

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ**

**«Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ» КЕАҚ**

**Студенттер мен жас ғалымдардың  
«GYLYM JÁNE BILIM - 2023»  
XVIII Халықаралық ғылыми конференциясының  
БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ  
XVIII Международной научной конференции  
студентов и молодых ученых  
«GYLYM JÁNE BILIM - 2023»**

**PROCEEDINGS  
of the XVIII International Scientific Conference  
for students and young scholars  
«GYLYM JÁNE BILIM - 2023»**

**2023  
Астана**

**УДК 001+37**  
**ББК 72+74**  
**G99**

**«GYLYM JÁNE BILIM – 2023» студенттер мен жас ғалымдардың  
XVIII Халықаралық ғылыми конференциясы = XVIII  
Международная научная конференция студентов и молодых  
ученых «GYLYM JÁNE BILIM – 2023» = The XVIII International  
Scientific Conference for students and young scholars «GYLYM JÁNE  
BILIM – 2023». – Астана: – 6865 б. - қазақша, орысша, ағылшынша.**

**ISBN 978-601-337-871-8**

Жинаққа студенттердің, магистранттардың, докторанттардың және жас ғалымдардың жаратылыстану-техникалық және гуманитарлық ғылымдардың өзекті мәселелері бойынша баяндамалары енгізілген.

The proceedings are the papers of students, undergraduates, doctoral students and young researchers on topical issues of natural and technical sciences and humanities.

В сборник вошли доклады студентов, магистрантов, докторантов и молодых ученых по актуальным вопросам естественно-технических и гуманитарных наук.

**УДК 001+37**  
**ББК 72+74**

**ISBN 978-601-337-871-8**

**©Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия  
ұлттық университеті, 2023**

Сонымен, *Hedysarum songoricum* өсімдігінің жер үсті бөлігінің біріншілік метаболиттерінің (көмірсулар, амин қышқылдары, дәрумендер мен май қышқылдары) химиялық құрамы анықталды. Нәтижесінде амин қышқылдары ең көп мөлшерді көрсетті. Ең аз мөлшерде көмірсулар, оның ішінде моносахаридтер болды. Жоңғар тиынтағы өсімдігінің химиялық құрамын анықтау жұмыстары жалғасуда.

#### Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1. Растительные ресурсы СССР: цветковые растения, их химический состав, использование; Семейства *Hydrangeaceae* – *Haloragaceae*. – Ленинград: Наука, 1987, 328 с.

2. Uyar Z, Koz Ö, Uyar E, Arslan Ü, Koyuncu I, Nalbantsoy A. Total Phenolic, Flavonoid, Fatty Acid Contents and Cytotoxic, Antioxidant, and Antimicrobial Activities of *Hedysarum aucheri* // *Journal of Pharmaceutical Research International*, 19(3): 1-13, 2017. DOI:10.9734/JPRI/2017/37104

3. Павлов Н.В. Флора Казахстана. Т.5. – АН КазССР, Алма-Ата, 1961, 512 с.

4. Государственная Фармакопея Республики Казахстан. Т.2 – Алматы: Издательский дом "Жибек Жолы», 2009, 802 с.

УДК 541.136/.136.88

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПОРИСТОГО УГЛЕРОДА ИЗ БИОМАССЫ ДЛЯ ЛИТИЙ-СЕРНЫХ БАТАРЕЙ

**Жайсанова Ажар Айдарбековна**

[azhar.zhaisanova29@gmail.com](mailto:azhar.zhaisanova29@gmail.com)

Магистрант Кафедры Химии Евразийского Национального университета имени Л. Н.

Гумилева, Астана, Казахстан

Научный руководитель – Ж.Е. Джакупова

Рисовая шелуха является одним из самых распространенных, недорогих и экологически чистых сельскохозяйственных отходов. Исследование этих биоотходов, оставшихся от пищевой промышленности, очень важно, особенно для открытия новых материалов в технологиях хранения энергии, таких как литий-серные (Li-S) батареи. Литий-серные батареи являются системами хранения энергии нового поколения ввиду высокой теоретической емкости (1675 мАч/г), удельной энергоемкости (2600 Втч/кг) и безопасности эксплуатации. В данной работе мы синтезировали высокоразвитый макропористый углеродный материалы путем высокотемпературной карбонизации биоотходов и последующей термической активации гидроксидом калия. Полученные поры были иммобилизованы серой, 60%, и испытаны в качестве катодных материалов для литий-серных батарей. Разработанный катодный материал на основе графеноподобного пористого углерода из рисовой шелухи показал высокое значение начальной разрядной емкости (1441 мАч/г) с ее средним снижением на 0,5% за 1 один цикл при 100 циклах заряд-разряда (0,1С). Полученные результаты показали, что рисовая шелуха может быть перспективными материалами для иммобилизации серы ввиду их высокой пористости, легковесности и электропроводимости.

