**Звіт про науково-дослідну роботу: „Дослідження фазових рівноваг в багатокомпонентних тугоплавких оксидних системах Al2O3–TiO2–Ln2O3, де Ln = (Nd, Er, Yb) і Al2O3–ZrO2–СоO  та створення фізико-хімічних основ мікроструктурного проектування композиційних матеріалів функціонального і конструкційного призначення з нанокристалічних порошків”**

**Мета роботи** - Дослідження фазових співвідношень та побудова елементів діаграм стану потрійних тугоплавких оксидних систем Al2O3–TiO2–Ln2O3, де Ln = (Nd, Er, Yb) і Al2O3–ZrO2–СоO; вивчення особливостей мікроструктурного проектування композитів з нанокристалічних порошків системи ZrO2–Y2O3–CeO2–Al2O3–СоО для створення нових матеріалів функціонального, конструкційного та медичного призначення на основі ZrO2 та Al2O3; вивчення впливу оксидів гафнію, ітрію, цирконію та бору на фізико-хімічні властивості розплавів гірських порід, стекол та волокон для підвищення експлуатаційних характеристик в умовах впливу агресивних зовнішніх факторів (лужного та кислого середовища, нейтронного випромінювання).

Терміни виконання наукової роботи: початок І кв. 2018р.

 закінчення IV кв. 2020 р.

 **Керівник роботи**: Дудник Олена Вікторівна, (email:dep25@ipms.kiev.ua )

**Скорочений зміст висновків рецензентів.**

 Вперше побудовані ізотермічні перерізи діаграм стану систем Al2O3–TiO2–Ln2O3 (Ln=Nd, Er, та Yb) при 1400 °С; діаграму стану системи ZrO2–CoO, а також діаграму стану системи Al2O3–ZrO2–CoO у вигляді її елементів: ізотермічного перерізу при 1500 °С, проекцій поверхонь ліквідусу і солідусу, діаграми плавкості, схеми реакцій при рівноважній кристалізації сплавів, двох політермічних перерізів; гідротермальним синтезом у лужному середовищі одержано нанокристалічні порошки на основі Al2O3 з високим вмістом ZrO2 для створення композитів, у яких в жорсткій матриці на основі Al2O3 дисперговано частинки твердого розчину на основі ZrO2, сумісно легованого оксидами церію та ітрію та досліджено фізико-хімічних закономірностей зміни властивостей вказаних порошків після синтезу та термічної обробки в інтервалі 400 – 1450 оС; досліджено стійкість до низькотемпературної деградації властивостей композитів з одержаних порошків; вивчено вплив добавок ZrO2; Y2O3 , HfO2, В2О3 на фізико-хімічні властивості розплаву андезито-базальту, процеси волокноутворення, структуру та фізико-хімічні властивості одержаних волокон; досліджено захисні властивості від нейтронного випромінювання композитного бетону з різною кількістю базальт-борної фібри.  Відмічене, що отримані результати є актуальними і достовірними, оскільки виконані на атестованому обладнанні, та відповідають сучасному рівню досліджень в галузі фізико-хімічного матеріалознавства.  Робота виконана на високому професійному рівні,  є завершеною, заслуговує високої оцінки і має перспективи подальшого розвитку.

**Пропозиції про подальше використання результатів роботи.**

Побудовані нові діаграми стану є довідниковим матеріалом, необхідним для фахівців різних галузей  при створенні сучасних технологій одержання матеріалів конструкційного та функціонального призначення для машинобудування, енергетичної, хімічної, авіакосмічної, електронної та інших галузей. Результати роботи будуть використані при створенні  композитів, у тому числі кольорових,  з підвищеними фізико-механічними характеристиками та захисних матеріалів від фонового γ-випромінення.

 Дані про реєстрацію роботи: № 0118U001054

 **РЕФЕРАТ**

**Об’єкт дослідження** - тугоплавкі оксидні сполуки та волокна з андезито-базальту, їх взаємодія та властивості, технологія виготовлення матеріалів на їх основі.

