы, әсіресе сектадағы түрлер арасындағы таксономиялық континуум. Хартмания (*C. baltica*, *C. hispida*, *C. horrida*, *C. intermedia*, *C. polyacantha* және *C. rudis*). Бұл саусақ ізі әдісін пайдалану кезінде бұрын байқалған болатын. Түр континуумы тек кейбір түрлердің басқалардан мүлде ерекшеленетінін көрсетеді. Сонымен қатар, ұқсас болып көрінетін түрлер табиғатта кездесетін кезде морфологиялық және молекулалық тұрғыдан бір-бірінен айтарлықтай ерекшеленеді. Бұл *C. tenuispina*, сонымен қатар жеке түрлер ретінде қарастыруға болатын басқа *Chara* түрлерінде ұсынылған нәтижелердің негізінде байқалады: *C. baueri*, *C. canescens*, *C. globularis*. Басқа түрлердің көпшілігі, мысалы. *C. baltica*, *C. hispida*, *C. intermedia*, *C. polyacantha* және *C. rudis*, морфологиялық және молекулярлық маркерлерді пайдалану арқылы мүлдем ажыратылмауы мүмкін және оларды ажыратудың сенімді дәлелдері әлі де жоқ. Оларды әлі де басқа түрлердің вариациялары немесе формалары ретінде қарастыруға болады. Түрлердің континуумы түрлер арасындағы будандастырудың бұрын болғанын және қазіргі кезде де болуы мүмкін екенін көрсетуі мүмкін.

Басқа авторлар штрих-код маркерлерін пайдаланып түрлерді ажырата алмады. Әртүрлі түрлер әртүрлі таксондарды көрсетуі мүмкін, бірақ қоршаған ортаның әртүрлі жағдайларына фенотиптік немесе генотиптік бейімделумен бүркемеленеді. Сонымен қатар, *C. hispida* және *C. intermedia*-да әртүрлі жарық жағдайларына жауап ретінде тармақталу өзгерістерінің болатынын көрсетті. *C. aspera* тұщы және тұщы су популяциялары арасындағы морфологиялық айырмашылықтар генетикалық айырмашылықтармен емес, кем дегенде ішінара тұздылыққа пластикалық реакциялармен түсіндіріледі деген қорытындыға келді. Осылайша, фенотиптік пластикалық және әртүрлі қоршаған орта жағдайларына генетикалық бейімделу көптеген харофит түрлерінде байқалатын морфологиялық өзгерістің негізінде жатыр, бұл өз кезегінде макроэволюцияны қозғайтын табиғи сұрыптауға негіз береді [10]. Харофит түрлері (және харофиттердің әртүрлі бөлімдері ішінде) арасындағы тығыз таксономиялық байланыс жалпыға белгілі

және филогенетикалық жақын түрлер арасындағы морфологиялық ұқсастықтың жоғары дәрежесінде көрінеді. Бұл зерттеудің нәтижелері Вуд пен Имахори ұсынған таксономиялық интерпретацияны толық қолдамаса да, олар жекелеген түрлерді макротүрлерге біріктіру мүмкіндігін жоққа шығармайды. Жеке түрлерді ажыратудың таксономиялық критерийлері анық болмаса да, организмдерді түрлерге және макротүрлерге бөлу идеясы жалпыға қолайлы, лабораториялық жағдайда харофиттердің байқалатын фенотиптік пластикалығы мен олардың молекулалық белгілермен байланысын зерттеуге көбірек көңіл бөлу керек.

## АЛҒЫС

Авторлар *C. tenuispina* үлгілерін жинауға көмектескені үшін Жаманғара А.Қ ханымға және қолжазбаның қазіргі нұсқасы бойынша ұсыныстары мен пікірлері үшін анонимді рецензенттерге алғысын білдіреді.

## ҚОЛДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Blindow, I. & Schütte, M. (2007). Әртүрлі жарық және тұздылық жағдайында *Chara aspera*-ның ұзаруы және мат түзілуі. Гидробиол. 584: 69-76.
2. Bögle, M.G., Schneider, S., Mannschrei, B. & Melzer, A. (2007). Морфологиясы мен күшейтілген фрагмент ұзындығы полиморфизмі негізінде *C. hispida* мен салыстырғанда *Chara intermedia* және *C. baltica* дифференциациясы. Гидробиол. 586: 155-166.
3. Bögle, M.G., Schneider, S.C., Schubert, H. & Melzer, A. (2010). *Chara baltica* Bruzelius 1824 ж. Aqua. Төменгі 93: 195-201.
4. Браун, А. және Нордстедт, С.Ф.О. (1882). Харацея туралы монографияның фрагменттері. А.Браун қалдырған қолжазбалар негізінде. Ғылым ака.д. К. Берлинге, Берлинге.
5. Сируджано, С., Камбра, Дж., Санчес-Кастильо, П.М., Меко, А. & Флор-Арнау, Н. (2008). *Carofitos (Characeae)*. Флора Иберика Алгас континенттері. Мадрид: Реал Жардин Ботанико. Кориллион, Р. (1957). *Les Charophycées de France және d'Europe Occidentale*. Ренн: Импримерия Бретонна.
6. Гроувз, Дж. және Буллок-Вебстер, Г.Р. (1924). Британдық Charophyta. II том. Characeae тақтайшалары бар мақалалар, геологиялық эскиз, библиография және индекс. Лондон: Рэй қоғамы.
7. Janssen, P., Coorman, R., Huys, G., Swings, J., Bleeker, P. et al. (1996). Бактериялық таксономиядағы жаңа құрал ретінде AFLP ДНҚ саусақ ізін анықтау әдісін бағалау. Микробиол. 1942: 1881-1893 жж.

8. Ковач, В.Л. (2007). MVSP - Windows жүйесіне арналған көп өзгермелі статистикалық пакет, 3.1 нұсқасы. Kovach Computing Services, Пентрает, Уэльс, Ұлыбритания. Краузе, В. (1997). Charales (Charophyceae). Ена: Густав Фишер Верлаг.

9. Mannschreck, В., Fink, Т. & Melzer, А. (2002). Күшейтілген фрагмент ұзындығы полиморфизмін пайдалана отырып, таңдалған Chara түрлерінің (Charophyta) биосистематикасы. Фикол. 41:657-666.

10. Маккорт, Р.М., Дельвич, К.Ф. & Карол К.Г. (2004). Шарофиттер және құрлық өсімдіктерінің шығу тегі. Эколдағы трендтер. Эвол. 19:661-666.

11. Майерс, С.Т., Проктор, В.В. & Чапман, Р.Л. (1999). Филогенез және Chara (Charophyta) биогеографиясы бойынша қорытынды жасалды 18S рДНК тізбегі. австралиялық. J Bot 47:347-360



## ОЦЕНКА ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА РЕГИОНА (НА ПРИМЕРЕ БАЯНАУЛЬСКОГО РАЙОНА)

А.А.Бериков<sup>1</sup>, Т.Н.Самарханов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>магистрант 2-го года обучения ОП 7М01504-География, , PhD,

<sup>2</sup>Международный университет Астана, г. Астана, Республика Казахстан

[talant.68@mail.ru](mailto:talant.68@mail.ru)

**Аннотация.** Данная статья представляет собой исследование туристско-рекреационного потенциала Баянаульского района, фокусируясь на анализе его природных, культурных и инфраструктурных ресурсов для развития туризма. Авторы проводят комплексную оценку привлекательности региона для туристов и выявляют факторы, способствующие или препятствующие развитию туристской отрасли. Статья освещает разнообразие природных достопримечательностей, исторического наследия и современных развлекательных возможностей, предлагаемых Баянаульским районом. Кроме того, проводится анализ существующей туристской инфраструктуры, а также предлагаются рекомендации по ее улучшению с целью привлечения большего числа туристов. Результаты исследования предоставляют практическую базу для местных властей, предпринимателей и туристических организаций, содействуя разработке стратегий развития туризма в Баянаульском районе, а также способствуя устойчивому росту туристской индустрии в данном регионе.

**Ключевые слова:** туризм, рекреация, потенциал, благосостояние, услуги, путешествие

В нынешних условиях негативных экологических вызовов внутренний туризм по праву рассматривается как одна из «точек роста» экономики страны. Это определяет необходимость и востребованность различных видов исследований в сфере туризма и гостеприимства, в том числе оценки туристско-рекреационного потенциала регионов и разработки методического инструментария функционирования и оценки деятельности субъектов туристского рынка.

На сегодняшний день можно констатировать недостаток научно-аналитических материалов по проблемам ресурсообеспеченности территорий для развития различных видов туризма, что определяет актуальность и востребованность исследований по вопросам оценки и определения перспектив использования туристско-рекреационный потенциал для развития туризма в регионах.

Цель данного исследования - дать комплексную оценку, выявить проблемы и рассмотреть перспективы развития туристско-рекреационного комплекса

Баянаульского района. Авторы исходят из гипотезы о том, что данный регион обладает определенным природно-климатическим потенциалом для развития в нем различных видов туризма. Кроме того, впервые в условиях интенсификации внутреннего туризма и смещения акцентов на государственном уровне на динамизацию туристских потоков как внутри регионов, так и между ними. В условиях интенсификации внутреннего туризма предпринята попытка выделить приоритетные виды туристского предпринимательства, рассматриваемого как один из драйверов социально-экономического развития Баянаульского района, что является определенным элементом научной новизны проведенного исследования.

Методологическую и методологическую основу исследования составили фундаментальные и прикладные положения теорем регионального доминирования, теории новой экономической географии, бизнес-статистики, методы синтеза, сравнительного и факторного анализа.

Как показали исследования, Баянаульский район является экономически важным, активно развивающимся регионом страны, обладающим определенным туристско-рекреационным потенциалом, который должен стать базой для развития различных видов туризма. Отдых и восстановление сил - одна из основных потребностей человека. Существуют различные способы удовлетворения этой потребности, но чаще всего это делается путем смены рабочей среды на контрастную - природу, которая воздействует на человека своими. Наиболее распространенным способом является смена рабочей среды на естественную среду, среду, которая обладает эстетическими и медико-биологическими качествами. Чтобы в полной мере использовать рекреационные качества природных ландшафтов, особенно удаленных от мировых урбанистических центров, их необходимо изучить, а затем представить на высоком уровне, привлекая в район иностранные инвестиции и туристов. Баянаульский район Павлодарской области является таким малоизученным и отдаленным районом.

Баянаульский район занимает территорию с площадью 18,5 тыс. км<sup>2</sup>. на юго-западе Павлодарской области. На севере граничит с сельским округом города Экибастуза, на северо-востоке - с сельским округом города Аксу, на востоке - с Майским районом, на юге и западе - с Карагандинской областью [1, 2].

Климат района резко континентальный с жарким летом (до +35°C) и суровой (до - 34°C) зимой. Среднегодовое количество осадков колеблется от 270 до 277 мм, средняя температура января 14°-16°C, июля +18°+20°C. Снежный покров окончательно устанавливается в конце ноября [1, 2].

Баянауыл – один из красивейших мест нашей страны, расположенный в полупустынной степи, знаменит живописными ландшафтами, разнообразной живой природой. Горные склоны и долины поражают обилием и разнообразием видов растений. Достопримечательности Баянауыла включают как природные, так и исторические памятники. Известный исследователь П. Драверт обнаружил

---

петроглифы, описал ряд менгиров - древнейших памятников из вертикальных каменных колонн. В Национальном парке Баянауыл находятся не только менгиры и петроглифы, оставленные палеолитическим человеком, но и дольмены - древнейшие захоронения из огромных плитчатых блоков. В 1926 году Драверт обнаружил и описал грот на берегу озера Жасыбай, рядом с возвышающимся Атбасом. Сейчас грот носит имя исследователя. Он также описал "каменные изваяния", десятиметровую статую которых уже не найти. Однако курганы различной формы, возведенные в разное время, многочисленны [2, 3].

Фактически, с экономической точки зрения, природные и историко-культурные ресурсы выступают как средства производства. Это характерная особенность туристско-рекреационных услуг. Затем они становятся основой для всех остальных видов ресурсов и, наконец, для создания туристско-рекреационной инфраструктуры.

Природным достоянием Баянауыла является особо охраняемая природная территория Республики Казахстана – Баянаульский государственный национальный природный парк. Парк был основан в 1985 году, став первым национальным парком в Казахстане. Причиной создания парка послужила необходимость сохранения и восстановления естественной флоры и фауны Баянаульского хребта. Общая площадь парка составляет 68 453 га [2, 3].

Национальный парк расположен на юго-востоке Павлодарской области (Баянаульский район), на восточной окраине сухостепной Ерментау-Баянаульской физико-географической провинции, среди сухих степей с темно-каштановыми почвами легкой текстуры [3, 4]. Провинция охватывает обширную северо-восточную часть Центрального Казахстана. Для этого региона характерно преобладание пересеченной, мелкосопочной местности с множеством каменистых низин баянаульского типа. Почвы на территории связаны с вертикальной зональностью, обусловленной горным рельефом. Здесь развиты горнолесные почвы под сосновыми лесами и горными черноземами.

В парке доступны несколько видов отдыха, включая купание, прогулки по горам, скалолазание и катание на горных велосипедах. Многие из мест отдыха предлагают экскурсии.

«Здесь я нашел то, что вечно искал - настоящие райские земли» (первый философ казахской степи Асан Кайгы о Баянауле, 15 век) «Баянаул – священная для всех казахстанцев земля» (первый Президент Республики Казахстан Нурсултан Назарбаев, 2005 год).

На территории Баянаульского национального парка находятся девять озер, что существенно влияет на рекреационную привлекательность района исследования. Шесть озер имеют площадь водной поверхности менее 1 км<sup>2</sup>. Три

пресноводных озер – Сабындыколь, Жасыбай и Торайгыр относительно крупные, их площадь – от 1 до 7,4 км<sup>2</sup>. Общая суммарная площадь всех озер составляет около 15,3 км<sup>2</sup> и составляет около 3% территории национального парка. Группа озер Баянауыл характеризуется живописными берегами с причудливыми склонами. Воде, стекающей в озера, благоприятствует значительная высота окружающих нагорий, на которых выпадает больше осадков; вода быстро стекает с нагорий в озера, а также просачивается в кристаллическую породу через трещины и достигает озер в виде постоянного подповерхностного стока. Благодаря этому относительно глубокие озера района не пересыхают [3]. Основным местом для купания является озеро Жасыбай, так как оно самое чистое и прозрачное среди других озер. Кроме того, с его берегов открывается живописный вид. Именно на берегу этого озера работает большинство зон отдыха, а на пляже можно взять напрокат катамараны, гребные и моторные лодки.