В поисках устройств хранения энергии с более высокой удельной емкостью и низкой стоимостью внимание научного сообщества сосредоточилось на литий-серных (Li-S) батареях, которые имеют теоретическую емкость 1675 мАч/г и удельную энергоемкость 2600 Втч/кг[1]. Однако для их коммерческого применения необходимо решить следующие проблемы: улучшить электрическую проводимость катода, поскольку сера и ее продукты являются слабыми проводниками, уменьшить объемное расширение во время циклической

зарядке/разрядке [2,3], возникающее из-за разницы в плотности  $\text{Li}_2\text{S}$  и серы (1,66 и 2,03 г/см<sup>3</sup>), и подавить эффект миграции полисульфидов лития к аноду (polysulfide shuttle effect), что негативно влияет на циклическую емкость и стабильность работы батарей [4,5].

Для решения этих задач в качестве носителя серы были исследованы различные наноструктурированные углероды, среди которых углеродные сферы [6], мезопористый углерод [7], графен [8], углеродные нанотрубки [9] и углеродные нановолокна [10]. Однако низкая полярность чистых углеродов приводит к недостаточному подавлению полисульфидного «шаттл» эффекта. В связи с этим целью данного исследования является замена исследуемых дорогостоящих углеродных наноматериалов (графен, углеродные нанотрубки, нановолокна) на распространенные и дешевые графеноподобные пористые углероды, которые могут быть получены путем переработки биомассы и использования «зеленых» технологий. Учитывая вышеизложенное, в рамках данного исследования был синтезирован графеноподобный углерод из рисовой шелухи (РШ-ГПУ), который служили проводящей матрицей для иммобилизации серы и формирования серных катодов. Ячейка с катодным материалом на основе РШ-ГПУ@S показала высокое значение начальной разрядной емкости 1441 мАч/г со средним ее снижением на 0,5% за 1 цикл при непрерывном циклировании.

#### Химические вещества

Порошок серы (S,  $\geq 99,0\%$ , Sigma-Aldrich), сероуглерод (безводный  $\text{CS}_2$ ,  $\geq 99,0\%$ , Sigma-Aldrich), гидроксид калия (KOH,  $\geq 85,0\%$ ), Аргон (99,9%).

#### Синтез графеноподобного пористого углерода

Для получения графеноподобного пористого углерода в качестве прекурсора использовали отходы рисовой шелухи. Биомассу предварительно несколько раз промывали деионизированной водой и сушили в сушильном шкафу при 100-105°C. Высушенную биомассу подвергали измельчению в шаровой мельнице с образованием частиц размером 2-5 мм. Далее измельченную биомассу карбонизировали в атмосфере аргона при температуре 500°C в течение двух часов со средней скоростью нагрева 5°C/мин. Полученный углеродсодержащий продукт далее подвергали термохимической активации. В качестве химического активатора использовали KOH. Для этого углеродистый материал смешивали с KOH в соотношении 1:4 и нагревали до 150°C в течение 4-5 часов в воздушной среде для полного расплавления KOH и пропитки угля. После этого уголь, пропитанный KOH, отжигали при 750-800 °C в атмосфере аргона в течение 90 минут и конечный продукт промывали деионизированной водой до достижения pH 6-7. Наконец, полученные графеноподобные пористые угли сушили в вакуумной печи в течение 12 часов.

