

Әңгімеде металлургия әлемі тек техникалық сала ретінде емес, адам тағдырын айқындайтын әлеуметтік кеңістік ретінде бейнеленеді.

Евней Арыстанұлы Бөкетов – қазақ ғылымы мен әдебиетінің тоғысында өзіндік дара із қалдырған тұлға. Ол бір жағынан – ірі металлург-ғалым, өндірістік-техникалық прогрестің алдыңғы қатарлы зерттеушісі, екінші жағынан – қазақ әдебиетінің көрнекті өкілі, публицистика мен прозада өзіндік қолтаңбасын қалдырған қаламгер. Бұл қос қырлы болмысы оның мұрасын ерекше құнды етеді.

Ғалымдық жолындағы табандылығы мен зертханалық еңбектері Е.Бөкетовті қазақстандық металлургия ғылымының көшбасшыларының бірі ретінде танытса, жазушылық қыры оның ой әлемінің кеңдігін, ғылыми ізденістер мен адамдық болмыс арасындағы нәзік байланысты терең сезінгендігін көрсетеді. Әсіресе, оның прозалық шығармалары деректілік пен көркемдік тоғысқан жаңа үлгі қалыптастырды. Мәселен, «Досыма алты хат» повесі – Бөкетовтің әдебиеттегі ең көрнекті жетістігі. Бұл шығармада автор деректі фактілерді, өмірлік тәжірибесін көркемдік қиялмен шебер ұштастырып, жас ғалымның ішкі толғаныстарын, рухани ізденістерін суреттейді. Шығармада «ғалым-адам» бейнесі көркемдік тұрғыдан типтеліп, ұлттық ғылыми интеллигенцияның қалыптасу жолдары бейнеленеді.

Зерттеушілер атап өткендей, Бөкетовтің әдеби мұрасында қиялға ғана сүйенген таза көркем шығармалар жоқ, қайта оның барлық еңбектерінде ғылыми ойлау мәдениеті жетекші рөл атқарады. Ол көркем қиялды ғылыми зердемен ұштастырып, әдебиетті адамгершілік пен білімнің ортақ алаңына айналдырды [2]. Бөкетовтің прозасы орыс және еуропа мемуарлық-документалистік әдеби дәстүрлерімен сабақтасып, Л.Толстой, А.Герцен, М.Горький шығармашылығындағы өмірбаяндық рефлексиялармен үндеседі. «Досыма алты хат» туындысында хат түріндегі баяндау тәсілі қолданылады: автор «дос» бейнесі арқылы өзімен-өзі сырласып, шығармашылық рефлексия жүргізеді. Повесте портреттік сипаттаулар, эстетикалық детальдар мен ғылыми ізденістердің философиялық пайымы бір-бірін толықтырады [3]. Евней Бөкетов публицист қана емес, көркем ойлау жүйесі қалыптасқан қаламгер ретінде де айқын танылды. Оның публицистикасы қарапайым ақпарат берумен шектелмей, әдеби шығармашылықпен астасып, қоғам болмысын көркем бейнелер арқылы жеткізді. Публицистикасының басты ерекшелігі – заманының шындығын айшықтай отырып, адамзаттық асыл мұраттарды дәріптеуі, оқырманды парасаттылыққа, ізгілікке, рухани байлыққа үндей білуінде.

Мәселен, «Қара металлургия алыбы» мақаласы – публицистикалық туынды ғана емес, әдеби тәсілдерге бай көркем очерк үлгісі. Автор А.С. Пушкин сөзін келтіріп, кейін «Қыз Жібек» жырының көріністерін шебер тоғыстырады. Осы арқылы халықтық поэзия мен ғылыми пайымды біріктіріп, тарихи оқиғалар мен металлургиядағы жаңалықтарды эпикалық сипатта жеткізеді. Мұндай көркемдік амалдар публицистиканы әдеби шығарма деңгейіне көтереді [4]. Сондай-ақ оның «Табиғат ананы аялай білейік» атты мақаласы экологиялық мәселелерді көркем тілмен бейнелеп, оқырманды табиғатқа құрметпен қарауға тәрбиелейді.

Бөкетов публицистикасында азаматтық пафос, ұлттық құндылықтарды дәріптеу, тарихи тағдырды саралау айқын көрініс тапқан. Жазушы публицистикасы әдеби әдістерді кеңінен қолданып, фактілерді бейнелі тілмен өрнектейді. Бұл – публицистика мен әдебиеттің тоғысуының жарқын мысалы.