     **Мета роботи**: Дослідження фазових співвідношень та побудова елементів діаграм стану потрійних тугоплавких оксидних систем Al2O3–TiO2–Ln2O3, де Ln = (Nd, Er, Yb) і Al2O3–ZrO2–СоO; вивчення особливостей мікроструктурного проектування композитів з нанокристалічних порошків системи ZrO2–Y2O3–CeO2–Al2O3–СоО для створення нових матеріалів функціонального, конструкційного та медичного призначення на основі ZrO2 та Al2O3; вивчення впливу оксидів гафнію, ітрію, цирконію та бору на фізико-хімічні властивості розплавів гірських порід, стекол та волокон для підвищення експлуатаційних характеристик в умовах впливу агресивних зовнішніх факторів (лужного та кислого середовища, нейтронного випромінювання).

Вперше на основі систематичних досліджень фазових рівноваг побудовано ізотермічні перерізи діаграм стану систем Al2O3–TiO2–Ln2O3 (Ln=Nd, Er, та Yb) при 1400 °С, діаграми стану подвійної ZrO2–CoO та потрійної системи Al2O3–ZrO2–CoO. Потрійних сполук і помітних областей твердих розчинів в системах не знайдено. В системі Al2O3–ZrO2–CoO виявлено дві трифазні і одну квазіподвійну евтектику. Побудовані діаграми стану є новим довідниковим матеріалом, необхідним для створення сучасних технологій одержання матеріалів конструкційного та функціонального призначення.

Вперше встановлено особливості зміни фазового складу, питомої поверхні та морфології структурних складових  ультрадисперсних порошків на основі ZrO2 з високим вмістом CoAl2O4, та нанокристалічних порошків на  основі Al2O3 з високим вмістом твердого розчину ZrO2(Y2O3,СеО2) в процесі термічної обробки до 1450 °С. Виявлено, що  утворення CoAl2O4 супроводжується зворотним фазовим перетвореннями Т-ZrO2 → М-ZrO2 → Т-ZrO2.Визначено, що при збільшенні вмісту ZrO2 мікротвердість та твердість ZTA-композитів знижуються, а К 1с підвищується, композити стійкі до «старіння» .

Вперше проведено дослідження по вивченню впливу добавок ZrO2; Y2O3, HfO2, В2О3 на фізико-хімічні характеристики розплаву андезито-базальту, процеси волокноутворення, структуру та фізико-хімічні властивості волокон. Вперше запропоновано та науково обґрунтовано ефективність використання волокон з гірських порід, модифікованих В2О3, в якості наповнювача бетонів для збільшення їх поглинаючої здатності щодо фонового γ-випромінення.

 **Ключові слова**: БАЗАЛЬТОВІ ВОЛОКНА, ГІДРОТЕРМАЛЬНИЙ СИНТЕЗ, КОЛЬОРОВА КЕРАМІКА, НАНОРОЗМІРНІ ПОРОШКИ, ОКСИДИ АЛЮМІНІЮ, ЦИРКОНІЮ, ТІТАНУ, КОБАЛЬТУ, БОРУ, ZTA, МОДИФІКУВАННЯ, ХІМІЧНА СТІЙКІСТЬ, ФАЗОВІ РІВНОВАГИ.

 **Публікації**

1. Тищенко Я.С. Ізотермічний переріз діаграми стану системи Al2O3–TiO2−Nd2O3 при 1400 °C / Я.С. Тищенко, С.М. Лакиза, В.П. Редько, О.В.Дуднік // Журнал “Вісник ОНУ. Хімія”. 2018. № 1(65). С. 27−35.

2. Тищенко Я.С. Ізотермічний переріз діаграми стану системи Al2O3–TiO2−Yb2O3 при 1400 °C / Я.С. Тищенко, С.М. Лакиза, В.П. Редько, О.В.Дуднік, // Журнал “Вісник ОНУ. Хімія”. 2018. № 3(67). С. 50-57.

3. Тищенко Я.С. Фазові рівноваги в системах Al2O3–TiO2–Y(Er)2O3 при 1400 °C / Я. С. Тищенко, М. С. Глабай, А. О. Макудера, С. М. Лакиза, О. В. Дуднік // Журнал “Вісник ОНУ. Хімія”. 2017. № 4(64). С. 94−100.