#### Формирование катодов литий-серных батарей на основе РШ-ГПУ и сбор ячеек

Серу иммобилизовали на полученную РШ-ГПУ простым диффузионно-расплавным методом. Для этого полученный РШ-ГПУ и элементарная сера, растворенная в сероуглероде ( $\text{CS}_2$ ), смешивались в соотношении 40:60. Полученную смесь перемешивали и обрабатывали ультразвуком до полной ее гомогенизации и испарения  $\text{CS}_2$ . Затем полученный черный порошок нагревали при температуре 150 °C в течение 12 ч в атмосфере аргона в трубной печи, после чего температуру повышали до 200 °C и нагревали в течение 2 ч для полного плавления серы и удаления ее несвязанной с углеродом частью. Катоды на основе серы с РШ-ГПУ, действующим в качестве углеродной матрицы, были приготовлены с помощью нанесения тонкого слоя катодного материала на основу (slurry casting). 80% активного материала смешивали с 10% ацетиленовой сажи и 10% поливинилиденфторида (PVDF), растворенного в N-метил-2-пирролидоне (NMP). PVDF выступал в качестве связующего, а ацетиленовая сажа использовалась для создания дополнительных проводящих участков в структуре катода. Далее смесь активного материала с ацетиленовой сажой смешивали с растворенным PVDF и полученную суспензию наносили тонким слоем на алюминиевую фольгу, покрытую углеродом, с последующей сушкой при температуре 60 °C без вакуума в течение 10 мин, после чего создавали разность давления в вакуумной печи и суспензию сушили еще 4-6 ч. Литий-серная ячейка собиралась с использованием элементов типа 2032 в

перчаточном ящике, заполненном аргоном. Катоды разрезали на диски диаметром 15 мм и помещали в катодную часть ячейки с последующим добавлением 20 мкл электролита, представленным литий бис-(трифторметан сульфонил)имидом (LiTFSI) с 2% LiNO<sub>3</sub>. Затем диск диаметром 19 мм на основе сепаратора Celgard 2400 помещали на катод и наносили на него дополнительно 20 мкл электролита. Диск из металлического Li использовался в качестве анода. Ячейка плотно закрывалась и сжималась в сборочном прессе.

#### Исследование образцов

Сканирующий электронный микроскоп марки Quanta 3D 200i (FEI, USA, ускоряющее напряжение 15 кВ) применяли для исследования морфологии поверхности полученных образцов. Исследования Раман-спектроскопии проводились на Раман-спектрометре NTEGRA SPECTRA™ (NTMDT Spectrum), оснащенный твердотельным лазером с длиной волны возбуждения 473 нм. Содержание серы в матрице композита РШ-ГПУ@S определяли термогравиметрическим анализом на приборе Simultaneous Thermal Analyzer (STA) 6000 в среде азота. Исследование электрохимических характеристик ячеек проводили с помощью потенциостата-гальваностата BioLogic VMP3 и тестера для батарей марки Neware BT8.0.0.464.

#### Исследование РШ-ГПУ@S и катодных материалов на основе РШ-ГПУ@S

Методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) была изучена морфология синтезированного РШ-ГПУ. Из полученных снимков видно, что поверхность РШ-ГПУ представлена высокоразвитой макропористой структурой с диаметром пор от 10 до 30 мкм (рис. 1). Поры образуются в результате испарения КОН при термохимической активации рисовой шелухи, оставляя пустые места, занятые КОН.

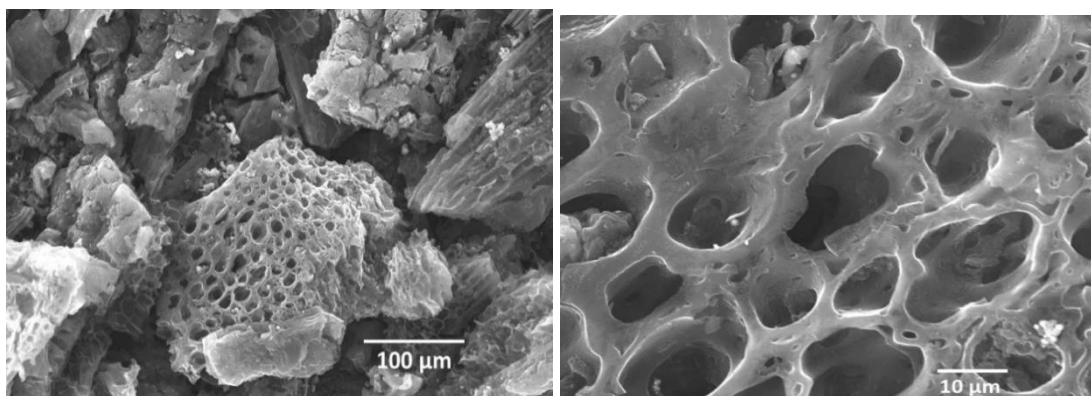


Рисунок 1 СЭМ снимки РШ-ГПУ

Для идентификации наличия графена в структуре РШ-ГПУ, а также описания его структурных характеристик было проведено исследование образцов Раман-спектроскопией. Раман-спектр РШ-ГПУ, представленный на рис. 2 содержит характерные пики для графена в области 1580 и 1350 см<sup>-1</sup>, относящиеся к G и D линиям, соответственно, которые говорят о наличии sp<sup>2</sup>-графитизированного углерода в системе (пик G) и его дефектной структуре (пик D).