Евней Арыстанұлының ғылыми және әдеби мұрасы – бірін-бірі толықтырып тұрған екі қыры бар тұтас жүйе. Ғылымдағы жүйелілік пен нақтылық оның прозасына шынайылық пен дәлдік берсе, әдеби шығармаларындағы философиялық ойлар ғылыми еңбектерінің дүниетанымдық ауқымын кеңейтті. Сондықтан Бөкетов мұрасын ғылым, әдебиет және публицистиканың өзара тоғысу феномені ретінде бағалауға толық негіз бар.

Евней Арыстанұлы Бөкетов – ғылым мен әдебиеттің арасын тоғыстырған қайталанбас тұлға. Оның металлургия саласындағы ғылыми зерттеулері қазақстандық өндіріс ғылымының дамуына серпін берсе, прозалық және публицистикалық шығармалары қазақ әдебиетінің көркемдік өрісін кеңейтті. Бөкетовтің еңбектерінде ғылыми дәлдік пен көркемдік қиял бір-бірін толықтырып, тұтас дүниетаным қалыптастырды. Сондықтан да ол қазақ руханиятындағы «ғалым-қаламгер» синтезінің ең жарқын өкілі ретінде бағаланады.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

1. Сарсеке М. Евней Бөкетов: ғылыми басылым / М. Сарсеке. – Астана : Фолиант, 2005. – 532 б.
2. Савченко Т. Т. Художественное бытие невымышленного: проза ЕА Букетова //ХАБАРШЫСЫ ВЕСТНИК. – 2010. – С. 97.
3. Букетов Е. Шесть писем другу. – Алма-Ата : Жалын, 1989. – 288 с.
4. Қуандықова Д. А. Ф. ӘОЖ 821.512. 122 Е. БУКЕТОВ–ПУБЛИЦИСТ //Манаш Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан мемлекеттік университетінің 80 жылдығына арналған «ҚОЗЫБАЕВ ОҚУЛАРЫ-2017: Қазақстан және уақыттың заманауи сын-тегеуріндері» атты халықаралық ғылыми-тәжірибелік. – 2017. – С. 59.]

УДК 539.6; 539.2; 538.9

## РАСЧЕТЫ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ПЕРОВСКИТА ДЛЯ ИОНОВ $\text{Sn}^{2+}$ И $\text{Sn}^{4+}$

Дмитриева Е.А., Institute of Physics and Technology, Satbayev University, Алматы, Казахстан  
Нурбаев Б.М., Institute of Physics and Technology, Satbayev University, Алматы, Казахстан

### Введение

В современном мире уделяется огромное внимание окружающей среде. Правительством многих стран принимаются законы по «углеродной нейтральности». Углеродная нейтральность подразумевает сокращение

выбросов парниковых газов до уровня, при котором выбросы углерода нейтральны по сравнению с поглощением углекислого газа, и часто называется «чистым нулем» [1]. Одно из направлений по достижению углеродной нейтральности является использование возобновляемых источников энергии. Это солнечная энергия, ветроэнергетика, гидроэнергетика, геотермальная энергия и биомасса. То есть энергетические ресурсы, которые естественным образом пополняются в природе. В отличие от угля, нефти, газа и других традиционных энергоносителей, подобная энергия неисчерпаема и экологически чистая.

Солнечная энергия — огромный, неисчерпаемый и чистый ресурс. Она получается из солнечного излучения и может быть использована для производства как электроэнергии, так и тепла. Одним из ее главных преимуществ является то, что она генерирует энергию без прямых выбросов, что значительно снижает углеродный след, связанный с производством энергии. В результате солнечная энергия играет решающую роль в снижении выбросов парниковых газов и поддержании более чистой и устойчивой окружающей среды. Ее универсальность делает ее ключевым возобновляемым ресурсом, чье применение варьируется от производства электроэнергии и опреснения воды до отопления помещений, охлаждения и горячего водоснабжения [2].