4. Тищенко Я.С. Ізотермічний переріз діаграми стану системи Al2O3−ТiO2− Er2O3 при 1400 0 С/ Я.С. Тищенко, С.М. Лакиза, В.П. Редько, О.В.Дуднік // Порошковая металлургия. – 2017. − №7/8. – С. 121−129.

5. Глабай М.С. Визначення умов синтезу порошку СоА12О4 для створення кольорових композитів системи ZrO2–Y2O3–CeO2–Al2O3–СоО / М.С. Глабай, В.П. Редько, Е.В. Дудник // Тр. ИПМ им. И. Н. Францевича НАН Украины “Соврем. пробл. физич. материаловеденья”. – Киев, ИПМ НАН Украины. – 2017. – № 26. – С. 37−42.

6. Смирнова-Замкова М. Ю. Методи одержання вихідних нанокристалічних порошків системи Al2O3–ZrO2(Y2O3,CeO2) / М.Ю. Смирнова-Замкова, О.В. Дуднік // Тр. ИПМ им. И. Н. Францевича НАН Украины “Соврем. пробл. физич. материаловедения”. – Киев, ИПМ НАН Украины. – 2017. – № 26. – С. 50−65.

7. Марек І. О. Особливості мартенситного перетворення в композитах на основі ZrO2/ І.О. Марек, О.В. Дуднік // Тр. ИПМ им. И. Н. Францевича НАН Украины “Соврем. пробл. физич. материаловеденья”. – Киев, ИПМ НАН Украины. – 2017. – № 26. 43−49.

8.Марек І.О. Вплив термічної обробки на фізико-хімічні властивості нанокристалічного порошку складу (мол.%) 88 ZrO2 – 12 CeO2 / І.О. Марек, О.К. Рубан,  В.П. Редько, М.І. Даниленко, О.В. Дуднік// Журнал “Вісник ОНУ. Хімія”. 2018. № 2(66). С. 66−74.

9.Смирнова-Замкова М. Ю. Фізико-хімічні закономірності зміни властивостей нанокристалічного ZTA – порошку складу (мас.%) 70% Al2O3–30% ZrO2(Y2O3, CeO2) / М. Ю. Смирнова-Замкова, В.П. Редько, О. К. Рубан, О. В. Дуднік // “Український хімічний журнал” ІЗНХ НАН України. 2018.  T. 84, № 4. С. 123−128.

10.Смирнова-Замкова М. Ю. Фізико-хімічні властивості порошків системи Al2O3−ZrO2−Y2O3−CeO2, одержаних комбінованим методом / Смирнова-Замкова М.Ю., Редько В.П., Рубан О.К., Дуднік О.В. // Журнал “Вісник ОНУ. Хімія”. 2018. T. 23, № 4(68).  С. 64−77.

11.Smyrnova-Zamkova M. Y. Physico-chemical properties of fine-grained powder in Al2O3−ZrO2−Y2O3−CeO2 system produced by combined method / Smyrnova-Zamkova M.Y., Ruban O.K., Bykov O.I., Dudnik O.V. // Pol. Soc. Compos. Mater. «Composites Theory and Practice» – 2018. – V.18. № 4. – P. 234−240.

12. Дудник Е.В. Фазові перетворення при термічній обробці дисперсного порошку системи ZrO2–Y2O3–CeO2–Al2O3–СоО / О.В. Дуднік, М.С. Глабай, Я.С. Тищенко, В. П. Редько, О.К. Рубан // Журнал “Aдгезия расплавов и пайка материалов” – 2018. – Том 51. – С. 62−70.

13. Марек І.О. Вплив температури термічної обробки вихідних порошків на “старіння” композиту системи ZrO2–Y2O3–CeO2 / І.О. Марек, О.К. Рубан, В.П. Редько, М.І. Даниленко, С.А. Корній, О.В. Дуднік // Журнал “Aдгезия расплавов и пайка материалов” – 2018. – Том 51. – С.71−80.