Баянауыл - одно из любимых мест туристов, в основном из близлежащих городов Центрального и Северного Казахстана. На территории парка функционирует большое количество домов и зон отдыха. На территории Баянаульского государственного национального природного парка имеется 35 домов отдыха, из которых 28 расположены на берегу озера Жасыбай, 5 - на озере Сабындыколь, 2 - на озере Торайгыр и 2 детских лагеря с проживанием, лодками, катамаранами, автобусами для проведения экскурсий и культурных мероприятий в летний период. В настоящее время в национальном парке насчитывается 37 археологических и природных памятников и объектов показа. Для развития туризма в парке разработаны и утверждены 11 туристических маршрутов общей протяженностью 208,5 км и 1 ботаническая тропа [2].

Особый интерес для туристов в Баянауыле представляют некоторые скалы и камни, которые в результате многовекового воздействия ветра и воды приобрели причудливую форму и иногда напоминают животных, людей или даже грузовики, спускающиеся с горы. Одним из самых известных является каменная голова (казах-кемпир тас), более известная как Баба Яга. При взгляде под углом она действительно напоминает голову лысой беззубой старухи с хитрой ухмылкой. Другое не менее известное творение - камень Достоинства, который говорит сам за себя. Среди других камней причудливой формы - верблюд, головы мамонта и гориллы, голубь, голова лошади и многие другие.

Скала Мужественности популярна среди альпинистов, а горы Булка и Пик смелых, а также гора Акбет являются самыми высокими. На вершине горы Булка есть шесть озер, которые пересыхают в сухой сезон. Одной из местных достопримечательностей является "священная пещера". Считается, что у каждого, кто войдет в пещеру и загадает желание, прикоснувшись ладонью к ее стене, а затем выйдет, не поворачивая головы в сторону выхода, желание исполнится. Также считается, что пещера помогает бесплодным родителям зачать ребенка, для чего в

---

ней проводится соответствующий ритуал. Так это или нет, но поток туристов в пещеру непрерывен в те дни, когда она открыта для посещения.

Высокий природно-ресурсный потенциал в Баянауле позволяет активно развивать отдельные виды туризма, в первую очередь рекреационный и лечебный. Имеются также возможности для внедрения других видов туризма: спортивного, экологического, приключенческого, водного, горного, горнолыжного.

В то же время подавляющее большинство административно-территориальной единицы Баянаульского района не готовы к обслуживанию туристов из-за низкого уровня развития туристской инфраструктуры.

Для повышения эффективности туристического бизнеса в Баянауле необходимо решить вопросы транспортной доступности периферийных территорий с высоким туристическим потенциалом и создать новые объекты рекреационного и лечебного туризма. Для этого необходимо привлечь инвестиции и получить значительную государственную поддержку.

Однако большинство из них имеют лишь примитивную инфраструктуру и почти спартанские условия жизни. В частности, отсутствует канализация, в коттеджах нет источников питьевой воды и умывальников, а для того, чтобы принять душ, обычно приходится стоять в очереди. Тем не менее, это не останавливает туристов, которых привлекает красота местной природы и некоторые места, считающиеся священными у религиозных людей.

Таким образом, можно сделать вывод, что природная составляющая рекреационных ресурсов Баянаульского района достаточно обширна и благоприятна, и здесь возможно развитие рекреационной деятельности в сфере охоты и рыбалки, а также экологического и экстремального туризма. Данные виды туризма могут привлечь определенную категорию туристов из зарубежных стран, которые любят посещать нетронутые уголки природы и испытывать себя в экстремальных условиях.

Однако к недостаткам туристско-рекреационной инфраструктуры можно отнести неразвитую инфраструктурную составляющую, устаревшие номера и оборудование большинства санаторно-курортных организаций и туристских баз. Некоторые из них не ремонтировались более 30 лет, поэтому сложно говорить о конкуренции внутри страны и тем более с мировым рекреационным рынком. В целом, проблемы, стоящие перед туристско-рекреационным комплексом, можно разделить на 3 типа: институциональные, организационные и маркетинговые. Для решения этих проблем необходимо:

- усилить маркетинговую составляющую для продвижения региональных туристических продуктов: санаторно-курортного, медицинского, сельского, экстремального, событийного, делового (MICE) туризма;

- провести аудит элементов инфраструктуры туризма с целью определения степени ее износа и соответствия современным нормам и требованиям;

- активизировать подготовку кадров отрасли на всех уровнях с привлечением ведущих специалистов туристско-рекреационных компаний и предприятий гостеприимства.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бабина С.И., Мекуш Г.Е. Малое и среднее предпринимательство в новой парадигме социально-экономического развития региона // Экономика и предпринимательство. – 2016. – № 12-2 (77). – с. 384-388.

2. Жакупов А.А., Берденов Ж.Г., Мусабаева М.Н., Джанелеева Г.М. Природная составляющая туристско-рекреационного потенциала Баянаульского района Павлодарской области: сборник трудов конференции. // Образование и наука в современных условиях: материалы междунар. науч.-практ. конф. (Чебоксары, 22 окт. 2014 г.) / редкол.: О.Н. Широков [и др.] – Чебоксары: Центр научного сотрудничества «Интерактив плюс», 2014. – С. 18-22. – ISBN 978-5-906626-43-1.

3. <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/405081>

4. Царегородцева А.Г., Ержанов Н.Т., Сапаров К.Т., Калиева А.А., Камкин В.А. Геоэкология БГНПП. Часть 1 // Павлодар, 2007. – 115 с.

5. Дуйсенбай Н.Б., Ержанов Н.Т. Материалы исследования экосистемы озера Сабындыколь // Вестник Государственного университета имени Шакарима города Семей. №3 (79), 2017. С.124-129.

## БИОЛОГИЯ ПӘНІНЕН ОҚУШЫЛАРДЫ ҰБТ – ҒА ДАЙЫНДАЙТЫН ОҚУ ҚҰРАЛЫН ПАЙДАЛАНУДЫҢ ТИІМДІЛІГІН АНЫҚТАУ

З.М.Абылқасымова<sup>1</sup>, А.Д.Спанбаев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Д.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, 2 курс магистранты  
(E-mail: [aby1\\_2019@mail.ru](mailto:aby1_2019@mail.ru))

<sup>2</sup>Д.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, жалпы биология және геномика кафедрасының  
қауымдастырылған профессоры, PhD  
(E-mail: [Spanbayev@gmail.com](mailto:Spanbayev@gmail.com))

**Аңдатпа.** Бұл мақалада оқушыларды ҰБТ – ға дұрыс дайындайтын педагогикалық әдістер мен нұсқаулықтар, мультимедиалық заманауи құрылғылар мен қосымшалар туралы ақпараттандырылған. Басты түйін – оқушыларға дұрыс бағыт беріп, оқу құралының тиімділігі жеткізіледі. Биология пәнінен оқу құралдарын әзірлеу және қолдану кезіндегі ҰБТ – ға дайындықтың тиімділігін диагностикалау және ұтымдылығын анықталады. Оқушылардың оқу деңгейін бағалау мәселесін зерттеген зерттеушілер қазіргі педагогикалық бақылау жүйесі жетілмеген деген қорытындыға келді. Оқыту деңгейін бағалау тиімді, объективті, психологиялық тұрғыдан ыңғайлы және үнемді процесс болуы керек. Тұлғаға бағытталған оқыту жүйесінде тек оқу процесі ғана емес, сонымен қатар оқу деңгейін бақылау оның нәтижелерін бағалау үшін қолайлы жағдай туғызатын әдіспен ұйымдастырылуы керек. Ұлттық бірыңғай тестілеуді процедуралық кезеңдердің жиынтығы ретінде қарастыруға болады: тесттерді жоспарлау, құрастыру және сынау, нәтижелерді өңдеу және түсіндіру. Білім мен дағдыларды меңгеру деңгейін тексерудің жаппай әдісі, оқушылардың нәтижелерін салыстыратын бірыңғай әдістемелік құралдарды қолдану ретінде қарастырылады. Оқушылардың практикалық зерттеу қызметін, оқу мотивациясын, оқу кезінде шығармашылық әлеуетті іске асыру арқылы зерттеу жұмыстарының нәтижесінде биологияға талпынысы анықталады.

**Кілт сөздер:** ҰБТ, оқу құралы, білімді бақылау, диагностика, алгоритм, мониторинг, i Test, QUIZIZZ, Shoq.ai, Quizlet, Kahoot.

### КІРІСПЕ

Көптеген елдерде университетке түсу емтихандары немесе мектеп бітіру емтихандары тәуелсіз тестілік бағалау форматына ие болды. Бұл формат бағалаудың субъективті компонентін жояды және барлық қатысушылардың мүмкіндіктерін теңестіреді.

ҰБТ – бұл жоғары оқу орындарына түсу үшін талапкерлер тапсыратын Қазақстан Республикасының аумағында бірыңғай ұлттық тестілеу.

Қазақстанда 2004 жылдан бастап осындай бағалау ҰБТ – ұлттық бірыңғай тестілеу болып табылады. ҰБТ – бұл жоғары оқу орындарына түсуді жоспарлап отырған барлық талапкерлер тапсыратын Қазақстан Республикасының аумағындағы ұлттық бірыңғай тестілеу. Шын мәнінде, бұл қабылдау емтихандары. Тестілеу нәтижесін алғаннан кейін талапкер әртүрлі университеттерге құжаттар тапсыруға мүмкіндік алады.

Тестілеудің барысы Білім және Ғылым Министрлігімен бекітілгені боулы шарт, сол арқылы талапкер өзінің мектеп қабырғасындағы білімін шыңдап, тестілеуді сәтті тапсыра алады. Минималды өту ұпайының арқасында бұл шынымен де талантты талапкерлерді тегін оқытуға мүмкіндік береді.

Тестілеу шеңберінде 7 – 11 сыныптардың мектеп биология курстарының барлық негізгі бөлімдерінің мазмұны тексеріледі. Емтихан жұмысының әр нұсқасына келесі бөлімдердің мазмұнын тексеретін тапсырмалар кіреді: ботаника, зоология, анатомия, жалпы биология. Сонымен қатар, тапсырмалардың жартысына жуығы оқулықта келтірілген білімді көбейту қабілетін ғана емес, сонымен қатар оларды биологиялық объектілер мен құбылыстарды салыстыру және түсіндіру үшін қолдану қабілетін де тексереді [1].

Объективті шындық, оқушыларды қорытынды аттестаттауды Ұлттық бірыңғай тестілеу түрінде енгізу жағдайында әрбір мұғалім, әрине, оның түлегі мүмкіндігінше жоғары дайындық деңгейін көрсетуге тырысады. ҰБТ-ға, кез-келген басқа емтихан сияқты, оқушыларды дайындау керек, бірақ бұл дайындық әр түрлі тапсырмаларды ойланбастан орындауға "үйретпеуі" керек. Түлектер емтиханда көрсеткен жоғары нәтижелердің кепілі-бұл барлық жылдар бойы жүйелі түрде ойластырылған жұмыс.

Оқушыларды сапалы дайындау үшін пән бойынша сабақтар-үйірмелер, факультативтік және элективті курстар өткізу және жоғары оқу орнына дейінгі дайындықты ұйымдастыру қажет. Тақырыптың қолданбалы бағытын күшейтуге назар аудару қажет.

Оқушыларды ұлттық бірыңғай тестілеуге дайындау практикасында мен факультативтік және қолданбалы сабақтар өткізуді белсенді қолданамын. Мысалы, осы оқу жылында мен осындай қолданбалы курстарды құрастырдық: 10 сыныптарға арналған «ҰБТ – ға Биология пәнінен дайындалу силлабусын» шығардым. 11 сыныптарға арналған «2021 жылы Биологиядан ҰБТ – да көп кездесетін сұрақтар» атты кітапша шықты. Бұл ҰБТ – ға дайындықтың өзектілігі мен қажеттілігін бірі білсе, екіншісі ұғынбай, тек жаттайды. Ол оқушының қызығушылығын төмендетеді [2].

ҰБТ 5 пәнді қамтиды, оның 3 – і міндетті пәндер және 2 – і таңдау үшін бейіндік пәндер. Міндетті пәндер:



- математикалық сауаттылық;
- оқу сауаттылығы;
- Қазақстан тарихы.

Сіз түсуді жоспарлап отырған мамандыққа сүйене отырып, 2 бейіндік пәнді таңдау қажет болады. Бұл заттардың барлығы жұптастырылған. Математиканы географиямен, биологиямен-химиямен, ағылшын тілімен-тарихпен бірге тапсыруға болады делік. Шығармашылық бағыттарға түскісі келетін түлектер 2024 жылдан бастап басқа міндетті пәндермен бірге математикалық сауаттылықты тапсыруы тиіс. Жалғыз ұлттық тестілеудің қарапайымдылығына қарамастан, бұл емтихан өзінің қиындықтарын жасырады. Талапкерге 3 сағат 30 минутта 120 тест тапсырмасын орындау қажет болады:

- Қазақстан тарихы бойынша-20;
- математикалық сауаттылық бойынша-10;
- оқу сауаттылығы бойынша-10;
- бейіндік пәндер – 40-тан.

Бір жағынан, бұл уақыт жеткілікті, бірақ екінші жағынан, тапсырмалар соншалықты "бұралған" болуы мүмкін, сондықтан олардың әрқайсысына бір немесе екі минут ойлануға тура келеді.

Негізгі тыйымдар:

- Талапкерлер оқулықтарды, жеке жазбаларды, мобильді байланыс құралдарын пайдалана алмайды;
- Басқа емтихан алушы шақырған кезде трансплантациялауға, артқа қарауға, жауап беруге болмайды;
- Аудиториядан өз бетінше шығуға болмайды, тек тестілеу уақытына бекітілген кезекшінің рұқсатымен шығуға болады [2].

ҰБТ тестінің процедурасына келетін болсақ, емтихан қазір жылына 5 рет, атап айтқанда қаңтар-ақпан, наурыз, мамыр-шілде және тамыз айларында өткізіледі. Оқушының ҰБТ тапсыру шарттары өте қатал.

Кез-келген емтиханға дайындық сияқты, мұнда да жүйелілік қажет. Сізде ҰБТ-ға дайындалу үшін тәрбиеші бола ма, мектеп факультативіне барасыз ба немесе дайындықты өз бетіңізше игеруге тырысасыз ба, маңызды емес, тек сіз оны қаншалықты жүйелілікпен жасайсыз. Жеке кесте құрған жөн, онда сіз өткен

---

материалды қайталау, тестілерді, практикалық тапсырмаларды шешу үшін күн сайын 30-40 минут табуға ыңғайлы боласыз.

Егер сіз өзіңіздің қабілеттеріңізге сенімді болмасаңыз, үнемі уайымдап, ақыл-ойдан қорқатын болсаңыз, онда сіз сынақтан өте аласыз. Интернетте әртүрлі пәндер бойынша тест нұсқаларын еркін қол жетімділікте оңай табуға болады немесе ҰБТ-ға дайындықты ұсынатын ресми ресурстарды пайдалануға болады.