Модульный солнечный элемент представляет собой устройство, которое использует полупроводниковые материалы для поглощения солнечной энергии и преобразования ее непосредственно в электричество посредством фотоэлектрического (ФЭ) эффекта. В настоящее время солнечные элементы бывают на основе: кремния, арсенида галлия, селенида меди-индия-галлия и перовскита. Первые солнечные элементы, достигшие коммерческого применения — это кремниевые солнечные элементы. Солнечными элементами следующего поколения — перовскитные солнечные элементы (PSC). Так как последний рекорд КПД PSC составляет более 39%, что делает их серьезным конкурентом на будущем рынке солнечной энергетики [3]. Недорогие и широко распространенные на Земле компоненты, и возможность низкотемпературной обработки делают PSC коммерчески привлекательными для рулонного производства. Различные аспекты перовскитов делают их привлекательными для сбора солнечной энергии, особенно их оптоэлектронные свойства, такие как амбиполярный перенос заряда, большая длина диффузии заряда и высокая толерантность к дефектам.

Однако, большинство перовскитных солнечных элементов, содержат в своем составе свинец. Перовскитные на основе свинца при взаимодействии с влагой образуют водорастворимые токсичные соединения. Вода, загрязненная такими соединениями, попадая в экосистему или пищевой цикл, может вызвать различные токсикологические эффекты как на организм человека, так и на другие живые существа. Как правило, у большинства людей проявляются симптомы отравления, когда потребление свинца достигает примерно 0,5 мг/день [4]. Поэтому, чтобы гарантировать человеку безопасную и не загрязняющую окружающую среду, необходимо разработать некоторые нетоксичные или малотоксичные структуры для замены свинца в качестве перовскитных поглотителей в солнечных элементах. Наиболее перспективным кандидатом являются соединения на основе олова благодаря превосходным оптическим и электрическим свойствам, особенно подходящим для применения в солнечных элементах. Теоретически, перовскиты на основе олова с оптической шириной запрещенной зоны в диапазоне 1,2–1,4 эВ могут достичь PCE около 33% [5]. Объединенный экспертный комитет Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций и Всемирной организации здравоохранения по пищевым добавкам (JECFA) предложил предварительную максимально допустимую суточную дозу (PMTDI) олова в размере 2 мг/кг массы тела. Это в 4 раза больше, чем для свинца. Так же имеются результаты исследований, проведенных на белых мышках, который показал, что даже в наихудших условиях крупномасштабного применения галогенных перовскитов на основе олова не наблюдается ни очевидной острой токсичности, ни риска на генном уровне [6]. Таким образом, галогенидные перовскиты на основе Sn являются биобезопасными и замена свинца на олово в галогенидных перовскитах вполне применима. Поскольку олово в соединениях проявляет степень окисления +2 и +4, данная работа посвящена рассмотрению геометрических предпосылок формирования стабильных перовскитных структур для широкого набора органических катионов, галоген-анионов и ионов олова  $\text{Sn}^{2+}$  и  $\text{Sn}^{4+}$ .

#### Расчеты структурных факторов

Структура гибридного органо-неорганического перовскита  $\text{ABX}_3$  состоит из шестикратно координированных катионов «В», окруженных анионами «Х», которые образуют октаэдры  $[\text{BX}_6]^{4-}$ , в то время как «А» занимает полость, образованную общими октаэдрами. Не все комбинации между катионами или анионами создают стабильную трехмерную структуру. Например, возможные размеры катиона «А» определяются размерами ионов «В» и «Х» для формирования октаэдрического каркаса. Чтобы указать, какая комбинация между анионами и катионами реализует стабильную структуру перовскита, используются два эмпирических параметра. Первый параметр — это геометрический коэффициент толерантности ( $t$ ), определяемый следующим уравнением:

$$t = \frac{R_a + R_x}{\sqrt{2}(R_b + R_x)} \quad (1)$$

где  $R_a$ ,  $R_b$  и  $R_x$  — ионные радиусы А, В и Х, соответственно. Следовательно, фактор толерантности оценивает, может ли катион А вписаться в структуру октаэдров с общими углами. Эмпирические данные показывают, что значения  $t$  должны быть в диапазоне от 0,8 до 1,0 для поддержания трехмерной структуры перовскита. Как правило, фактор толерантности от 0,8 до 0,9 показывает искаженную структуру с ромбоэдрической, орторомбической или тетрагональной симметрией. Если значения находятся в диапазоне от 0,9 до 1, может образоваться идеальная кубическая структура [7].