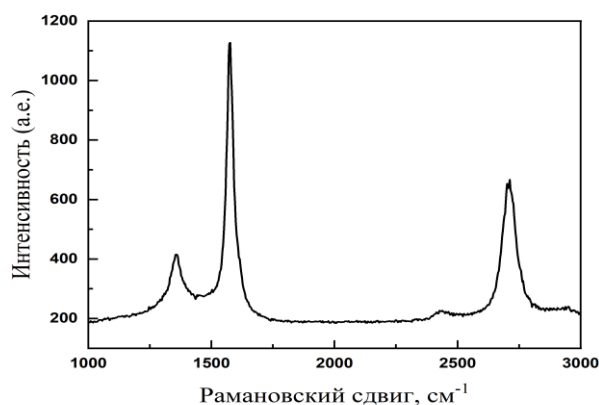


Рисунок 2 Раман-спектр РШ-ГПУ

Для определения содержания серы в образце его анализировали методом ТГА (рис. 3). Выявлено, что 58 % серы было иммобилизовано в РШ-ГПУ, что является очень близким значением к исходном количеству серы, 60%, использованном для приготовления РШ-ГПУ@S

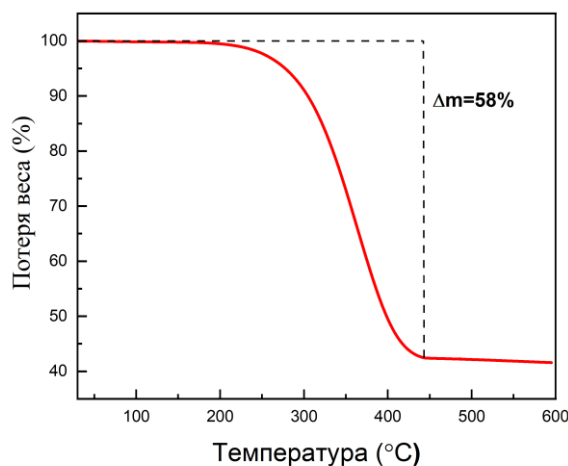


Рисунок 3 ТГА результаты РШ-ГПУ@S

#### Исследование электрохимических характеристик РШ-ГПУ@S

Как описывалось в экспериментальной части, нанесенные на алюминиевую фольгу катодные материалы на основе РШ-ГПУ@S разрезались на диски диаметром 15 мм и помещались в ячейку из нержавеющей стали типа 2032. На его поверхность катодов наносился электролит (LiTFSI с 2% LiNO<sub>3</sub>), после чего сверху ложили коммерческий сепаратор (Celgard 2400), на поверхность которого также наносился электролит. В качестве анода использовали диски из металлического лития.

Электрохимические характеристики собранной ячейки с РШ-ГПУ@S катодом (загрузка серы на площадь катодного диска в среднем составляла 1,2 мг/см<sup>2</sup>) были исследованы методом циклической вольтамперометрии (CV). На рис. 5а представлены типичные вольтамперные кривые для РШ-ГПУ@S катодов. Сформированные катоды сканировались со скоростью 0,1 мВ/с от 1 до 3 В относительно потенциала Li/Li<sup>+</sup>. Для композита РШ-ГПУ@S при катодном сканировании наблюдались два катодных пика при 2,0 и 2,3 В. Пик при 2,3 В соответствует восстановлению серы до полисульфидов лития высокого порядка на основе механизма реакции элементарной серы. Пик при 2,0 В относится к восстановлению полисульфидов лития высокого порядка до Li<sub>2</sub>S<sub>2</sub>/Li<sub>2</sub>S низкого порядка. Анодный пик для

композиата РШ-ГПУ@S наблюдался при 2,5 В, что соответствует реакциям окисления и конверсии полисульфидов. Вольтамперные кривые катода РШ-ГПУ@S перекрывают друг друга, что указывает на хорошую обратимость процесса.