14. Tyshchenko I. Co–O–Zr Ternary Phase Diagram Evaluation / I. Tyshchenko, K. Korniyenko, M. Glabay // G. Effenberg (ed.), MSI Eureka, MSI, Materials Science International, Stuttgart. − 2017. − Document ID: 10.20987.1.5. − Режим доступу: <http://www.msi-eureka.com/preview-html/10.20987.1.5/Co-O-Zr> Ternary-Phase-Diagram-Evaluation. − Заголовок з екрану. (Crys. Structure, Phase Diagram, Phase Relations, Assessment, 41)

15. Марек І. О. Фізико-хімічні властивості нанокристалічних порошків системи ZrO2–Y2O3–CeO2, одержаних гідротермальним методом/ І. О. Марек, К. Рубан,  В. П. Редько, М. І. Даниленко, С. А. Корній, О. В. Дуднік // Порошкова металургія. ‒ 2019. ‒ № ¾. ‒ С. 3‒13.

16.Смирнова-Замкова М. Ю. Синтез і властивості нанокристалічного порошку евтектичного складу системи Al2O3‒ZrO2(Y2O3,СеО2) / М.Ю.Смирнова-Замкова, О.І.Биков, О. К. Рубан, О. В. Дуднік // Адгезия расплавов и пайка материалов. – 2019. –
 № 4. – C.35‒44.

17.Чувашов Ю. М. Отримання базальтових модифікованих В2О3 волокон для радіаційного захисту / Ю. М. Чувашов, І. І. Дідук, О. М. Ященко, В. І. Гулік, Н. І. Кошеленко // Наукові нотатки.− Луцьк: ЛНТУ.−2019.−№67.−С.156−167.

18.Иваницкий С. Г. Анализ влияния движения и охлаждения расплава в модели фильеры на краевые условия в задаче формирования непрерывных базальтових волокон / С.Г. Иваницкий, Ю. Н. Чувашов // Математичні моделі і обчислювальний експеримент в матеріалознавстві, Київ: ІПМ ім.І.М.Францевича НАН України.− 2019.− №21.− C.93−99.

19. Romanenko I. New composite material based on heavy concrete reinforced by basalt-boron fiber for radioactive waste management. / I. Romanenko, M. Holiuk, P. Kutsyn, I. Kutsyna, G. Odinokin, A. Nosovskyi, V. Pastsuk, M. Kiisk, A. Biland, Y. Chuvashov, V. Gulik. // The European Journal of Physics N (EPJ-N).‒ 2019.‒ Vol. 5.− Р.1−8.

20.Дуднік О. В. Вплив термічної  обробки на структуру та фазовий склад нанодисперсного  порошку на основі твердого розчину ZrO2 / О. В. Дуднік, І. О. Марек, О. К. Рубан, В. П. Редько, М. І. Даниленко, С.А. Корній, Л. М. Мелах //Порошкова металургія. ‒ 2020. ‒
 № 1/2.‒С.3−13.

21.Дуднік О. В. Вплив термічної обробки на фізико-хімічні властивості ультрадисперсного порошку системи rO2−Y2O3−CeO2−Al2O3−СоО / О. В. Дуднік, М. С. Глабай, А. В. Котко, С. А. Корній, І. О. Марек, В. П. Редько, О.К.  Рубан // Порошкова металургія. ‒2020. ‒№ 7/8.‒ С. 3‒14.

22.Chuvashov Y. The investigation of fiber surface condition from basalt-like rocks for enhanced industrial applications  / Y. Chuvashov, I.Diduk, О. Yashchenko, V. Gulik // Journal of Natural Fibers. 2020. – Vol. 15.− Р. 1–10.

Патенти

1.Патент № 131803 Україна МПК С03С13/00, С03С13/06 Сировина для одержання неперервних алюмосилікатних волокон / Чувашов Ю.М., Ященко О.М., Дідук І.І., Кошеленко Н.І., Краснікова К.С. Заявл. 12.09.2018; Опубл. 25.01.2019.- Бюл. № 2.

2.Патент № 133036 Україна МПК С03В37/00, С03С13/00, С04В14/00 Радіаційно-захисний волокнистий наповнювач / Чувашов Ю.М., Ященко О.М., Дідук І.І., Гулик В.І.(1), Тимчишин С.В.(2), Мєдвєдєв Т.О.(2) Заявл. 20.09.2018; Опубл. 25.03.2019.- Бюл. № 6.