Подход на основе ионных радиусов обеспечивает быструю оценку структуры материала. Фактически, расчет коэффициента толерантности, является первым шагом к проектированию новых перовскитов. Предсказательная сила фактора толерантности ограничена, поскольку только 74% материалов правильно предсказаны как перовскиты. Бартель и др. сообщили об улучшенном описании с использованием следующего уравнения:

$$\tau = \frac{R_x}{R_b} - n_A \left( n_A - \frac{R_a}{\ln \frac{R_a}{R_b}} \right) \quad (2)$$

где  $n_A$  — степень окисления А, а  $R_i$  — ионный радиус иона  $i$  [8]. Формирование перовскитной структуры ожидаются в эмпирически определенном диапазоне  $\tau < 4,18$ .

Другим важным критерием является то, может ли катион «В» поместиться в октаэдрическую клетку в анионной подрешетке. Чтобы оценить соответствие катиона «В» октаэдру  $X_6$ , используется второй параметр, называемый октаэдрическим фактором ( $\mu$ ). Октаэдрический фактор определяется как:

$$\mu = \frac{R_b}{R_x} \quad (3)$$

Эмпирически определенные значения  $\mu$  между 0,441 и 0,895 приводят к структуре перовскита [9].

Для расчетов геометрических параметров были выбраны наиболее распространенные для перовскитов органические катионы. В таблице 1 приведены ионы, взятые для расчетов, и их эффективные радиусы.

Таблица 1 – Эффективные радиусы ионов

Название иона и краткое обозначение	Формула	Эффективный радиус, Å
Олово ( $\text{Sn}^{2+}$ )	$\text{Sn}^{2+}$	1,22
Олово ( $\text{Sn}^{4+}$ )	$\text{Sn}^{4+}$	0,68
Хлор ( $\text{Cl}^-$ )	$\text{Cl}^-$	1,81
Бром ( $\text{Br}^-$ )	$\text{Br}^-$	1,96
Йод ( $\text{I}^-$ )	$\text{I}^-$	2,2
Аммоний ( $\text{NH}_4^+$ )	$\text{NH}_4^+$	1,46
Гидроксиламмоний ( $\text{HA}^+$ )	$[\text{H}_3\text{NOH}]^+$	2,16
Метиламмоний ( $\text{MA}^+$ )	$[\text{CH}_3\text{NH}_3]^+$	2,17
Этиламмоний ( $\text{EtA}^+$ )	$[(\text{C}_2\text{H}_5)\text{NH}_3]^+$	2,74
Гидразиний ( $\text{Hz}^+$ )	$[\text{H}_3\text{N-NH}_2]^+$	2,17
Азетидин ( $\text{Az}^+$ )	$[(\text{CH}_2)_3\text{NH}_2]^+$	2,50
Формаимидиний ( $\text{FA}^+$ )	$[\text{NH}_2(\text{CH})\text{NH}_2]^+$	2,53
Имидазолий ( $\text{Im}^+$ )	$[\text{C}_3\text{N}_2\text{H}_3]^+$	2,58
Диметиламмоний ( $\text{DMA}^+$ )	$[(\text{CH}_3)_2\text{NH}_2]^+$	2,72
Ацетамидиний ( $\text{Ac}^+$ )	$[(\text{CH}_3)\text{C}(\text{NH}_2)_2]^+$	2,77
Гуанидиний ( $\text{Gua}^+$ )	$[\text{C}(\text{NH}_2)_3]^+$	2,78
Тетраметиламмоний ( $\text{TmA}^+$ )	$[(\text{CH}_3)_4\text{N}]^+$	2,92

Как указано в таблице 1, для расчетов были взяты ионы олова со степенью окисления 2+ и 4+ как катионы в положении «В». В роли анионов в положение «Х» были выбраны хлор (Cl), бром (Br), и йод (I). Остальные ионы – в положении «А». Результаты расчетов коэффициентов толерантности представлены графически на рисунке 1.