Мысалы, сізде Ұлттық тестілеу орталығының сайтына кіріп, барлық өзекті ақпаратпен танысуға мүмкіндігіңіз бар: ҰБТ 2024-ке қандай пәндер тапсырылады, тапсырмалардың қандай форматы мен қиындық деңгейі, әр пән бойынша қандай тақырыптар қамтылған. Сынақ форматында тапсыруға болатын тест нұсқалары да бар. Бұл сізге не береді?

Біріншіден, сіз өзіңіздің біліміңіздің нақты деңгейін білесіз, жұмыс істеудің әлсіз жақтарын қараңыз, олқылықтарыңызды ескере отырып, нақты ҰБТ-ға дайындық жоспарын жасай аласыз. Тест тапсырғаннан кейін сізге нәтижелер беріледі. Минус-бұл үшін 602 теңге көлемінде соманы төлеуге тура келеді.

Сондай-ақ, дайындықта талапкерлер iTest сайты пайдаланады. Мұнда сіз емтиханға дайындық туралы пайдалы ақпаратты таба аласыз. Сіз тесттің сынақ нұсқасын тапсыра аласыз, қателіктеріңізбен және күрделі тақырыптарыңызбен жұмыс жасай аласыз.

Егер сәтсіздік орын алса, ҰБТ – ны қайта тапсыруға болады ма?

Бұл сұрақ мектеп түлектері мен олардың ата-аналарының көпшілігін алаңдатуы мүмкін. Көптеген қорқыныш: "ал егер мен бас тартпасам?", "Ал егер ол жұмыс істемесе?». Барлығы бір жыл бойы оқудан құлап қалудан қорқады. Бірнеше жыл бұрын, егер талапкер ҰБТ-ға түсу үшін қажетті балл жинамаса, онда биылғы жылы Қазақстан университеттеріне жол жабылды. Келесі жылы ол қайтадан емтихан тапсырды.

Бірақ қазір қайта тапсыру мүмкіндігі бар! Емтихан жылына 5 рет өткізілетіндіктен (қаңтар-ақпан және наурыз ҰБТ кезінде ол ақылы негізде тапсырылады), оны қайта тапсыруға болады. Егер сіз емтиханды мамыр-шілде емтиханында сәтсіздікке ұшырасаңыз, оны тамыз айында тапсыра аласыз. Қазір ҰБТ-ның тамыз айындағы кезеңі де тегін. Грантқа үміткер түлектердің екі мүмкіндігі бар: мамыр-шілде және тамыз айларында.

2024 жылы ҰБТ – дағы кейбір міндетті пәндер бойынша шекті ұпайлар, атап айтқанда оқу сауаттылығы және математикалық сауаттылық төмендетілді. Қазіргі уақытта бұл 5 емес, 3 ұпай [1].

ҰБТ тапсырмай – ақ қоюға болады ма?

Соңында ҰБТ-ны барлығы емес, тек Қазақстанның жоғары оқу орындарына түскісі келетін мектеп түлектері ғана тапсыруы керек екенін атап өткен жөн. Егер мектеп түлегі колледжге түсуді, арнаулы орта білім алуды, басқа елдің университетіне түсуді немесе биыл ешқайда түспеуді жоспарласа, онда ҰБТ-ны тапсыруға болмайды. Аттестат алу үшін Сіз мектепте міндетті аттестаттаудан өтесіз.

Әрине, жыл сайын емтихан тапсыру рәсімінде өзгерістер болады. Оларды Ұлттық тестілеу орталығының ресми сайтында бақылау қажет. Сонымен қатар, сіз оқуға түсуді жоспарлап отырған университеттердің сайттарында ұсынылған ақпаратпен мұқият танысуыңыз керек. Ең бастысы-қателеспей, қандай заттарды таңдау керек!

Ұлттық тестілеу-бұл сіздің біліміңізге қиындық туғызады. Егер сіз жақсы дайындалсаңыз, емтихан тапсыру қиын болмайды. Студенттік өмірдің жаңа өмірлік кезеңіне күйзеліс пен көңілсіздіксіз ену үшін дайындықты қазірден бастап ойлаңыз! [1].

## ЗЕРТТЕУ ӘДІСТЕРІ

ҰБТ нысанындағы емтиханға тікелей дайындық келесі кезеңдерді қамтиды:

I. Ұйымдастырушылық – орталықтандырылған тестілеуге дайындық кезінде мұғалім мен оқушыларға арналған оқу әдебиеттерін таңдау-бірлескен жұмыстың қажетті бастапқы кезеңі.

II. Диагностикалық кезең биология курсының барлық бөлімдері мен жеке әңгімелер бойынша кіріспе тестілеу арқылы жүзеге асырылады. Бұл жағдайда оқушылардың қателіктері талданады, білімдегі олқылықтар анықталады.

III. Оқушылардың жиынтық кестелерін құрастыру (ірі тақырыптар бойынша) өз бетінше білім алуға үйретеді, анықтамалық әдебиеттерді қолдана білуді дамытады. Материалды үлкен блоктық ұсыну орта сыныптарда оқылғанды жалпылауға және шоғырландыруға және күрделі материалды түсінуге мүмкіндік береді. Жоғары сынып оқушыларымен жұмыс жасау кезінде материалды қайталауды ұйымдастырудың бұл түрі студенттердің оқу сапасын жақсартудың соңғы нәтижесіне ықпал етеді.

IV. Оқушының пәндік хабардарлығы, ҚӘБ-нің қалыптасу деңгейі, оқушы тұлғасының даму ерекшеліктері негізінде құрылатын жеке білім беру траекториясын құру негізінде қайталау арқылы анықталған олқылықтарды жою.

V. Аралық тақырыптық бақылау-жекелеген тақырыптар бойынша тестілеу нысанында, жаппай сауалнама.

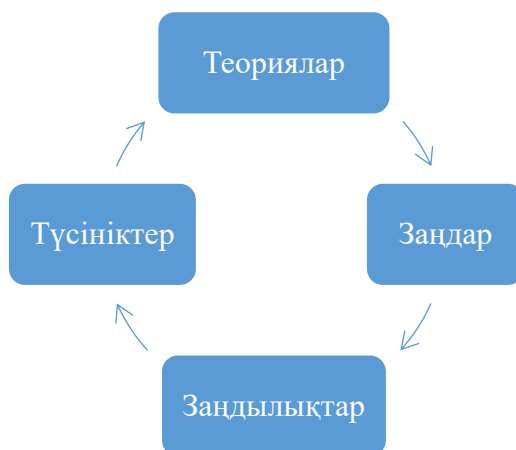
## VI. Курстың барлық бөлімдері бойынша қорытынды тестілеу [3].

Сондықтан, жалпы оқу құралының мақсаты талапкерге оқу материалын тез қайталауға көмектесіп қана қоймай, сонымен қатар жабайы табиғаттың барлық алуан түрлілігі біртұтас жүйе ретінде қабылданатын деңгейге дейін нақты білімнің маңыздылығын қалыптастыру болып табылады [4].



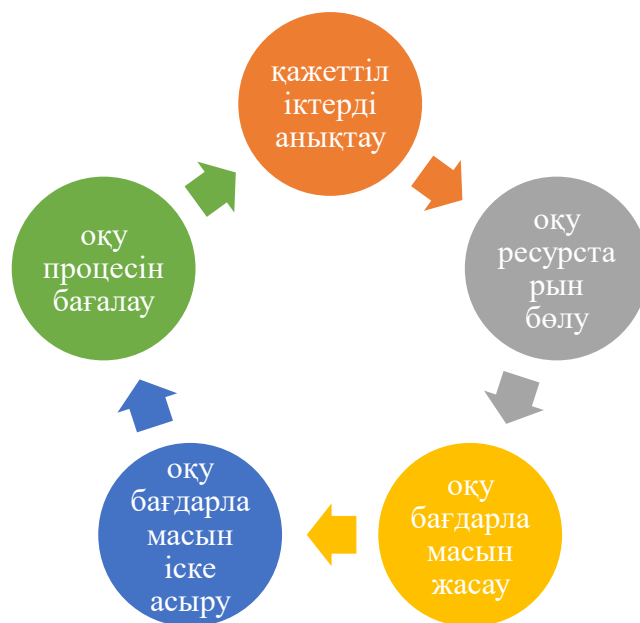
Сурет 1. Биология пәні бойынша тестілеу алдындағы қайталау алгоритмі

Төмендегі суретте биология пәнінен берілген тақырыптың өтілген мәліметтерін қайталауға арналған тапсырмалардың алгоритмі берілген [4] (сурет 2).



Сурет 2. Биология пәнінен білімдерін қайталауға арналған тапсырмалар алгоритмі

ҰБТ тапсыруға дайындау қағидалары бойынша кеңестер өткізу мен жүйелі оқыту моделі ұсынылды (сурет 3) [4].



Сурет 3. Жүйелі оқыту моделі

Биология пәнінен ҰБТ – дан жоғары нәтиже көрсету үшін оқу құралындағы төмендегі бөлімдерді барынша жоғары назармен қараған жөн:

- Тірі организмдерді жүйелеу;
- Молекулалық биология;
- Жасушалық биология;
- Қоректену;
- Зат тасымалы;
- Бөліп шығару;
- Тынысалу;
- Қозғалыс;
- Координация және реттелу;
- Көбею;
- Тұқымқуалаушылық және өзгергіштік;
- Биосфера және популяция;
- Эволюциялық ілім;

- Биотехнология;
- Биомедицина;
- Биоинформатика [11 – 15].

Оқушыларды ҰБТ – ға дайындау бойынша өз жұмысымызда мынадай аспектілерді басшылыққа аламыз: техникалық, әдістемелік және психологиялық.

#### I. ҰБТ – ға техникалық дайындық.

Тесттермен жұмыс істеу кезінде оқушыларды ойлаудың әр қадамы туралы егжей-тегжейлі жазбауға үйрету керек. Балаларды мұқият дамытып, үйрету және мәселені соңына дейін оқып шығу. Тәжірибе көрсеткендей, студенттер қарапайым қарапайым мәселелерде жиі қателіктер жібереді және бұл надандықтан емес, тапсырмаларды талдау кезінде ұқыпсыздықтан болады. Мұны талапкердің өздері түсінеді.

#### II. ҰБТ – ға әдістемелік дайындық.

1. Оқушыларды әдебиетпен қамтамасыз ету.

2. Көбінесе оқушылар ҰБТ – ға дайындық кезінде өткен жылдардың барынша көп нұсқаларын талдауға тырысады. Тәжірибе көрсеткендей, мұндай жол әрқашан перспективалы емес.

Біз оқушыларды өткен жылдардағы сынақтарды жаттауға емес, теориялық материалды спираль бойынша: қарапайымнан күрделіге дейін белгілі бір ретпен үйретуге үйретеміз.

#### III. ҰБТ – ға психологиялық дайындық.

1. Оқушыларды алдағы ҰБТ – дан қорқуды тоқтатып, егер сіз көп тырыссаңыз, сіз өте жақсы балл ала аласыз деген сенімді қалыптастыра бастаңыз: дайындық уақыты әлі толық жоғалған жоқ. Әрине, " тым алысқа бармай", оқушыны ҰБТ – ның оңай әрі қарапайым екендігіне сендірудің қажеті жоқ. Бірақ оларға толық үмітсіздік идеясын шабыттандырудың қажеті жоқ.

2. Мақсатты таңдау керек! Сұрақтан бастау " ҰБТ – да әрқайсыңыз нені алғыңыз келеді? (мысалы, "ҰБТ – да 100 балл жинаймын"). Осылайша, жоспарланған оқыту нәтижесі дереу анықталады. Оқушының өзі үшін оны нақты тұжырымдау маңызды. Оған жөн үнемі бағдарлану. Лайықты мақсат әрқашан қиын. Оларды асыра айтудың қажеті жоқ.

3. Оқушыға тест тапсыру техникасын үйрету керек. Бұл әдіс мыналарды қамтиды:

а) уақытты тұрақты тұрақты ұстауға үйрету;

б) тапсырмалардың объективті және субъективті қиындықтарын бағалауға және осы тапсырмаларды орынды таңдауға үйрету;

в) нәтижелердің шекараларын бағалауға және тапсырманы орындағаннан кейін бірден жүргізілетін тексеруді қабылдау ретінде ең аз ауыстыруға үйрету;

г) тест бойынша "спиральды қозғалысты" қабылдауға оқыту [5].

ҰБТ-ның жоғары нәтижелерін алуға уәждеменің жеткіліксіздігі, себебі оқушылардың 80% - ы мамандық таңдауды соңына дейін жасамауы. Пәнді меңгерудегі алғашқы қиындықтар білімді қайталау және тереңдету кезінде ҰБТ тапсырудан қорқудың пайда болуына әкелді, сондықтан табанды және күнделікті жұмысқа психологиялық дайындық жүргізу қажет. Үйде өзіндік жұмыс тиісті деңгейде емес, ата – аналардың бақылауы тиісті деңгейде емес болуы бұл талапкердің ішкі талпынысын бұғаттайды.

Қазақстан Республикасының Мемлекеттік жалпыға міндетті білім беру стандарты талаптарының орындалуына мониторинг жүргізілетін бағыттары бекітілді (сурет 4) [6].



Сурет 4. Мониторинг жүргізілетін бағыттары

Оқу құралында ҰБТ – да биология бойынша тапсырмаларды орындау кезіндегі қиындықтардың ықтимал себептері ұсынылған:

- Тексерілетін оқу материалының үлкен көлемі;

- Сұрақтардың 76% - ы орта буында оқытылатын биологиялық пәндерге беріледі;
- Тест тапсырмаларын жаттау;
- Сұрақтарда ең бастысы-жауаптың дұрыстығын анықтайтын белгісін ажырата алмау [7].

ҰБТ – ға сәтті дайындық – оқушының біліктілігімен де анықталады. төменде берілетін заманауи қосымшалар арқылы оқушылар биология пәнінен қызығушылығын оятып қана қоймай, білім сапасын арттыра алады, сонымен қатар оқу құралындағы ақпараттарды толық танымды меңгеруге төмендегі қосымшалар көмектеседі:

i Test – ҰБТ – ге дайындалуға арналған онлайн тренажері.