3.Патент на винахід № 121923 Україна С03В 37/00; C03C 13/02; C03C 13/06 Чувашов Ю.М., Ященко О.М., Дідук І.І., Гулик В.І.(1), Тимчишин С.В.(2), Медвєдєв Т.О.(2) Радіаційно-захисний волокнистий наповнювач. – Заявл. 20.09.2018; Опубл. 10.08.2020 р. Бюл. № 15.

4.Патент № 142701 Україна С03В 37/02 Цзян Хоувень(1),  Чувашов Ю.М., Пан Лічун(1), Чжан Вей(1), Ященко О.М., Дідук І.І., Медвєдєв Т.О.(2) та ін. Склад для отримання неорганічного волокна з розплавів гірських порід. – Заявл. 05.12.2019. Опубл. 25.06.2020 р. Бюл. № 12.

5.Патент № 142659  Україна С03В 37/09; С03В 37/022. Цзян Хоувень(1),  Чувашов Ю.М., Пан Лічун(1), Чжан Вей(1), Ященко О.М., Дідук І.І., Медвєдєв Т.О.(2) та ін. Спосіб отримання комплексної армувальної нитки. – Заявл. u 201910914 05.11.2019.- 25.06.2020 р. Бюл. № 12.2.

Опубліковані тези:

1. Смирнова-Замкова М.Ю. Вплив температури обробки вихідних порошків на спікаємість ZTA-композитів // Тези І–ої міжнародної (ХІ-ої Української) наукової конференції студентів, аспірантів і молодих учених, 27-29 березня 2018 р., Вінниця.−С. 216.

2. Смирнова-Замкова М.Ю. Властивості нанокристалічного ZTA-порошку складу (мас.%) 70% Al2O3 – 30% ZrO2(Y2O3,CeO2), одержаного комплексним методом / Смирнова-Замкова М.Ю. Редько В.П., Рубан О.К., Дуднік О.В. // Тези ХІІІ-ої конференції молодих вчених та аспірантів з актуальних питань хімії НКТ «Інститут монокристалів» , 2−4 травня 2018, Харків.− С.57.

3. Смирнова-Замкова М.Ю. Свойства ZTA-порошков, полученных гидротермальным методом в щелочной среде / Смирнова-Замкова М.Ю. Редько В.П., Рубан О.К., Дуднік О.В. / 6-а Міжнародна Самсонівська конференція “Материаловедение тугоплавких соединений и композитов”, м. Київ, Україна, 22–24 травня 2018. С. 103.

4. Тищенко Я.С. Поверхность ликвидуса диаграммы состояния системы Al2O3−TiO2−Y2O3 / Я.С. Тищенко, С.М. Лакиза, О.В. Дуднік // 6-а Міжнародна Самсонівська конференція “Материаловедение тугоплавких соединений и композитов”, м. Київ, Україна, 22–24 травня 2018. С. 65.

5. Марек І. О. Вплив вмісту стабілізаторів на фізико-хімічні властивості нанокристалічних порошків системи ZrO2–Y2O3–CeO2 // Тези І–ої міжнародної (ХІ-ої Української) наукової конференції студентів, аспірантів і молодих учених, 27-29 березня 2018 р., Вінниця.−С.201.

6. Марек І.О. Влияние температуры обработки на консолидацию нанокристалических порошков системы ZrO2–Y2O3–CeO2 / І.О. Марек, О.К. Рубан,  В.П. Редько, О.В. Дуднік // 6-а Міжнародна Самсонівська конференція “Материаловедение тугоплавких соединений и композитов”, м. Київ, Україна, 22–24 травня 2018. С. 183.

7. Глабай М.С. Системи ZrO2(HfO2)−NiO як основа створення новітніх матеріалів // Тези І–ої міжнародної (ХІ-ої Української) наукової конференції студентів, аспірантів і молодих учених, 27-29 березня 2018 р., Вінниця.-С. 184.

8. Тищенко Я.С. Дослідження фазових рівноваг в системі Al2O3−TiO2−Y2O3 / Я.С. Тищенко, О.В. Дуднік // XX Українська конференція з неорганічної хімії за участю закордонних учених. ХХUCIC. м. Дніпро, Україна, 17-20 вересня, 2018. −С. 195.