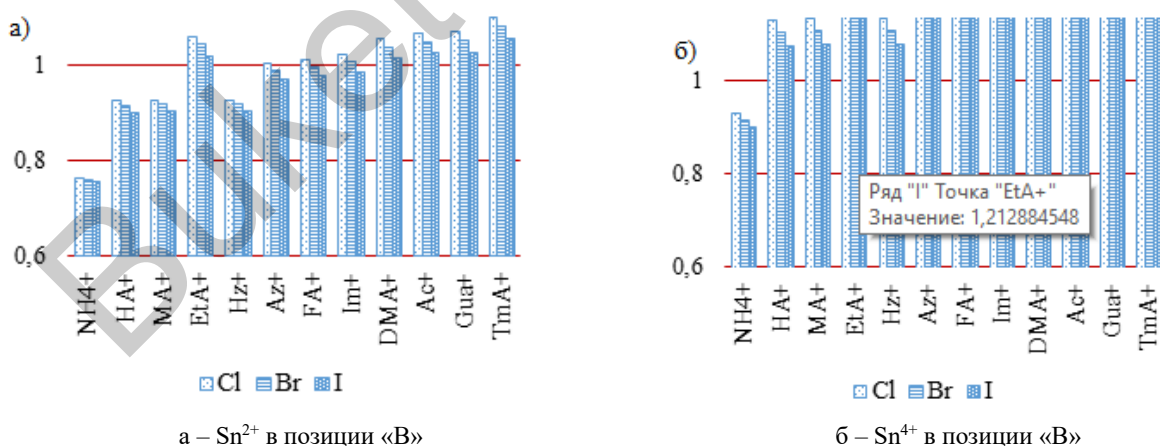


Рисунок 1 – Коэффициент толерантности ( $t$ )

Значения коэффициента толерантности ( $t$ ) для поддержания трехмерной структуры должны быть в диапазоне от 0,8 до 1,0. Из рисунка 1а видно, что согласно  $t$  образование соединений со структурой перовскита из ионов  $\text{NH}_4^+$  в положении «А» и  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$  и  $\text{I}^-$  – в положении «Х» для  $\text{Sn}^{2+}$  – мало вероятно. Однако, для ионов олова  $\text{Sn}^{4+}$  только этот набор ионов может дать структуру перовскита (рисунок 1б) остальные наборы демонстрируют  $t$  больше 1. Для ионов олова со степенью окисления 2+ коэффициент  $t$  значительно превышает единицу для наборов с ионами «А»:

этиламмоний (EtA<sup>+</sup>), диметиламмоний (DMA<sup>+</sup>), ацетамидиний (Ac<sup>+</sup>), гуанидиний (Gua<sup>+</sup>), тетраметиламмоний (TmA<sup>+</sup>).

Результаты расчетов уточненного коэффициента толерантности ( $\tau$ ) приведены на рисунке 2.

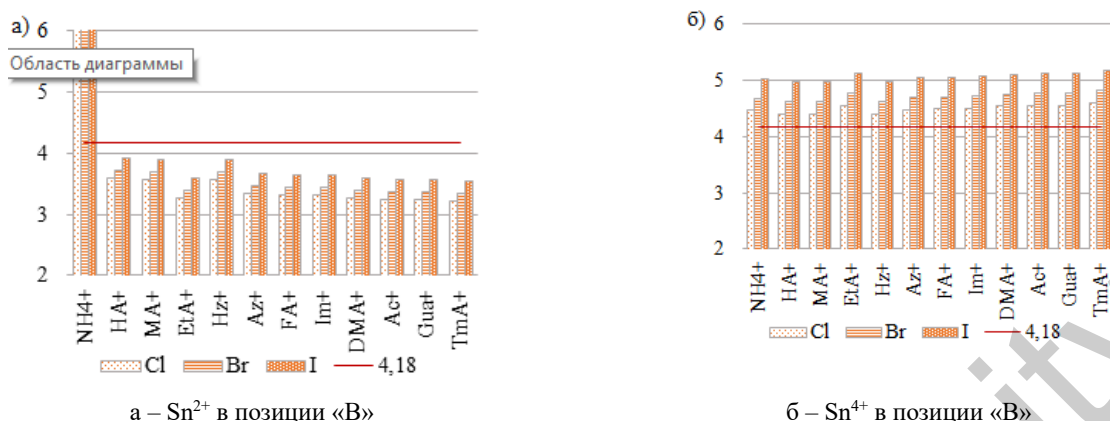


Рисунок 2 – Уточненный коэффициент толерантности ( $\tau$ )

Из рисунка 2а видно, что все исследуемые наборы ионов со Sn<sup>2+</sup> могут образовывать перовскитные структуры, кроме набора с ионом NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. Однако, для наборов с ионом Sn<sup>4+</sup> все наборы демонстрируют  $\tau$  больше эмпирически разрешенного значения 4,18 (рисунок 2б). Стоит отметить что, вероятность формирования соединений со структурой перовскита как для Sn<sup>2+</sup>, так и для Sn<sup>4+</sup> увеличивается от йода к хлору.