Бұл қосымшадағы басты ерекшелігі – оқушы тестті тапсырып қана қоймай, қай тақырыптан қате кеткендігі, тақырып, бөлім бойынша қысқаша конспекттерді меңгере алады. Әрбір оқушының өзіндік тіркелетін аккаунты мен кілт сөзі, яғни жеке кабинеті болады. Ондағы барлық ақпарат тек оқушының жетістіктерін ғана емес, сонымен қатар тест тапсырған нәтижелері көрінеді. Ол оқушыға қосымша дайындалуға ынталандырып, күрделі тақырыптарын меңгеруге көмектеседі. Психологиялық тұрғыдан қарағанда, дүниежүзінде 90% жуық адам өзінің жеке кабинеті, орны, жетістіктері айқын көрсетілгенге ғана көздеген мақсатқа жете алады. Себебі ми барлық ақпаратты үлкен көлемде, абстрактілі жағдайда қабылдайды. Біз осы i Test қосымшасы арқылы ҰБТ – ге қалай үздіксіз, әрі біртіндеп дайындалу керек екендігін миымызға қадамдап жеткізіп, санамызды сендірсек, онда күнделікті дайындығымыз кешегі күннен де мықтырақ болмақ.

«QUIZIZZ – The world’s most engaging learning platform».

Бұл қосымшаның ерекшелігі – оқушылардың бір бірімен бәсекеге түсуі. Оқушылар арасындағы мұндай білім аралық бәсекелестік, таңдап отқан пәнін жылдамырақ меңгерумен қатар, дайындығындағы жетістіктерін бақылай алады. Ойын арқылы күрделі тақырыпты тез меңгеруге болады, себебі адамның миы 3 маңызды сезімді ұмытпайды: қуаныш, қорқыныш, эмоция. Эмоция арқылы дарытылған білім – оқушының когнитивті түсінігі мен абстрактілі ойлауын, фантазиялық қабілетін шыңдай түседі. Қосымшаның дөп басып айтатын ерекшеліктерінің бірі – әрбір дұрыс жауап сайын оқушы қосымша ұпайлар мен мотивациялық төсбелгілерге ие болады, сол арқылы алдыңғы қатардағылардың құрамынан болады. Сонымен қатар бұл қосымшаны жүктеп алып, мұғалімдер әр өтілген тақырыпқа сай тесттерді құра алады, сол арқылы сабақ барысында өтілген ақпараттарын оқушының қалай меңгергендігін тексере алады. Тест ойынының соңында қай оқушы жеңіске жеткендігі статистикадан көрініп тұрады, бұл ең алдымен оқушының беделін көтереді, сонымен бірге мұғалімдерге факультативтік



---

бағалауға жәрдемдеседі. Бұл қосымшаны кез келген уақытта онлайн жүйеде ойнап білімді шыңдауға болады.

«Shoq.ai» қосымшасы.

Бұл қосымша ҰБТ – ге дайындайтын қосымшалардың ең үздігі дейге болады. Басты ерекшелігі – оқушының жеке кабинетінен бөлек, оның тест нәтижелері толық сақталады және қалай үздік ұпай алуға болатындығы жайлы ақпараттандырылған. Әр оқушы өзіне ыңғайлы уақытта пәнді меңгере алады, яғни уақытын белгілеп, сол уақытта қосымшадан дайындық туралы ескертпе келеді. Оқушының бейіндік пәніне қарай міндеттелген тест тапсырмалары мен қатемен жұмыс жасауға мүмкіндік берілген. Әр пәннің сабақ жоспары, кіріспе сабақтары, тақырып бойынша қызықты сұрақтар сатысы мен сұрақ – жауап айдары қамтылған. Бұл оқушыны ынталандыратын басты себебінің бірі. Сонымен бірге оқушы жеткен жетістігі туралы басқа да оқушылармен, мектептегі мұғалімдерімен де бөлісе алады. Әр пәнге берілген бөлімдік жоспарлар – оқушыны жүйелі дайындыққа итермелейді. Бұл қосымша тек 11 сыныптарға ғана емес және тек ҰБТ туралы ғана емес, ол әр сынып үшін де ыңғайлы жасалған. Себебі әр пәннің тақырыптық жоспары, сыныптарға сай бөлінген. Сол үшін де бұл қосымшамен 9, 10 сыныптар да қолдана алады. 11 сыныптарға сабақ беру барысында мұғалім оқушыларының 1 жыл бойы білімін тексеру үшін осы қосымшадағы дайын құрастырылған тесттерді қолданып, бағалауға мүмкіндік алады. Бұл қосымшадағы басты ерекшелік – барлық тапсырмалары ҰБТ – дің критерийлері мен талаптарына сай жасалған. Міндеттелген пәндерден 1 жауаптық тест сұрақтары, ал болашақ мамандығы жөнінде таңдалатын бейіндік пәндер бойынша өзара байланыстырылған 20 сұрақ тақырып бойынша 1 жауапты тест сұрақтары, 5 мәтін бойынша құрылған сұрақтар, 10 сұрағы 1,2 немесе 3 жауаптан тұратын тест тапсырмалары берілген. Берілген сұрақтарға жауап беру арқылы оқушы өзін қай тақырыптан мықты, қай тақырыпты меңгеру керектігі жөнінде сынап алады. Бұл оқушының бойындағы ҰБТ – ге психологиялық жағынан дайындығын арттырып, білімін шыңдай түсетін мықты қосымшалардың бірі.

«Quizlet» қосымшасы.

Бұл жан – жақты пәндер мен ғылымдарды қамтыған қосымшаның бірі. Басты ерекшелігі – тек ҰБТ – ге дайындыққа көмектескіш құрал ғана емес, сонымен қатар өзін – өзі дамытуға әдет қалыптастыратын қосымшаның бірі. Осы қосымша арқылы барлық пәнде кездесетін, соның ішіндегі биологиядағы күрделі термин сөздер мен анықтамаларды ойын қағаздары арқылы меңгеруге болады. Бұл оқушының көру жадысын дамыттыратын үздік қосымшалардың бірі. Мұнда тек дайын үлгідегі терминдерді ғана емес, тек оқушы өзіне керек, күрделі деп санайтын анықтамаларын тез меңгеру үшін өзі құрастырып, енгізе алады. Қосымшаның жан – жақтылығы тек оқушы ғана емес, ересек адамдар да шет тілдерін меңгеру үшін осы қосымшаны қолданады. Кез келген мұғалім сабақ беру барысында терминдерді

осы қосымша арқылы түрлі әдіс – тәсілдермен меңгеруге үйретсе, онда оқушының көру жадысы мен пәнге қызығушылығы әлдеқайда артады. Меңгеретін термин сөздерді тек қана қағаз – карточка үлгісінде ғана емес, сонымен бірге тест, сәйкестендіру, жасырынған әріптерін табу арқылы да меңгеруге жағдай жасалған.

«Kahoot» қосымшасы.

Оқушының бәсекеге қабілеттілігін арттыратын қосымшалардың бірі. Бұл қосымшаның жан – жақтылығы, түрлі ғылымды ойын арқылы меңгеруге мүмкіндік беретіндігі оқушыны өзіне қызықтыра алады. Басты ерекшелігі – әр сұраққа берілетін уақыт. Себебі уақыт жылдамдығына берілетін тапсырмалар, мидың жұмысын күшейтіп, нейронаралық байланыстарын нығайтады. Сол арқылы оқушы аз уақыттың ішінде сұрақтың жауабын тез табуға ынталанып, басқа оқушылармен білімін салыстырады. Сабақтың эмоционалды бояуы, оқушылар үшін зерттелетін материалдың практикалық және жеке маңыздылығын көрсету маңызды рөл атқарады. Жеке білім беру траекториясын құруға көмектесетін сабақтарда оқушылардың өзін-өзі бақылау дәптерлерін қолдану оқу процесінде оқушылардың субъективтілігін қалыптастыруға ықпал етеді. Дамытушылық оқытудың маңызды қағидасы оқу процесінде білімнің сабақтастығы болып табылады, жаңа білім бұрыннан алған біліммен логикалық байланыста құрылады. Сондықтан әр сабақтың маңызды кезеңі-оқушылардың тірек білімдерін өзектендіру.

Тест барысында әрбір оқушы сұраққа қалай жауап берді, қанша сұрақтан қателескені туралы ақпараттармен қоса, қосымша ынталандыруға арналған марапаттармен де қамтылған. Бұл онлайн жүйесіндегі қосымшаны оқушылар да, мұғалімдер де кез келген уақытта пайдалана алады.

Жоғарыда айтылған қосымшалармен кез келген оқушы сәтті ҰБТ – ге дайындала алады. Оқытудың белсенді әдістері – оқушылардың оқу мазмұнына және оқу іс-әрекетінің өзіне деген қызығушылығын қалыптастырудың қажетті шарты – оқуда ақыл-ой тәуелсіздігі мен бастамашылығын көрсету мүмкіндігі. Оқыту әдістері неғұрлым белсенді болса, студенттерді қызықтыру оңайырақ болады. Оқуға деген қызығушылықты қалыптастыруда проблемалық жағдай жасау, оқушылардың білімнің жетіспеушілігінен туындаған зияткерлік қиындықтармен соқтығысуы үлкен рөл атқарады [8].

## НӘТИЖЕЛЕР

Оқушылардан микробиология бөлімінен кешенді тест алынды. Екі бағыт бойынша бөлінген сынып көрсеткіштері әр түрлі болды. Себебі оқу құралында қарастырылған тапсырмаларды қолданған тәжірибелік сынып бақылаушы сыныпқа қарағанда жоғары нәтижеге ие болды. Нәтижелер төмендегі кестеде берілді (кесте 1).

Кесте 1. «Микробиология» бөлімі бойынша алынған тапсырмалар бойынша оқушылардың нәтижелері

Бақылаушы сынып	Тәжірибелік сынып	
Тапсырмадағы сұрақ саны: 12 Жалпы ұпай саны: 12	Тапсырмадағы сұрақ саны: 12 Жалпы ұпай саны: 12	
Оқу құралын қолданылған жоқ. Орташа дұрыс балл: 5.232	Оқу құралы толығымен қолданылды. Орташа дұрыс балл: 8.148	
43.6 % дұрыс жауап берді	Дейінгі нәтиже: 39.1%	Кейінгі нәтиже: 67.9 %

Ботаника бөлімі бойынша өсімдіктердің тұқымдастары мен К.Линней ұсынған жүйеленім бойынша тест сұрақтары quizizz.com қосымшасымен құрастырылды (кесте 2).

Кесте 2. «Ботаника» бөлімі бойынша алынған тапсырмалар бойынша оқушылардың нәтижелері

Бақылаушы сынып	Тәжірибелік сынып	
Тапсырмадағы сұрақ саны: 10 Жалпы ұпай саны: 20	Тапсырмадағы сұрақ саны: 10 Жалпы ұпай саны: 20	
Оқу құралын қолданылған жоқ. Орташа дұрыс балл: 7.29	Оқу құралы толығымен қолданылды. Орташа дұрыс балл: 17.24	
36.45 % дұрыс жауап берді	Дейінгі нәтиже: 38.9 %	Кейінгі нәтиже: 86.2 %

Зоология бөлімі бойынша жануарлардың құрылысы canva.com қосымшасы арқылы суреттер қолданылды. Онда жануарлардың көбею, тыныс алу, асқорыту, бөліп шығару жүйелері бойынша тапсырма алынды. Тест тапсырмаларын құрастыруға қойылатын әдістемелік талаптар.

ҚР БҒМ талаптарына сәйкес аралық мемлекеттік бақылауға арналған тест тапсырмалары мынадай критерийлерге жауап беруі тиіс:

- \* Тапсырма жабық түрде болуы керек.
- \* Тапсырма лексикалық және стилистикалық сауатты құрастырылуы тиіс.
- \* Тапсырманың мазмұны білім беру стандартына, яғни оқу бағдарламасына толық сәйкес келуі және ғылыми және сенімділікке жауап беруі тиіс.
- \* Жауап нұсқаларының дұрыстығы даулы болмауы тиіс (ҚР БҒМ жалпы білім беретін мектептерге арналған барлық рұқсат етілген оқулықтармен бір мағыналы түсіндірілуі тиіс).
- \* Тапсырмада тек бір толық ой болуы керек, тапсырма сұрағында кіріспе сөз тіркестері, қайталанулар және негізгі сұрақпен аз байланысты ақпарат болмауы керек.
- \* Тапсырма тестіленушінің зерттелген материал туралы пікірін білу емес, материалды меңгеру деңгейін бағалау керек.
- \* Тапсырмада ұсынудың бірыңғай стилі сақталуы тиіс (жауап қойылған сұрақтың қисыңды қорытындысы болуы тиіс).
- \* Тапсырма сұрағының мәні бір талапқа жалғыз жауапты таңдау болуы керек.
- \* Тест тапсырмасындағы ақпарат жеткілікті болуы керек, бірақ артық болмауы керек.
- \* Тапсырма жаңа ғылыми-статистикалық материалды ескере отырып жасалуы тиіс; жауаптың дұрыс нұсқасындағы күндер мен сандар ешқандай күмән тудырмауы тиіс және ҚР БҒМ жалпы білім беретін мектептер үшін ұсынған оқулықтан алынуы тиіс.

Кесте 3. «Зоология» бөлімі бойынша алынған тапсырмалар бойынша оқушылардың нәтижелері

Бақылаушы сынып	Тәжірибелік сынып
Тапсырмадағы сұрақ саны: 25	Тапсырмадағы сұрақ саны: 25
Жалпы ұпай саны: 25	Жалпы ұпай саны: 25
Оқу құралын қолданылған жоқ.	Оқу құралы толығымен қолданылды.

Орташа дұрыс балл: 13.1	Орташа дұрыс балл: 19.55	
52.4 % дұрыс жауап берді	Дейінгі нәтиже: 52.7 %	Кейінгі нәтиже: 78.2 %

Анатомия бөлімі бойынша digital.biology сайтының көмегімен адам ағзасының ішкі құрылысын 3Д форматта көре алдық. Ол бойынша тапсырма суреттермен қосымша quizlet.com қосымшасымен құрылды. Тапсырмалардағы басты ерекшеліктер әрбір мүшелер жүйесіне бөлек бейнетаспалар берілді. Бұл оқушының сабаққа деген қызығушылығын алдыңғы 3 бөлімге қарағанда, 30% арттырды. Сабақтың соңында, тапсырмалардың барлығы орындалған соң, әр оқушыға диагностикалық зерттеу жұмыстары жүргізілді, мұндағы басты мақсат оқушылардың деңгейін дұрыс анықтап, дұрыс бағыт беру. Оқушылардың оқу деңгейін бағалау мәселесін зерттеген зерттеушілер қазіргі педагогикалық бақылау жүйесі жетілмеген деген қорытындыға келді. Оқу деңгейін бағалау тиімді, объективті, психологиялық тұрғыдан ыңғайлы және үнемді процесс болуы керек. Тұлғаға бағытталған оқыту жүйесінде тек оқу процесі ғана емес, сонымен қатар оның нәтижелерін бағалау үшін қолайлы жағдай туғызатын әдіс арқылы оқыту деңгейін бақылау ұйымдастырылуы керек. Көптеген зерттеушілердің пікірінше, жалпы тестілеу процесі қазіргі білім беру жүйесінің талаптарына сәйкес келетін бақылау жүйесін құру үшін ең перспективалы болып табылады. Педагогикалық тестілеу жүйесі көптеген мамандардың зерттеу пәні болып табылатын заманауи оқыту әдістемесінде маңызды орын алады.