На рис. 5б представлены значения циклического заряда-разряда сформированной ячейки на основе РШ-ГПУ@S при 0,1 С. Начальная разрядная емкость ячейки составляет 1441 мАч/г. По мере циклирования наблюдается снижение разрядной емкости, так в течение первых 10 циклов емкость батареи снизилась до 900 мАч/г. Далее наблюдается стабилизация емкости батареи и значение Кулоновской эффективности в среднем составляет 99%. Значение разрядной емкости на 100-ом цикле составила 730 мАч/г. Рассчитанное среднее снижение разрядной емкости батареи составило 0,5% за 1 цикл заряда-разряда. Снижение емкости батареи при циклировании объясняется наличием эффекта полисульфидного челнока, т.е. растворением серы и ее продуктов в электролите, что говорит о неполной инкапсуляции серы в углеродную матрицу.

Из гальваностатических кривых заряда и разряда ячейки, представленных на рис. 5в, видно, что первое плато разряда наблюдается при 2,4 В, формирование второго плато наблюдается при 2,1 В, что говорит о механизме прохождения электрохимической реакции восстановления серы до полисульфидов лития высшего и низшего порядков, соответственно. Плато заряда наблюдается в интервале 2,2 и 2,3 В, что свидетельствует об обратимой реакции восстановления полисульфидов лития до серы в ходе электрохимической реакции.

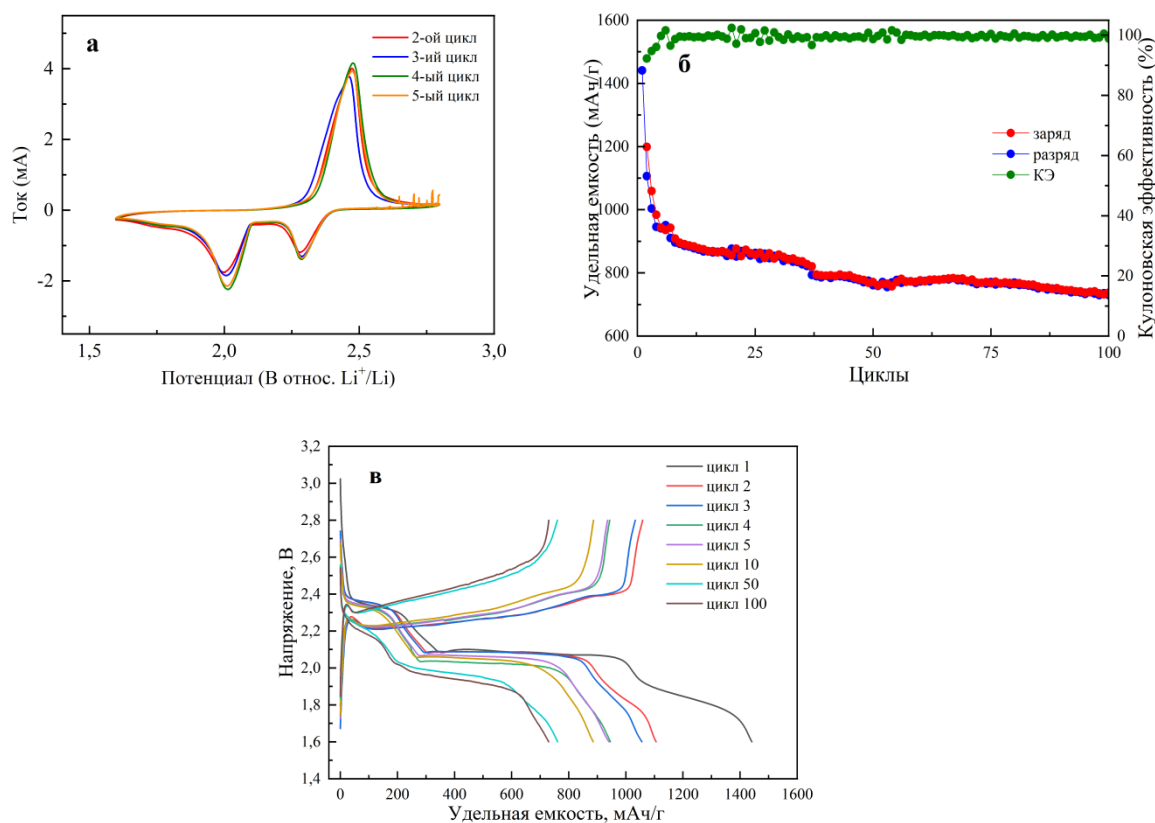


Рисунок 4 Вольтамперные характеристики (а), циклические заряд-разрядные характеристики катодов РШ-ГПУ@S (б) и гальваностатические заряд-разрядные кривые (в)

В рамках проведенного исследования был синтезирован РШ-ГПУ из биологических отходов, рисовой шелухи. Полученный материал имеет высокоразвитую макропористую структуру. Сера была иммобилизована на поверхность РШ-ГПУ диффузионно-расплавным методом с соотношением углерода к сере равным 40:60. Собранные ячейки на

основе катодных материалов показали значение начальной разрядной емкости 1441 мАч/г при 0,1С при среднем количестве загрузки серы 1,2 мг/см<sup>2</sup>.