Результаты расчета октаэдрического фактора ( $\mu$ ) приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Октаэдрический фактор

анионы	$\mu$	
	Sn <sup>2+</sup>	Sn <sup>4+</sup>
Cl <sup>-</sup>	0.674	0.375
Br <sup>-</sup>	0.622	0.346
I <sup>-</sup>	0.554	0.309

Из таблицы 2 видно, что для катиона Sn<sup>2+</sup> и анионов Cl<sup>-</sup>, Br<sup>-</sup>, I<sup>-</sup> октаэдрический фактор попадает в эмпирически определенные значения  $\mu$  от 0,441 до 0,895, следовательно, формирование октаэдрической подструктуры наиболее вероятно. Октаэдрический фактор для катиона Sn<sup>4+</sup> при выбранных анионах ниже значений необходимых для формирования структуры перовскита.

Однако, имеются сведения о (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SnCl<sub>6</sub> [10], где Sn<sup>4+</sup> формирует октаэдры с Cl<sup>-</sup>. Несоответствие может быть связано с предположением образования трехмерной структуры из октаэдров, соединенных через вершины (как показано на рисунке 3а). Если октаэдры не соединены друг с другом, то могут наблюдаться отклонения от правил. Так (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SnCl<sub>6</sub> представляет собой структуру перовскита, где галогенидные октаэдры изолированы друг от друга (рисунок 3б).

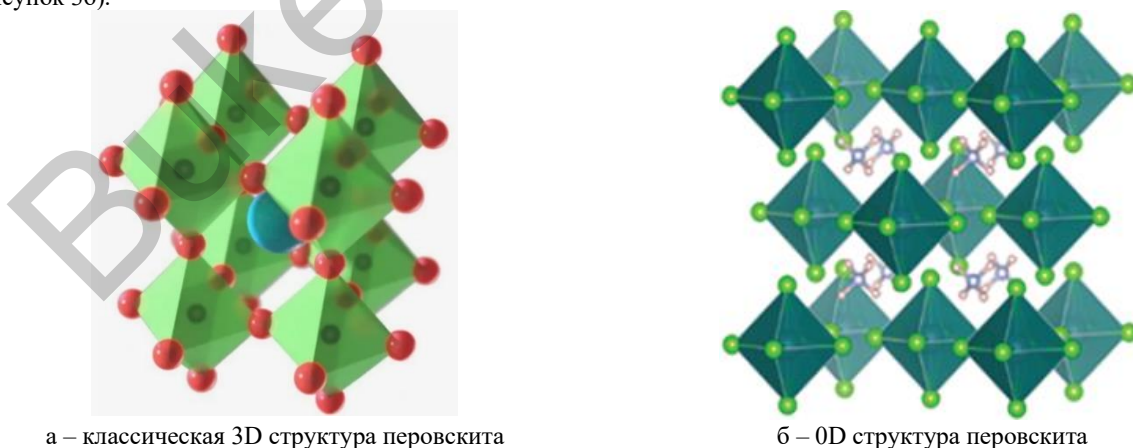


Рисунок 3 – 3D и 0D структуры перовскитов.

Изолированные октаэдры представляют собой молекулярно-подобные 0D-структуры, которые отличаются от пространственно ограниченных квантовых точек. Эти материалы весьма перспективны для светоизлучающих приложений, поскольку ожидаются высокие квантовые выходы фотолюминесценции. Кроме того, обнаружение (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SnCl<sub>6</sub> в природе в качестве минерала, говорит о высокой стабильности данного соединения.

## Заклучение

В работе были проведены расчеты геометрических параметров — коэффициента толерантности ( $t$ ), уточнённого коэффициента ( $\tau$ ) и октаэдрического фактора ( $\mu$ ) — для широкого набора органических катионов и галогенидов олова ( $\text{Sn}^{2+}$  и  $\text{Sn}^{4+}$ ). Установлено, что соединения на основе  $\text{Sn}^{2+}$  демонстрируют более благоприятные условия для формирования трехмерной перовскитной структуры по сравнению с  $\text{Sn}^{4+}$ , для которого, как правило, наблюдаются отклонения от идеальных геометрических параметров. Также было отмечено, что даже при нарушении эмпирических критериев возможна реализация стабильных структур с изолированными октаэдрами, как в случае  $(\text{NH}_4)_2\text{SnCl}_6$ . Полученные результаты подтверждают потенциал олова в качестве нетоксичного заменителя свинца в перовскитных солнечных элементах и могут служить основой для дальнейшего подбора стабильных и экологически безопасных композиций.