Оқушылардың нәтижелері төменгі берілген кестеде көрсетілді (кесте 4).

Кесте 4. «Анатомия» бөлімі бойынша алынған тапсырмалар бойынша оқушылардың нәтижелері

Бақылаушы сынып	Тәжірибелік сынып	
Тапсырмадағы сұрақ саны: 15	Тапсырмадағы сұрақ саны: 15	
Жалпы ұпай саны: 15	Жалпы ұпай саны: 15	
Оқу құралын қолданылған жоқ.	Оқу құралы толығымен қолданылды.	
Орташа дұрыс балл: 6.06	Орташа дұрыс балл: 12.72	
40.4 % дұрыс жауап берді	Дейінгі нәтиже:	Кейінгі нәтиже:

	41.3 %	84.8 %
--	--------	--------

Жалпы биология бөлімі көп салалы, онда генетика, экожүйе, эволюция, биотехнология, биомедицина, биоинформатика бөлімдері қарастырылғандықтан біз екі бағытқа бөлуді қарастырдық. Алдымен генетика, эволюция, экология бөлімдерінен кешенді тапсырмалар құрастырылды. Екінші бағытында биотехнология, биомедицина, биоинформатика бөлімдері қозғалды. Екі бағыт бойынша саяхат бағыттағы тапсырмалар құрастырылды. Әр кезеңге өткен сайын оқушылардың мотивациясын арттыратын сөздер мен пайыз мөлшерлері анықталады. Бұл кезеңде оқушылардың ҰБТ – ге дайындалу қызығушылығы алдыңғы бөлімдерге қарағанда тағы 10% артты (кесте 5).

Кесте 5. «Жалпы биология» бөлімі, эволюция, экология, генетика бойынша алынған тапсырмалар бойынша оқушылардың нәтижелері

Бақылаушы сынып	Тәжірибелік сынып	
Тапсырмадағы сұрақ саны: 20 Жалпы ұпай саны: 20	Тапсырмадағы сұрақ саны: 20 Жалпы ұпай саны: 20	
Оқу құралын қолданылған жоқ. Орташа дұрыс балл: 9.52	Оқу құралы толығымен қолданылды. Орташа дұрыс балл: 19.7	
47.6 % дұрыс жауап берді	Дейінгі нәтиже: 48.91 %	Кейінгі нәтиже: 98.5%

Оқу құралын қолданған тәжірибелік сыныптарға қорытынды ретінде жалпы биологиядан тақырыптық жалпыға бірдей тапсырмалар алынды. Барлық тапсырмалар оқушылардың деңгейлерін анықтап, оларды дұрыс бағалауға негізделді. Тапсырмалардың барлығы дерлік бөлім бойынша өтілген мәліметтерге сай етіліп құрылды. Оқушылардың нәтижелері төменде берілген кестеде көрсетілген (кесте 6).

Кесте 6. «Жалпы биология» бөлімі, биотехнология, биомедицина, биоинформатика бойынша алынған тапсырмалар бойынша оқушылардың нәтижелері

Бақылаушы сынып	Тәжірибелік сынып
Тапсырмадағы сұрақ саны: 12	Тапсырмадағы сұрақ саны: 12

Жалпы ұпай саны: 12	Жалпы ұпай саны: 12	
Оқу құралын қолданылған жоқ. Орташа дұрыс балл: 6.144	Оқу құралы толығымен қолданылды. Орташа дұрыс балл: 8.64	
51.2 % дұрыс жауап берді	Дейінгі нәтиже: 53.5 %	Кейінгі нәтиже: 74.7%

Болжам нәтижелері оқушының одан әрі мінез-құлқының моделін құру үшін қолданылады, ол бүгінде осы типтегі қателіктер жібереді немесе танымдық белсенділік жүйесінде белгілі бір проблемаларды бастан кешіреді. Болжам оқу процесін одан әрі жоспарлау және жүзеге асыру үшін дұрыс қорытынды алуға көмектеседі. Білімді бақылаудың дамушы функциясы-оқушылардың танымдық белсенділігін ынталандыру, олардың шығармашылық қабілеттерін дамыту. Білімді бақылау оқушылардың дамуында бірегей мүмкіндіктерге ие. Білімді бақылау процесінде студенттер сөйлеу, есте сақтау, зейін, қиял, ерік және ойлауды дамытады. Білімді бақылау қабілеттер, бейімділіктер, мүдделер, қажеттіліктер сияқты жеке қасиеттердің дамуына және көрінісіне үлкен әсер етеді.

#### ҚОРЫТЫНДЫ

Бүгінгі таңдағы білім беру жүйесі оқыту мен тәрбиелеудің құрылымы, мақсаты мен мазмұны, технологияның түбегейлі өзгерісімен ерекшеленеді. Мұндағы мақсат тұлғаның білім, білік дағдысын механикалық тұрғыда дамыту емес, танымдық қабілетті дамыған және өзін-өзі көрсете алатын тұлғаның ақыл-ойын, тұлғалық психикалық қасиеттерін дамыту. 2004 жылдың ақпан айында үкіметтің қаулысымен 2015 жылға дейінгі «Білім тұжырымдамасы» қабылданып, соның негізінде елімізде ұлттық бірыңғай тестілеу жүйесі құрылды. Ұлттық Бірыңғай Тестілеуді өткізу елімізде өте үлкен жауапты шараға айналғаны мәлім [9].

ҰБТ — оқушылар үшін ең маңызды кезең. Сондай — ақ ҰБТ-оқушылардың орта білімін жалпы бағалау көрсеткіші болып саналады. Бір ұпайдың жетпей қалуынан оқушылар мемлекеттік оқу грантынан, көп жағдайда жоғары оқу орының ақылы түрде оқуға түсу мүмкіндігінен айырылады. Оқушылар үшін келесі жылы оқуға қайта тапсыру ұғымы мүлде мойындалмайды, өздеріне қажетті ұпай санын жинай алмау – үлкен психологиялық дағдарысқа әкеліп соғады. Жалпы жыл аяғындағы ҰБТ-ға дайындық – көп жағдайда оқушы балаларды жағымсыз психологиялық соққыға әкелуде [10].

Оқушылардың ҰБТ жағдайындағы жеке басының психологиялық күйі оларды нашар күйзеліске, стресске әкеліп соқтыруы мүмкін. Мәселен, тесті жақсы, ойдағыдай орындап, қажетті ұпайын жинаған жағдайдың өзінде, жоғарғы

көрсеткіш иегерлері біраз уақытқа дейін психологиялық жағымсыз күйді бастан өткізеді. Мұның себебін балалардың қарқынды дайындалуымен байланысты болатын уақыт кестесінің қысымдығымен, жеке бастарындағы уайымдауларымен, жыл бойы бастан кешірген ҰБТ-ға деген қорқыныш, үрей сезімдерімен, алынған тестің нәтижесіне ұзақ уақытқа дейін сенбеуінен туындайтын «түсініксіз» сенімдерімен және т.б. психологиялық ерекшеліктерімен түсіндіруімізге болады.

Қазір ғылым мен техниканың дамыған кезі. Демек, бізде заман талабынан артта қалмай, оқушы алдында барлық жақтан хабары бар, өз білімімізді олардың бойына бере алатындай ұстаздар қажет. Ұстаздар білімі шәкірттер арқылы ғана көрінеді. Қазіргі мынау ұлттық бірыңғай тест те әр ұстаздың білім деңгейін айнақатесіз көрсетіп беретін айна және ол білім сапасын анықтаудың тиімді тәсілі. Сондықтан оқушыларды ұлттық бірыңғай тестке даярлау ұстаздардың көп іздену еңбегін талап етеді. Оқушылардың әлеуметтік-психологиялық қиын және қауіпті жағдайларын ескере отырып, оларға мамандар тарапына арнайы іс-шаралар және мектептерде «Оқушыларды ҰБТ-ға психологиялық дайындау» жұмысы міндетті түрде ұйымдастырылуы қажет.

#### ҚОЛДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. <https://testcenter.kz/ru/postupayushchim-v-vuz/ent/edinoe-natsionalnoe-testirovanie-ent/>
2. Ұлттық бірыңғай тестілеуді өткізу және "Ұлттық бірыңғай тестілеу тапсырғаны туралы сертификат беру" мемлекеттік көрсетілетін қызмет қағидаларын бекіту туралы, 2017
3. Мирсейітова С.С.. Оқыту ізденіс ретінде және ізденіс оқыту ретінде. Қарағанды.-2011.
4. Звонников, В. И. Современные средства оценивания результатов обучения : учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по пед. спец. / В. И. Звонников. - 5-е изд., стер. - М. : Академия, 2014. - 253 с.
5. Khan K., Ramachandran S. Conceptual Framework for Performance Assessment: Competency, Competence and Performance in the Context of Assessments in Healthcare – Deciphering the Terminology // Med.Teach. – 2012. – Vol. 34. – P. 920–928.
6. K.Z. Khan, S. Ramachandran, K. Gaunt, P. Pushkar. The Objective Structured Clinical Examination (OSCE): AMEE Guide No. 81. Part II: Organization & administration. Medical teacher. – 2013. – Vol. 35. – P. e1447–e1463
7. Крепова С.Н. Тестирование как форма организации и контроля самостоятельной работы студентов / Вестник ААЭП. – 2010. – № 15. – С. 111–113.



8. Толстенева А.А., Винник В.К. Теоретико-методологические основы организации самостоятельной работы студентов с использованием электронной учебной среды MOODLE / Школа будущего. – 2012. – № 3. – С. 102–108.

9. Скрябин М. Тестирование в электронных курсах. [Электронный ресурс] URL: <http://www.e-learning.by/Article/Testirovanie-v-elektronnyh-kursah/ELearning.html>

10. Абдиманапов Б.Ш. Естествознание: Учебник для 6 класса общеобразовательной школы- Алматы: Атамұра,2018 г.

11. Соловьева А., Ибраимова Б., Алина Ж.. Биология: Учебник для 7 класса общеобразовательной школы- Алматы: Атамұра-2017г.

12. Соловьева А.. Биология: Учебник для 8 класса общеобразовательной школы- Алматы: Атамұра,2018г.

13. Асанов Н. Биология: Учебник для 9 класса общеобразовательной школы- Алматы: Атамұра,2019г.

14. Очкур Е. Общая биология: Учебник для 10 класса общеобразовательной школы- Алматы: Мектеп, 2019г.

15. Аблайханова Н.Т.. Биология: Учебник для 11 класса общеобразовательной школы- Алматы: Мектеп ,2019г.

---

# СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ КЛАССИФИКАЦИИ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОМ АНАЛИЗЕ ДАННЫХ

Р. Смадинов

Международный университет Астана, Астана, Казахстан

E-mail: r.smadinov@gmail.com

**Аннотация.** Данное исследование фокусируется на сравнительном анализе методов классификации в интеллектуальном анализе данных, используя данные, связанные с прямым маркетингом проводимые португальским банковскими учреждениями. Набор данных охватывает разнообразные аспекты клиентов, от демографических параметров до финансовых показателей. Основная цель заключается в извлечении информации из исторических данных для разработки прогностической модели и сравнительном анализе пяти моделей классификации: логистической регрессии, случайного леса, дерева решений, классификации SVC и k ближайших соседей. Результаты показывают, что случайный лес достигает наилучшей точности подчеркивая превосходство ансамблевого подхода, в то время как другие модели, такие как логистическая регрессия и k ближайших соседей, также проявляют высокую производительность в данном контексте.

**Ключевые слова:** интеллектуальном анализе данных, классификация, логистической регрессии, случайный лес, дерево решений, k ближайших соседей, классификации SVC

## ВВЕДЕНИЕ

В современном информационном обществе, научные исследования в области интеллектуального анализа данных занимают центральное место, играя ключевую роль в принятии обоснованных решений в различных областях, начиная от бизнеса и финансов и заканчивая медицинскими науками. Одним из важных направлений в этой области является прогнозирование, и в частности, задачи классификации, которая направлена на правильное прогнозировании классов объектов. Существует множество методов классификации, предложенных и разработанных исследователями, каждый из которых обладает своими преимуществами и ограничениями. Следовательно, сравнительный анализ этих методов становится неотъемлемой частью процесса выбора оптимальной модели для конкретной задачи. Научная обоснованность и систематизация данного процесса могут значительно улучшить качество прогнозов и обеспечить успешное решение реальных проблем. В центре этого исследования лежит набор данных, полученный в результате деятельности прямого маркетинга, проведенных известным португальским банковским учреждением.

Рассматриваемый набор данных имеет большое количество элементов, обеспечивающих детальное понимание атрибутов клиента и результатов

кампании. Данные содержат как основные демографические параметры, такие как возраст, профессиональная деятельность, семейное положение и уровень образования, так и ключевые финансовые показатели, вроде баланса счета, статуса ипотечного кредита и истории невозврата кредитов. Помимо этих фундаментальных элементов, набор данных включает в себя такие нюансы, как характер общения, временную динамику, например, день последнего контакта, продолжительность взаимодействия. Этот разнообразный набор переменных закладывает основу для построения прогнозной модели, направленной на выявление закономерностей в поведении клиентов во время кампаний прямого маркетинга, уделяя особое внимание определению их вероятности подписки на срочные депозиты.

Основная цель данного исследования состоит в двух аспектах. Во-первых, оно направлено на извлечение информации из исторических данных, выявление тенденций, лежащих в основе успешных и неуспешных результатов подписки. Эти знания являются основой для разработки надежной прогностической модели, способной предвидеть будущее поведение подписчиков. Во-вторых, в проведении сравнительного анализа различных методов классификации, выявление их преимуществ и недостатков, а также предоставление исследователям и практикам базового понимания при выборе, наиболее подходящего моделей для конкретной задачи.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование направлено на сравнительный анализ различных методов классификации в контексте интеллектуального анализа данных, используя данные, связанные с прямым маркетингом проводимые португальским банковскими учреждениями. Набор данных включает в себя разнообразные характеристики, каждая из которых служит важнейшим элементом для понимания поведения клиентов во время этих кампаний. В ходе исследования будет осуществлено построение и анализ пяти моделей классификации, включая логистическую регрессию, алгоритм случайного леса, дерево решений, классификация SVC и k ближайших соседей. Эти модели были выбраны в силу своей широкой применимости в задачах классификации.