В ходе циклирования батарейки было установлено, что на 100 цикле значение разрядной емкости батареи составило 730 мАч/г, при этом среднее значение потери емкости батареи составило 0,5% на 1 цикл. Наблюдаемое снижение разрядной емкости батареи можно объяснить эффектом полисульфидного челнока, т.е. растворением серы и ее продуктов в электролите, что ведет к потере активного материала. Данный эффект обусловлен неполным инкапсулированием серы в сформированную углеродную матрицу. Тем не менее, полученные результаты подтверждают перспективность применения биологических отходов рисовой шелухи в качестве углеродной матрицы для осаждения серы.

#### Список использованных источников

1. Ma L, Hendrickson K, Wei Sh, Archer L (2015) Nano Today 10(3):315-338. DOI:10.1016/j.nantod.2015.04.011
2. Fang R, Zhao Sh, Sun Zh, Wang D-W, Cheng H-M, Li F (2017) Adv. Mater. 29(48):1606823. DOI:10.1002/adma.201606823
3. Wang D-W, Zeng Q, Zhou G, Yin L, Li F, Cheng H-M, Gentle I, Lu G-Q (2013) J. Mater. Chem. A. 1(33):9382. DOI:10.1039/C3TA11045A
4. Hofmann AF, Fronczek DN, Bessler WG (2014) Journal of Power Sources 259:300-310. DOI:10.1016/j.jpowsour.2014.02.082
5. Guo J, Xu Y, Wang C (2011) Nano Lett. 11(10):4288-4294. DOI:10.1021/nl202297p
6. C.P. Grey, J.M. Tarascon, Sustainability and in situ monitoring in battery development, Nat. Mater. 16 (2017) 45–56. <https://doi.org/10.1038/nmat4777>.
7. B. Dunn, H. Kamath, J.-M. Tarascon, Electrical Energy Storage for the Grid: A Battery of Choices, Science. 334 (2011) 928–935. <https://doi.org/10.1126/science.1212741>.
8. T. Tao, S. Lu, Y. Fan, W. Lei, S. Huang, Y. Chen, Anode Improvement in Rechargeable Lithium–Sulfur Batteries, Adv. Mater. 29 (2017) 1700542. <https://doi.org/10.1002/adma.201700542>.
9. S. Urbonaite, T. Poux, P. Novák, Progress Towards Commercially Viable Li-S Battery Cells, Adv. Energy Mater. 5 (2015) 1500118. <https://doi.org/10.1002/aenm.201500118>.
10. M. Jana, R. Xu, X.-B. Cheng, J.S. Yeon, J.M. Park, J.-Q. Huang, Q. Zhang, H.S. Park, Rational design of two-dimensional nanomaterials for lithium–sulfur batteries, Energy Environ. Sci. 13 (2020) 1049–1075. <https://doi.org/10.1039/C9EE02049G>.

УДК 372.854

### ХИМИЯ САБАҒЫНДА ПРОБЛЕМАЛЫҚ ОҚЫТУ ТЕХНОЛОГИЯСЫ АРҚЫЛЫ ШЫҒАРМАШЫЛЫҚ ОЙЛАУДЫ ДАМЫТУ

**Жақсылыкова Әлия Бердібекқызы**

[aliya.zhaksylykova.2000@mail.ru](mailto:aliya.zhaksylykova.2000@mail.ru)

Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ 1 курс магистранты, Астана, Қазақстан

Ғылыми жетекшісі – Ф.О. Суюндикова

Қоғамға шығармашылықпен ойлайтын, өзіне жүктелген мәселелерді шеше алатын адамдар қажет. Сондықтан оқытуды қарапайым білім көлемін берумен шектелуге болмайды. Қазіргі білім беру жүйесінде оқушының диалектикалық, жүйелі ойлауын қалыптастыру бірдей маңызды міндет болып табылады. Бұл мәселені шешу мазмұнды жетілдіру жолымен жүреді, бірақ ең бастысы - әдістеме мен оқытуды ұйымдастыру, соның ішінде оқушылардың