*Работа поддержана Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант No AP23485698 Исследование перовскитов на основе олова на гибких подложках)*

## Список использованных источников

1. Lee J. W., Geong H. G., Roh S. Why do you support carbon neutrality?: A look at the South Korean public's primary reason for supporting carbon neutrality and its associations with support for carbon neutrality and new renewable energy expansion //Environmental Research Communications. – 2025. – Т. 7. – №. 6. – С. 065028.
2. Giorio, M., Manni, M., Köker, N. I., Bertolin, C., Thebault, M., & Lobaccaro, G. Interactive platforms for solar energy planning in smart cities: A state-of-the-art review of solar cadasters //Solar Energy. – 2025. – Т. 287. – С. 113227.
3. Priyanka E., Muchahary D. Performance improvement of perovskite/CIGS tandem solar cell using barium stannate charge transport layer and achieving PCE of 39% numerically //Solar Energy. – 2024. – Т. 267. – С. 112218.
4. R. Wang, J. Wang, S. Tan, Y. Duan, Z.-K. Wang et al., Opportunities and challenges of lead-free perovskite optoelectronic devices. //Trends in Chemistry. – 2019. – Т. 1. – №. 4. – С. 368-379.
5. A. Filippetti, S. Kahmann, C. Caddeo, A. Mattoni, M. Saba, A. Bosin, M. A. Loi, J Fundamentals of tin iodide perovskites: a promising route to highly efficient, lead-free solar cells //Journal of Materials Chemistry A. – 2021. – Т. 9. – №. 19. – С. 11812-11826.
6. Xiao, L., An, T., Deng, C., Xu, X., & Sun, H. On biosafety of Sn-containing halide perovskites //Energy & Environmental Science. – 2023. – Т. 16. – №. 5. – С. 2120-2132.
7. Kieslich G., Sun S., Cheetham A. K. An extended tolerance factor approach for organic–inorganic perovskites //Chemical science. – 2015. – Т. 6. – №. 6. – С. 3430-3433.
8. Bartel, C. J., Sutton, C., Goldsmith, B. R., Ouyang, R., Musgrave, C. B., Ghiringhelli, L. M., & Scheffler, M. New tolerance factor to predict the stability of perovskite oxides and halides //Science advances. – 2019. – Т. 5. – №. 2. – С. eaav0693.
9. Li, C., Lu, X., Ding, W., Feng, L., Gao, Y., & Guo, Z. Formability of  $\text{ABX}_3$  ( $x = \text{F}, \text{Cl}, \text{Br}, \text{I}$ ) halide perovskites //Structural Science. – 2008. – Т. 64. – №. 6. – С. 702-707.
10. Demartin F., Campostrini I., Gramaccioli C. M. Panichiite, natural ammonium hexachlorostannate (IV),  $(\text{NH}_4)_2\text{SnCl}_6$ , from La Fossa crater, Vulcano, Aeolian Islands, Italy //The Canadian Mineralogist. – 2009. – Т. 47. – №. 2. – С. 367-372.

УДК 378.147

## METHODOLOGICAL ASPECTS OF TEACHING MATHEMATICS IN DEVELOPED EDUCATION SYSTEMS

**Eginbai A. K.**, Academician E.A. Buketov Karaganda University, Karaganda, Kazakhstan

### Abstract

Developmental education is a type of education based on the laws of personality development, the developmental impact of which is not an indirect effect, but a direct result. It considers the child as a person living today and creates the most favorable conditions for his development. It is necessary to constantly improve the ability of children to think independently, to educate themselves and to develop themselves.

Today, one of the criteria for a school graduate is a high level of education that provides a sufficient basis for continuous education. And in order for a school graduate to meet these requirements, students must lay the foundation for a holistic approach to studying the processes taking place in the world around them during the general education school course.

**Keywords:** mathematics teaching methodology, new technologies, game technologies, Internet resources.

The main goal of the modern education system is not only the acquisition of ready-made knowledge by the student, but also the development of his/her ability to think, search, research and work creatively. From this point of view, developmental teaching systems are one of the most effective directions in teaching mathematics. Developmental teaching technology turns the student into an active subject of the learning process, creating conditions for the disclosure of his/her intellectual and creative potential.