Для построения и обучения моделей использованы библиотеки и инструменты машинного обучения, такие как `scikit-learn` в языке программирования Python. Обработка данных, включая преобразование и нормализацию, проведена с использованием стандартных методов предобработки данных. Оценка качества моделей проведена с использованием метрики точности (Accuracy), а также с помощью метода кросс-валидации (Cross-Validation). Метрики точность предоставляет из себя основной и простой критерий, используемый для измерения производительности модели интеллектуального анализа данных.

---

## ДАННЫЕ

Данные были взяты с популярного источника информации Kaggle. Набор данных, используемый в данном исследовании, предлагает подробный и многогранный взгляд на взаимодействие с клиентами во время маркетинговых кампаний. Богатство набора данных заключается в разнообразии параметров, отражающих различные аспекты как демографических, так и поведенческих характеристик. Ниже представлен подробный информация об основных параметрах:

### Демографические параметры:

- Возраст (Age): Отражает возраст клиентов.
- Работа (Job): Описывает род занятий клиента, предоставляя информацию об экономических ролях, которые играют люди.
- Семейное положение (Marital Status): Описывает семейное положение клиентов.
- Образование (Education): Указывает на образование клиентов

### Финансовые параметры:

- Дефолт (Default): Бинарный индикатор, показывающий, есть ли у клиента дефолтный кредит, отражающий его кредитоспособность.
- Баланс (Balance): Количественная оценка остатка на счете клиента - ключевой финансовый показатель, влияющий на принятие решений о подписке.
- Жилищный кредит (Housing Loan): Бинарный параметр, сигнализирующий о наличии у клиента действующего жилищного кредита и дающий представление о его финансовых обязательствах.

### Коммуникационные данные:

Тип связи (Contact Communication Type): Перечисление методов, используемых для связи с клиентом (например, телефон, сотовая связь), с указанием каналов взаимодействия.

### Временные параметры:

- День (Day): Указывается день месяца, когда произошел последний контакт с клиентом.

- Продолжительность (Duration): Количественная оценка продолжительности (в секундах) последнего контакта с клиентом во время кампании, отражающая уровень вовлеченности.

Параметры, связанные с кампанией:

- Счетчик контактов кампании (Campaign Contacts Count): Перечисление количества контактов, сделанных во время конкретной кампании для каждого клиента, что указывает на интенсивность работы с ним.
- pdays: Обозначает количество дней, прошедших с момента последнего контакта с клиентом в рамках предыдущей кампании, отражая временную динамику.
- poutcome: Описывает результат предыдущей маркетинговой кампании, обеспечивая исторический контекст для прогностического моделирования.

Всеобъемлющий характер набора данных делает его ценным ресурсом для обучения прогностических моделей и проведения тонкого сравнительного анализа методов классификации.

Таблица 1. Первичный вид данных

age	job	marital	education	default	balance	housing	loan	contact
30	unemployed	married	primary	no	1787	no	no	cellular

day	month	duration	campaign	pdays	previous	poutcome
19	oct	79	1	-1	0	unknown

## МОДЕЛИ

Логистическая регрессия (Logistic Regression) - надежный выбор для сценариев, требующих простоты и интерпретируемости. Сильная сторона модели заключается в прозрачном представлении влияния признаков через коэффициенты, что делает ее особенно полезной для донесения информации до заинтересованных сторон [1]. Модель эффективна с вычислительной точки зрения, что очень важно для работы с большими массивами данных. Однако логистическая регрессия предполагает линейную границу принятия решения, что может

ограничить ее способность отражать сложные взаимосвязи в комплексных данных. Кроме того, ее производительность может быть чувствительна к выбросам, а предположение о независимости признаков может повлиять на точность в случаях, когда эти предположения нарушаются.

Классификатор случайного леса (Random Forest) – это хорошая модель при поиске мощного и универсального метода ансамблевого обучения [2]. Его сильная сторона заключается в том, что он уменьшает чрезмерную подгонку, объединяя прогнозы нескольких деревьев решений. Кроме того, он дает представление о важности признаков, помогая выявить критические факторы, влияющие на эффективность прогнозирования. Модель адаптируется к задачам классификации и регрессии и отлично справляется со сложными наборами данных. Однако ее интерпретируемость затруднена сложностью, которую вносят многочисленные деревья, а вычислительная трудоемкость обучения многочисленных деревьев может стать недостатком для больших наборов данных.

Классификаторы дерева решений (Decision Tree) отличная модель в связи со своей простотой и присущей интерпретируемостью [3]. Эта модель эффективно отражает нелинейные взаимосвязи в данных и может работать с нерелевантными признаками без существенного снижения производительности. Прозрачность в принятии решений делает их подходящими для сценариев, в которых понимание обоснования модели имеет решающее значение. Тем не менее, деревья решений склонны к чрезмерной подгонке, улавливая шум в обучающих данных. Их нестабильность, проявляющаяся в изменении структуры дерева при незначительных изменениях данных, создает проблему для поддержания согласованности.

Классификатор опорных векторов (SVC) демонстрирует эффективность в высоко размерных пространствах и особенно эффективен при работе со сложными наборами данных [4]. Его сила заключается в адаптивности к различным функциям ядра, что позволяет моделировать сложные взаимосвязи в данных. Кроме того, SVC менее чувствителен к выбросам, что способствует его устойчивости в условиях зашумленных данных. Однако его вычислительные затраты могут быть ограничением, особенно при работе с большими наборами данных, и он может проявлять чувствительность к шуму, что сказывается на общей производительности.

Классификатор k ближайших соседей (KNeighbors) отличается простотой и интуитивностью, что делает его доступным выбором для различных приложений [3]. Его непараметрическая природа позволяет ему хорошо адаптироваться к локальным закономерностям и вариациям в данных. Однако ее вычислительные затраты растут с увеличением размера обучающего набора данных, что потенциально ограничивает ее масштабируемость. Кроме того, модель может быть

чувствительна к нерелевантным или избыточным признакам, что влияет на ее производительность в сценариях, где выбор признаков имеет решающее значение.

## МЕТРИКИ

Точность (Accuracy) - это широко используемая метрика, которая обеспечивает прямое измерение общей корректности предсказаний модели. Ее сила заключается в простоте и легкости интерпретации, что делает ее основной метрикой для многих задач классификации. Она напрямую определяет отношение количества правильных предсказаний к общему количеству предсказаний, что дает четкое представление о производительности модели [5]. Однако точность имеет свои ограничения, особенно при работе с несбалансированными наборами данных. В сценариях, когда один класс значительно превосходит другие, достижение высокой точности может ввести в заблуждение, поскольку модель может быть предвзята к классу большинства. Поэтому точность сама по себе может быть не самой подходящей метрикой для оценки моделей в ситуациях, когда распределение классов неравномерно.

Кросс-валидация (Cross-Validation) - это мощный метод оценки обобщаемости модели путем разбиения набора данных на несколько подмножеств [6]. Ее сила заключается в том, что она дает более надежную оценку эффективности модели, чем одно разбиение на тренировки и тесты. Благодаря итеративному обучению и тестированию модели на разных подмножествах кросс-валидация помогает смягчить влияние изменчивости и случайности набора данных. Она особенно полезна в ситуациях, когда набор данных ограничен, что повышает надежность показателей эффективности.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Для начала все количественные данные были рассмотрены с точки зрения описательной статистики в целях выявления каких выбросов в данных. Это важно так как в случаи присутствия этих выбросов наши модели могут показать неверные результаты.

Таблица 2. Описательная статистка

	<b>age</b>	<b>balance</b>	<b>day</b>	<b>duration</b>	<b>campaign</b>	<b>pdays</b>	<b>previous</b>
<b>count</b>	49 732	49 732	49 732	49 732	49 732	49 732	49 732
<b>mean</b>	40,96	1 367,76	15,82	258,69	2,77	40,16	0,58
<b>std</b>	10,62	3 041,61	8,32	257,74	3,10	100,13	2,25

<b>min</b>	18,00	-8 019,00	1,00	0,00	1,00	-1,00	0,00
<b>0,25</b>	33,00	72,00	8,00	103,00	1,00	-1,00	0,00
<b>0,5</b>	39,00	448,00	16,00	180,00	2,00	-1,00	0,00
<b>0,75</b>	48,00	1 431,00	21,00	320,00	3,00	-1,00	0,00
<b>max</b>	95,00	102 127,00	31,00	4 918,00	63,00	871,00	275,00

Как видно из таблицы 2 наблюдается явные выбросы по колонкам «balance», «duration». Для решения проблемы можно в колонке «balance» удалить значение которое сильно отклоняется, а для колонки «duration» значения можно перевести значения из секунд в минуты.

Далее для работы с моделями необходимо категориальные данные перевести в бинарные значения, то есть в значение 0 и 1. Для этого значения по колонке «education» имеющие значения «secondary», «tertiary» были поставлены как 1, а остальные значения были поставлены как 0. Женатым было присвоено значение 1, а не женатым 0. Колонка «job» была разделена на несколько. Всем, у кого работа была указан как «management» была создана новая колонка под названием «manager» где менеджерам было присвоенное значение 1, а остальным 0, это было связано с тем, что в наборе данных чаще всего встречали люди работающие «management». Также была создана колонка «self\_employed» где значение 1 присваивалось всем тем, у кого в колонке «job» было значение «employed» либо «entrepreneur», а остальным 0. Еще была создана колонка «blue-collar» где 1 ставилось всем кто в колонке «job» имел значение «blue-collar», а остальным был присвоен 0. Вместе с тем значение по колонке «outcome» было разделено на 2 новые колонки. Первая колонка «sam\_success» куда по значению 1 ставилось рядом, где значение по «outcome» было «success», а остальным 0. Вторая колонка «sam\_fail» куда по значению 1 ставилось рядом, где значение по «outcome» было «failure», а остальным 0. По колонке «housing» значение 1 было дано всем, у кого есть жилищный кредит, а остальным соответственно 0. Колонка «default» была поделена таким образом что 1 ставилось всем, у кого дефолт и 0 тем, у кого его нету.

Таблица 3 – После преобразования

age	default	campaign	abv_primary	married	manager	self_employed
30	0	1	0	1	0	0



blue_col lar	cam_success	cam_fail	has_loan	over_two _months	bal_over _4000	deposit
0	0	0	0	0	0	0

После этого к данным были применены численные модели после чего была рассчитана метрика точность (Accuracy) и далее эти данные кросс-валидированы в результате вышли следующие результаты.

Таблица 4 – Результаты по моделям

Model	Folder_1	Folder_2	Folder_3	Folder_4	Folder_5	MEAN
Logistic_Regression	0,8975	0,9038	0,9032	0,9028	0,8947	0,9004
Random_Forest_Classifier	0,8983	0,8999	0,9039	0,9065	0,8976	0,9012
Decision_Tree_Classifier	0,8657	0,8674	0,8631	0,8703	0,8703	0,8674
SVC	0,8850	0,8870	0,8864	0,8862	0,8847	0,8858
KNeighbors_Classifier	0,8926	0,8911	0,8893	0,8943	0,8907	0,8916

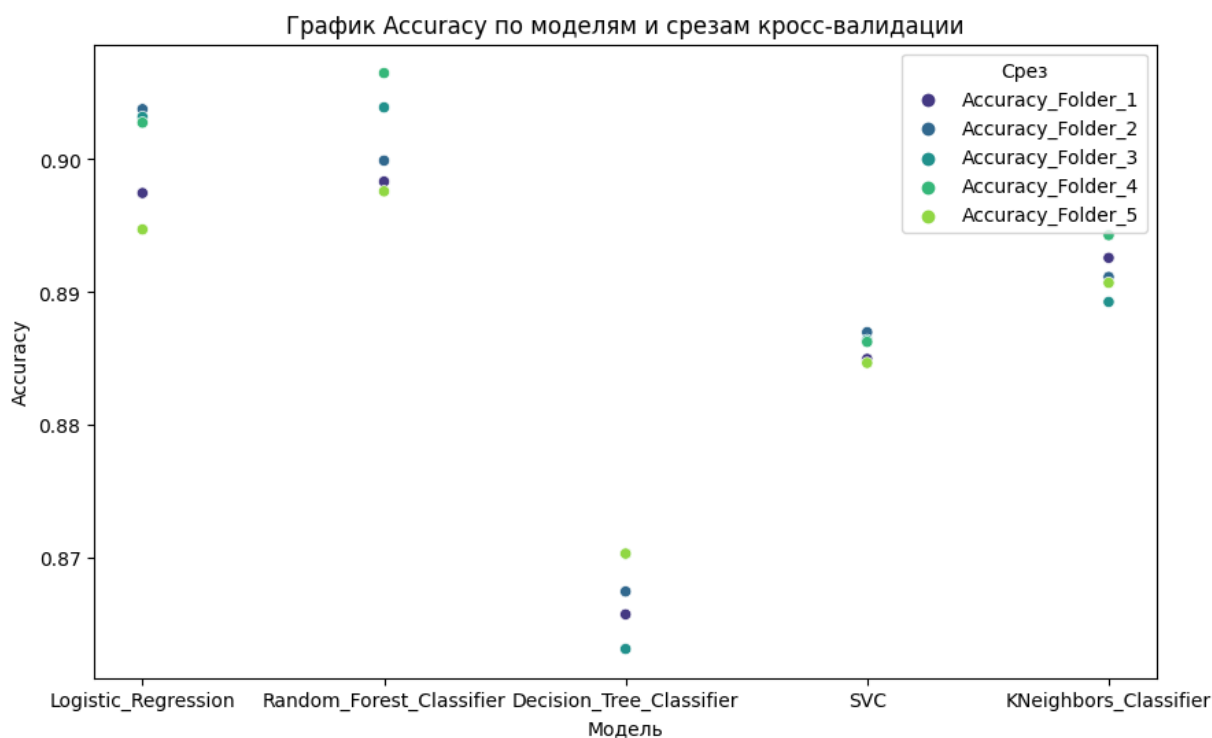


Рисунок 1. Результат по моделям

В результате классификационных моделей, созданных на этом наборе данных, классификатор случайного леса (Random Forest) показал лучшую точность, достигнув 90,12%. Его превосходство заключается в ансамблевом подходе к обучению, который использует коллективную силу нескольких деревьев решений, в результате чего получается надежная и точная прогностическая модель. Вслед за ним логистическая регрессия (Logistic Regression) продемонстрировала достойную производительность с точностью 90,04%, что подчеркивает ее надежность и простоту в отражении линейных связей в данных. Классификатор k ближайших соседей (KNeighbors), хотя и отстал от лидеров, продемонстрировал неплохую эффективность с точностью 89,16%. Его сила заключается в адаптации к локальным закономерностям, что делает его устойчивым выбором для улавливания тонкостей в наборе данных. Классификатор опорных векторов (SVC) и классификатор дерева решений (Decision Tree), достигли точности 88,58 % и 86,74 %, соответственно. SVC продемонстрировал эффективность в высокоразмерных пространствах, в то время как классификатор дерева решений продемонстрировал интерпретируемость, но с несколько меньшей точностью.

## ВЫВОДЫ

При подведении итогов данного анализа данных становится очевидным, что различные модели обладают разными преимуществами. Этот сравнительный анализ подчеркивает важность выбора моделей, адаптированных к нюансам набора данных. Несмотря на то, что Random Forest и Logistic Regression лидируют, у каждой модели есть свои сильные и слабые стороны. Выбор между ними зависит от таких факторов, как интерпретируемость, эффективность вычислений и сложность взаимосвязей в данных. При навигации по ландшафту интеллектуального анализа данных выводы, сделанные на основе этих моделей, служат ориентирами для компаний, стремящихся оптимизировать маркетинговые усилия. Понимая прогностические возможности каждой модели, организации могут стратегически адаптировать свои подходы, сосредоточившись на методах, которые соответствуют характеристикам, присущим их данным. В завершение анализа становится очевидным, что классификатор Random Forest является маяком точности прогнозирования. Однако к выбору "лучшей" модели следует подходить взвешенно, учитывая конкретные требования и контекст решаемой задачи.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Park, H.-A. An introduction to logistic regression: from basic concepts to interpretation with particular attention to nursing domain. *Journal of Korean Academy of Nursing*, vol. 43(2), pp. 154–164, 2013.
2. Jehad Ali, Rehanullah Khan, Nasir Ahmad, Imran Maqsood. Random Forests and Decision Trees. *IJCSI International Journal of Computer Science Issues*, vol. 9, 2012

3. Rajput, K., Oza B. A Comparative Study of Classification Techniques in Data Mining. *International Journal of Creative Research Thoughts*, vol. 5, pp. 154-163, 2017.
4. Shelke, P., Deshmukh, P. Person Identification Using Gait: SVM Classifier Approach. *International Journal of Emerging Technologies and Engineering*. vol. 1(10), 2014.
5. Johansson, U. Obtaining accurate and comprehensible data mining models: An evolutionary approach. Ph.D. dissertation, Institutionen för datavetenskap, 2007.
6. Trifonov, R., Gotseva, D., Angelov, V. Analysis of data mining evaluation methods' efficiency. *International Journal of Development Research*, vol. 11(7), pp.16880-16884, 2017.

## CHARACTERISTICS AND STANDARDS OF SOFTWARE QUALITY

N. Z. Kossym

Astana International University, Astana, Republic of Kazakhstan,  
[kosym04@gmail.com](mailto:kosym04@gmail.com)

**Abstract:** To attain the envisioned level of software quality, it becomes imperative to possess information concerning the prevailing standards within this domain and adhere to them across all stages of the software life cycle. This research underscores the significance of implementing standards in the realm of software quality. Over the past two decades, the International Organization for Standards has played a pivotal role in shaping quality standards for numerous software products. The commencement of this study involves a succinct overview of the evolution of standards in software quality, followed by an exhaustive examination of the present ISO/IEC standard series known as SQuaRE. This domain holds substantial importance as familiarity with software quality standards and their practical application contributes to the creation of resilient and widely adopted high-quality software. The utilization of the outlined standards and the methodologies for assessing software quality hinge on the available resources for executing the method. These resources encompass factors such as time, financial means, the quantity of evaluators and their proficiency, the volume of users for testing, as well as the accessibility of facilities and testing equipment. Additionally, the chosen level of objectivity and its applicability across diverse stages of application development play a crucial role in determining how these standards and evaluation approaches are implemented.

**Keywords:** Software Quality, Software Quality Standards, ISO/IEC, SQuaRE.

### INTRODUCTION

Software represents an intellectual product and acquiring it involves a substantial investment that demands justification. Justifying such investments necessitates ensuring that the software aligns with users' needs at the anticipated level. The evaluation of investment justification often involves a challenging decision-making process when it comes to choosing or purchasing software. Assessing functionality and other measurable characteristics is part of this mental process, performed in the context of real needs. For intangible assets like software, decision-making mental processes are intricate, as facts are abstract and less convincing. Consequently, there is a need for formalizing these decision-making processes based on clear and unambiguous assessment results.

To safeguard both the contracting authority and the supplier, precise contracts for software purchase and adherence are essential. Contracts in this professional domain should preferably lean on adequate standards to avoid misunderstandings about the subject and its concepts. Beyond legal protection, standards ensure that the quality of the development process and the resulting products meets the required and expected

standards. This becomes particularly crucial in cases where human error in product use could lead to potential harm or significant material damage.

As the number of software applications increases, so does the importance of software quality. To effectively manage software quality, there was a need to establish a methodology for objectively quantifying software products and their development processes. Defining software quality requires measuring and evaluating numerous features that collectively determine its quality. Metrics of software quality play a substantial role in this regard.

Scientists often create models of quality to understand and measure it. Various models suggest how different quality attributes are interconnected. The first quality models were developed in critical application areas. A quality model, such as ISO/IEC 9126 (1991), comprises characteristics and their relationships, forming the basis for specifying quality requirements and conducting quality assessments. Different approaches, ranging from classical models like Boehm (1978) and McCall (McCall et al., 1978) to more recent approaches like ISO/IEC 25010 (2010), define the set of characteristics to be measured for determining software quality or establish the quality model.

## SOFTWARE QUALITY AND STANDARDS

The evolving demands and expectations for software in the market have been such that only industrial-scale production could meet them. Organizing industrial production requires standards for development. Given the dynamic nature of software development, official standards couldn't keep pace initially. The first standards in the market were industry standards, representing agreements among producer groups or those of major corporations (e.g., Microsoft) widely accepted in the market. These industry standards form the basis for initiating official standards adopted by international and national standardization bodies.

Globally, there are over 1,000 official software-related standards, with 350+ in software engineering. International standards, though not perfectly systematized, serve as potent tools for improving design methods and ensuring software quality.

Standardization in information technologies contributes to more efficient functions, stability, and smoother transitions. Applying standards in software development creates conditions for efficient, cost-effective, secure, and reliable products. Standardized processes enable planning, quantification, monitoring, documentation, and continuous improvement, laying the groundwork for defined quality.

For complex information systems involving multiple organizations, standards not only ensure quality but also facilitate project exchange, user training, and collaborative work. The rapid evolution of software led to the development of standards and tools. Standardization offers a common framework for effective communication in software development, design, and management.

Despite progress since 1976, there's no widely accepted scheme for evaluating software quality. Various models by McCall, Boehm, Eason, Shackel, Nielsen, and others contributed, but the need for a unified quality model persisted. ISO/IEC 9126 emerged in 1991 to address common questions during software acquisition and implementation, providing a comprehensive model for software quality evaluation.

Standards are crucial in software technology, providing order and enabling progress. ISO standards fall into product-oriented (defining characteristics and requirements) and process-oriented (determining development processes) categories. For software, general quality, documentation, life cycle, and profession-specific standards are commonly recommended. Usability-focused projects may benefit from the CIF standard (Common Industry Format for Usability Test Reports), offering comprehensive requirements, evaluation methods, and reporting for usability testing of software and hardware.

While general standards exist, defining software quality for specific purposes requires "professional" standards tailored to specialized software contracting.

#### ISO 9241-11 STANDARD

In 1998, the International Organization for Standardization (ISO) embraced the ISO 9241-11 standard to streamline contracting processes and evaluate the fulfillment of specified characteristics. The ISO 9241-11 standard, utilized for assessing usability performance and user satisfaction (Folmer & Bosch, 2004), defines usability as "the extent to which a product can be used by specific users to achieve specific goals with efficiency, effectiveness, and satisfaction in a specified context of use" (ISO 9241-11, 1998).

This definition encompasses two user-centric perspectives. Firstly, it considers user performance, encompassing effectiveness and efficiency, and secondly, it addresses user satisfaction. The definition comprises four key elements: users, user goals, the product, and the context of use. The context involves "users, tasks and equipment, and the physical and social environment in which the product is used." The ISO 9241-11 standard identifies three measurable attributes of usability: effectiveness, efficiency, and satisfaction.

**Effectiveness:** Users successfully achieve their goals with accuracy and completeness. The system should contain features that ensure users encounter no difficulty in accomplishing their objectives.

**Efficiency:** The system's resources are utilized accurately and completely to achieve users' goals.

**Satisfaction:** Users must derive satisfaction from using the system.

ISO 9241-11 underscores the advantages of measuring usability concerning performance and customer satisfaction. It emphasizes that the usability of the visual display is contingent upon the context of use, implying that the achieved level of usability depends on the specific circumstances in which the product is employed.

#### ISO/IEC 9126 STANDARD

In the early 1990s, there was an initiative in software engineering to consolidate various aspects of quality into a unified model serving as a global standard for assessing software quality. This resulted in the ISO 9126 (ISO 9126, 1991) standard, designed to facilitate understanding in negotiations between client software and manufacturers. The primary goal was to recommend the extent and quality characteristics software must possess. The ISO 9126 model, based on McCall's model, defines product quality through a set of characteristics. Notably, the ISO model is characterized by strict hierarchies, distinguishing it from McCall's and Boehm's models.

The initial version of the standard outlined a quality model with six main characteristics—functionality, reliability, usability, efficiency, maintainability, and portability—comprising 20 subcharacteristics. Each characteristic addresses a specific attribute from the user's perspective, steering away from an internal designer's view. While the standard recommends direct measurement of these characteristics, it doesn't delve into the specifics of how measurements are conducted.

This initial model served as a foundation, adaptable as needed for specific projects. However, ISO/IEC 9126 lacked attributes and metrics within the standard itself, nor did it prescribe measurement methods, rankings, or evaluations. Instead, it offered general guidelines for a software quality evaluation process. Challenges arose in determining completeness and consistency, as models lacked explanations for inclusion or hierarchy structure.

Between 2001 and 2004, the International Organization for Standardization revised the standard, issuing an expanded version. Recognizing the utility of models and metrics beyond evaluation, a new series, ISO/IEC 14598, was introduced to isolate the software quality evaluation process. Over time, ISO/IEC 14598 was split into two standards: ISO/IEC 9126 (ISO/IEC 9126, 2001) and ISO/IEC 14598, a decision that complicated matters and led to a decline in popularity for both standards.

ISO/IEC 9126 comprises four parts, with the first part (ISO/IEC 9126-1) focused on concepts and presenting a dual quality model: internal/external quality and quality in software use. The model categorizes quality attributes into six characteristics, further divided into 27 subcharacteristics measurable by internal or external metrics. The second part (ISO/IEC TR 9126-2) covers external characteristics of software quality metrics, while the third part (ISO/IEC 9126-3) provides internal metrics. The fourth part (ISO/IEC 9126-

4) contains a fundamental set of metrics for each quality characteristic in use, along with instructions for application and examples of their use in the software product lifecycle.

In the context of ISO/IEC 9126-1, quality in use refers to how an end user perceives a complete system, measured by the results of software use. The attributes of internal and external quality serve as causes, while the attributes of quality in use act as effects. These three perspectives are interrelated, where measuring and evaluating quality in use can confirm external software quality, and vice versa. Similarly, considering the attributes of internal quality is crucial for achieving the required external behavior, and attributes of external quality are prerequisites for quality in use.

#### ISO/IEC 14598 STANDARD

Originally conceptualized by ISO/IEC 14598-1 (ISO/IEC 14598-1, 1999), the process of assessing software quality aims to provide methods for measuring, evaluating, and appraising the quality of software products. Serving as the foundation for this series, ISO/IEC 14598-1 defines fundamental concepts and outlines the utilization of characteristics and quality metrics specified in the ISO/IEC 9126 series. Published under the overarching title of Information technology - Software product evaluation, ISO/IEC 14598-1 comprises multiple parts, covering aspects like the model of quality, evaluation methods, software measurement, and supporting tools. This standard caters to designers, procurement personnel, and independent assessors.

The ISO/IEC 14598 series of international standards offers guidelines and requirements for the evaluation process in three main contexts:

Development of new products or enhancements of existing ones (ISO/IEC 14598-3, 2000): This part addresses the evaluation process concerning the creation or improvement of software products.

Procurement of products or reuse of existing products (ISO/IEC 14598-4, 1999): Focusing on the acquisition of software products or the utilization of existing ones, this part provides guidance for evaluation.

Independent evaluation of requirements by the designer, supplier, or a third party (ISO/IEC 14598-5, 1998): This part is dedicated to independent evaluations carried out by designers, suppliers, or third parties.

Recognizing software testing as the most efficient and effective means of achieving and maintaining software product quality, it operates based on established rules and principles within quality standards. In a way, software testing incorporates all predefined methods and techniques for creating and sustaining high-quality software.



---

## SQUARE – ISO STANDARDS FOR SOFTWARE QUALITY

Recognizing the limitations of the ISO/IEC 9126 standard, as acknowledged by various authors in the literature such as (Azuma, 2001), (AlQutaish, 2010, pp.205-228), (Suryan and Gil, 2005), (Olsina and Molina, 2008), the International Organization for Standardization (ISO) took the initiative to develop a new series of standards for software quality. This new standard, known as SQuaRE (Software Product Quality Requirements and Evaluation), represents the second generation of standards for software quality. The intention is for SQuaRE to eventually replace both the ISO/IEC 9126 and ISO/IEC 14598 series. The development of SQuaRE adheres to several guiding principles:

1. Integration of ISO/IEC 9126 and ISO/IEC 14598: SQuaRE harmonizes these two series into a consolidated standard.
2. Introduction of a New Organization and Standard: A new structure and standard are introduced to enhance organization and clarity.
3. Introduction of a New Reference Model: SQuaRE incorporates a new reference model to guide the evaluation process.
4. Introduction of Detailed Guides: Detailed guides accompany the standards to provide comprehensive understanding and practical guidance.
5. Introduction of Standards on Quality Requirements: SQuaRE introduces standards specifically addressing quality requirements.
6. Introduction of a Manual for Practical Use with Examples: A manual is included to facilitate the practical application of the series, supplemented with examples.
7. Coordination and Harmonization with ISO/IEC 15939: The measurement model within SQuaRE is aligned and harmonized with ISO/IEC 15939 Software engineering - Software measurement process.

SQuaRE encompasses a series of fourteen ISO/IEC standards and technical reports grouped into five thematic sections or parts:

1. Quality Management (ISO/IEC 2500n): Provides an overview of the evaluation process and quality models, establishing common models, terms, and definitions for the entire series.
2. Quality Model (ISO/IEC 2501n): Introduces a detailed model of quality, including features for internal, external, and quality in use, along with instructions for practical use.
3. Measurement of Quality (ISO/IEC 2502n): Encompasses standards with a reference model for measuring software product quality, metrics for internal, external, and quality in use, and practical usage instructions.

4. Requirements for Quality (Series ISO/IEC 2503n): Aids in specifying required quality, mapping the process of defining requirements to technical processes outlined in the ISO/IEC 15288 standard.

5. Evaluation of Quality (Series ISO/IEC 2504n): Provides requirements, recommendations, and guidelines for evaluating software products, involving evaluators, customers, or software developers.

Key distinctions between the SQuaRE series and ISO/IEC 9126 or ISO/IEC 14598 include the introduction of a general reference model, coordinated guidelines for measuring and evaluating software quality, a section on quality requirements, the existence of detailed manuals for each part, guidelines for practical use through examples, and harmonization with terminology related to software measurement (utilized in the ISO 15939 standard). Nigel Bevan, an international expert in software usability, played a significant role in shaping this series, emphasizing the critical importance of quality in use (Bevan et al., 1991).

#### ISO 25010 STANDARD

The International Organization for Standardization (ISO) has recently introduced an expanded definition of quality in use. This enhanced definition incorporates subcharacteristics such as usability, flexibility, and security, allowing for quantification from the perspectives of various stakeholders, including users, managers, and software maintainers. ISO/IEC 25010 preserves the existing three perspectives on quality—internal, external quality, and quality in use. Notably, it broadens the concept of product quality from the previously established six characteristics in ISO/IEC 9126-1 to eight characteristics (refer to Fig. 1.).

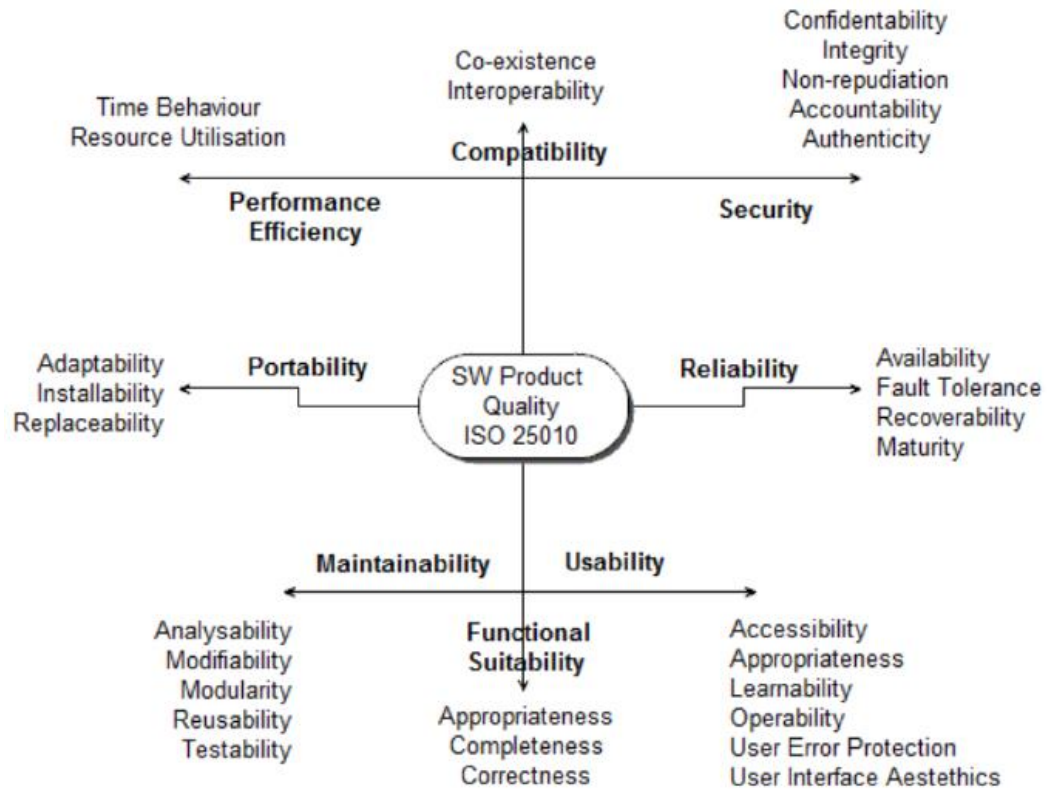


Fig. 1. Software product quality according to ISO/IEC 25010

When compared to ISO/IEC 9126-1, the usability aspect has undergone a name change to "operability," encompassing a more extensive scope. While retaining certain subcharacteristics like suitability for learning, ISO/IEC 25010 introduces new elements such as technical accessibility, compliance, and the capacity of applications to assist users. The addition of compatibility as a new feature is noteworthy, and Safety has been designated as a distinct feature rather than a subcharacteristic of the Functionality trait in the previous standard. Some names have been subtly adjusted to enhance descriptiveness.

The second model within the ISO 25010 standard pertains to quality in use (refer to Figure 2), incorporating the original quality in use characteristics from ISO 9126-1, along with the introduction of some novel elements.

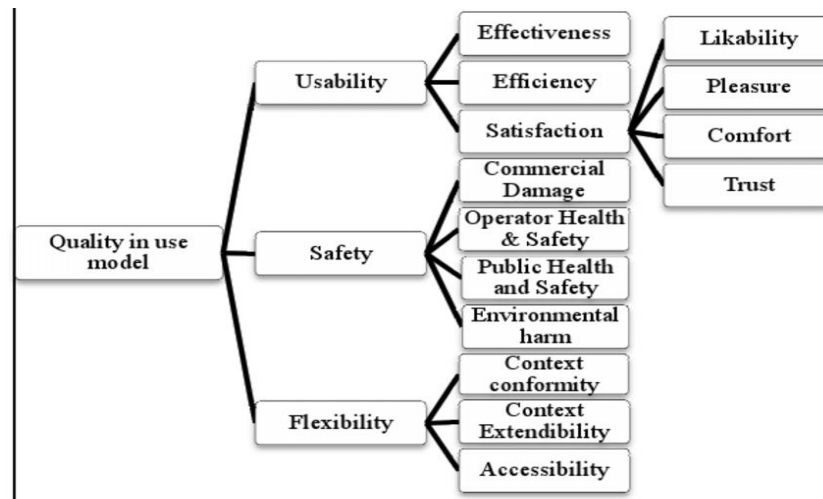


Fig. 2. Model for quality in use in ISO/IEC 25010

In comparison with ISO/IEC 9126-1, the designation for usability has evolved into "operability" in ISO/IEC 25010, reflecting a more inclusive scope. While preserving specific subcharacteristics like suitability for learning, ISO/IEC 25010 introduces fresh elements, including technical accessibility, compliance, and the capability of applications to provide assistance to users. The addition of compatibility as a new feature is notable, and Safety has been identified as a distinct feature rather than a subcharacteristic within the Functionality trait, as was the case in the previous standard. Some names have been subtly adjusted for improved descriptive clarity.

The second model within the ISO 25010 standard pertains to quality in use (Fig. 2.), encompassing the original quality in use characteristics from ISO 9126-1, along with the introduction of some novel elements. This broader interpretation of usability is integrated into the modified ISO 9126-1, 2001, referred to as "quality in use," emphasizing quality from the user's perspective during product usage (Bevan, 1999). As the ISO/IEC 9126-1 quality model became part of the SQuaRE series (such as ISO/IEC 25010), some ISO/IEC national bodies noted a misalignment between the narrow usability definition inherited from ISO/IEC 9126 and the comprehensive definitions of the CIF. To align the SQuaRE usability definition with the CIF, the usability characteristic was rebranded as "operability," encompassing a broader meaning. This adjustment allows usability to be defined as a quality in use characteristic, featuring subcharacteristics like effectiveness, efficiency, and satisfaction. In ISO/IEC CD 25010.3, quality in use encompasses two characteristics: Safety from ISO/IEC 9126-1, along with a new feature—Flexibility.

## SOFTWARE QUALITY METRICS

While it may appear that the domain of quality metrics is well-defined and the application of metrics for monitoring and evaluating quality and usability is clear, there remains considerable uncertainty. The formalization of the evaluation area and the measurement of various quality indicators is lacking.

To measure is to assign a value, following specific rules, to an object, usually referred to as a value. Measurement involves determining how many times the measuring quantity (often called a unit of measurement) is contained in the value to be measured. The result of this value measurement is a number, and it is crucial to differentiate between the value and the number obtained through measurement. This number, along with the designation of a value unit, is termed a numerical value of a quantity or a number of a unit of measure.

Measurement is the process of determining the quantity, size, or degree of something using a standardized set of measures and a measurement procedure defined by metrics. Metrics define a measurement system or standard, scales, and units of measurement for monitoring efficiency indicators (Ted, Angelika).

Quality in use pertains to the quality of the software product from the user's perspective when used in a specific environment and within a particular context. It gauges the extent to which users can accomplish their goals in a given environment, focusing on user experience rather than the inherent properties of the software itself. Meeting criteria for external quality is insufficient to meet criteria for internal quality, and often, meeting external quality criteria alone is insufficient for achieving quality in use.

When discussing quality, the emphasis is typically on meeting user demands for quality. User requirements for quality refer to the quality of the product in use. To integrate the fulfillment of quality demands into the software development process, it is crucial to evaluate the software product across all phases of its life cycle.

Quality assessment involves measuring internal (usually static measurement of intermediate products) and external attributes (measuring code behavior during execution) or measuring quality in use attributes. Software quality metrics play a pivotal role in evaluating each characteristic to ensure the required quality. According to the ISO quality model, internal, external, and quality in use metrics are employed to measure software quality.

Internal quality, measured based on internal quality requirements, can be improved during code implementation and testing. However, the fundamental internal quality of the software product remains unchanged, except in cases of redesign. Internal metrics, a quantitative scale and measurement method, are utilized during design or coding in the early stages of the software life cycle. These metrics can be applied to non-executable software products (e.g., specifications or source code) during design and coding.

External quality refers to the quality of software execution, typically measured and evaluated during testing in a simulated environment with simulated data using external metrics. External metrics, a quantitative scale and measurement method, are applicable to software running during testing or in later stages of development, and even during

real-world use. They utilize software product measurements derived from system behavior measurements during testing, running, and monitoring.

Quality in use metrics assess the extent to which a product meets user needs to achieve specified goals effectively, productively, safely, and with satisfaction in a given context. The evaluation of quality in use validates the software product's quality in user-task scenarios.

The relationship between quality in use and other quality characteristics of software products depends on the user type:

- For end users, quality in use is primarily a result of functionality, reliability, usability, and efficiency.
- For those responsible for software implementation, quality in use is mainly a result of maintainability.
- For those handling the software, quality in use is mainly a result of portability.

## CONCLUSION

Defining the concept of software quality involves navigating numerous dimensions, making it a complex endeavor. To ensure the desired quality, it is imperative to monitor diverse parameters, formulate plans, and establish standards and quality system documentation applicable to software products. The significance of software quality is evident for both manufacturers and users, with its interpretation varying based on the observer's perspective. Achieving a software product aligned with specifications, meeting customer requirements, and devoid of errors necessitates the measurement of multiple parameters, demanding the selection of suitable measurement parameters and the implementation of relevant testing methodologies and techniques. A pivotal challenge lies in the definition of metrics, correlating the type of measurement to the software system.

Therefore, adherence to prescribed standards during software development is crucial to circumvent later interventions or software modifications in subsequent phases of the software life cycle. Quality, with its diverse aspects and metrics associated with different phases of the product life cycle, is evaluated using a defined quality model during the phase of setting quality goals for products or intermediate products. This evaluation can involve measuring consequences or employing direct measurement. Hierarchical decomposition of the software product aids in generating a list of parameters related to quality, although measuring all characteristics in all cases may not be feasible.

By measuring and evaluating quality in use, external software quality can be validated. Additionally, the measurement and evaluation of external quality serve to verify internal software quality, and an examination of internal quality can lead to conclusions about necessary improvements in the software production process. The attributes of internal and external quality are foundational, while the attributes of quality in use represent the effects. Bevan (1999) succinctly concludes, "Quality in use is the goal, and the quality of the software product is the means by which this goal is achieved."

In accordance with international standards (ISO/IEC 9126-1, ISO/IEC 25010), quality in use is how the end user perceives the complete system on which the software operates, measured by the outcomes of software usage. Existing quality models in current standards describe traditional software products well and are suitable for assessing both the quality and usability issues of traditional graphic user interfaces. However, these models fall short in describing the quality of a broader set of applications based on web technology.

The models of quality in these standards cater to various stakeholders, including developers, system integrators, owners, maintenance teams, contractors, security experts, quality control professionals, and users. Nevertheless, the relevance of the complete set of quality characteristics in these models may vary for different user types. Thus, customization of the model is essential, considering the significance of quality characteristics for each type of user and aligning them with the objectives and tasks. Presently, numerous methods exist for evaluating software quality, with the choice dependent not only on the software product type but also on project objectives and usage context. Factors such as required resources, objectivity levels, and applicability in different development stages play a crucial role in selecting an appropriate evaluation method.

#### REFERENCES

1. McCall, J., Richards, P., & Walters, G. 1977. Factors in Software Quality. NTIS AD-A049-014.
2. ISO/IEC 25010.3, 2010, Systems and software engineering Software product Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) – Software product quality and system quality in use models.
3. Boehm, B.W., Brown, J.R., & Lipow, M. 1976. Quantitative Evaluation of Software Quality. In: Proceedings of the 2nd International Conference on Software Engineering. , pp.592-605.
4. Eason, 1984. Towards the experimental study of usability. Behaviour and Information Technology, 3(2), pp.133-143.

5. Ted, H., & Angelika, P. 2006. Measuring the effectiveness of your ISMS implementations based on ISO/IEC 2700. BSI.
6. ISO/IEC 14598-4, 1999, Information Technology - Software Product Evaluation. Part 4: Process for Acquirers.
7. ISO/IEC 14598-5, 1998, Information Technology - Software Product Evaluation. Part 5: Process for Evaluators.
8. ISO/IEC 9126-1, 2001, Software Engineering - Product Quality: Part 1: Quality Model.
9. ISO/IEC TR 9126-2, 2003, Software Engineering - Product Quality. Part 2: External Metrics.
10. ISO/IEC TR 9126-3, 2003, Software Engineering - Product Quality. Part 3: Internal Metrics.
11. ISO/IEC TR 9126-4, 2004, Software Engineering - Product Quality. Part 4: Quality in Use Metrics.
12. Azuma, M. 2001. SquaRE: The next generation of the ISO/IEC 9126 and 14598 international standards series on software product quality.
13. J. Nielsen. Usability Engineering. Academic Press, Boston, 1993.