9. Tishchenko J. S. Thermal barrier coatings based on powders of the system Al2O3–TiO2–Nd2O3 / Tyschenko J. S., Lakiza S. N., Red’ko V.P., Dudnik E.V. // 7th International Conference “Nanotechnologies and Nanomaterials” NANO-2019, Ukraine – Lviv, August 27 to 30, 2019.

10. Смирнова-Замкова М.Ю. Свойства ZTA-порошков, полученных гидротермальным методом / II Міжнародна (XII Українська) наукова конференція студентів, аспірантів і молодих вчених “Хімічні проблеми сьогодення” Україна – м. Віниця, 19-21

11. Марек І. О. Створення композитів на основі ZrO2 системи ZrO2–Y2O3–CeO2, що характеризуються підвищеною фазовою стабільністю / І. О. Марек, О. К. Рубан, В. П. Редько, М. І. Даниленко, О. В. Дуднік // Тезы Международной научно-технической конференции «Технология и применение огнеупоров и технической керамики в промышленности». ‒ 14‒15 мая 2019. ‒ С. 25‒26.

12. Марек І. О. Матеріали системи ZrO2–Y2O3–CeO2, стійкі до низькотемпературної деградації властивостей. / І. О. Марек // Тезы Школа-конференция молодых учених «Современное материаловедение: физика, химия, технологи.» (СМФХТ‒2019).‒ 27‒31 мая 2019 г. Ужгород. ‒ С. 194‒195.

13. Марек І. О. Композити системи ZrO2–Y2O3–CeO2, стійкі до низькотемпературної деградації властивостей / І. О. Марек // Тези доповідей XX Міжнародної конференції студентів та аспірантів «Сучасні проблеми хімії» Київ, 15‒17 травня 2019 р. ‒ С. 154.

14. Marek I. O. Bioinert coatings based on nanocrystalline powders of the ZrO2‒Y2O3‒CeO2 system / I. O. Marek, I. M. Grechanyuk, V. P. Red’ko, O. K. Ruban, M. I. Grechanyuk, O. V.  Dudnik // 6th INTERNATIONAL CONFERENCE, HighMathTech 2019. ‒ October 28‒30. ‒ 2019 Kyiv, Ukraine.‒ P. 159.

15. Смирнова-Замкова М. Ю. / Свойства ZTA-порошков, полученных гидротермальным методом / М. Ю. Смирнова-Замкова // Тези ІІ –ої міжнародної (Х ІІ-ої Української) наукової конференції студентів, аспірантів і молодих учених, 19‒21 березня 2019 р.‒ Вінниця.‒ С. 140.

16. Смирнова-Замкова М. Ю. / Мікроструктурне проектування композитів системи Al2O3‒ZrO2‒Y2O3‒CeO2 / М. Ю. Смирнова-Замкова, О. К. Рубан, О. І. Биков, І. С. Марценюк, Т. В. Мосіна, Л. М. Мелах, О. В. Дуднік // Тези школи-конференції молодих вчених « Современное материаловедение: фізика, химия, технологии (СМФХТ-2019)», 27‒31 травня 2019 р., Ужгород, Водограй, Україна. ‒ С. 217‒218.

17. Смирнова-Замкова М. Ю. Закономірності зміни морфології ZTA-порошку при термічній обробці / М. Ю. Смирнова-Замкова, О. І. Хоменко (Відділ № 36 ІПМ НАН України) // Тези ХХ-ої міжнародної конференції студентів та аспірантів «Сучасні проблеми хімії», 15-17 травня 2019, Київ. ‒ С.162.

18. Смирнова-Замкова М. Ю. Синтез та фізико-хімічні властивості гідротермального порошку системи Al2O3‒ZrO2‒Y2O3‒CeO2 / М. Ю. Смирнова-Замкова, О. К. Рубан, О. І. Биков, О. В Дуднік // Международная научно-техническая конференция «Технология и применение огнеупоров и технической керамики в промышленности» 14−15 мая 2019 года, Харьков, Украина. – С.23−24.

 19. Smyrnova-Zamkova M. Yu. Physicochemical properties of nanocrystalline α- Al2O3 powder doped with hydrothermal powder ZrO2 (Y2O3, CeO2) / M. Yu. Smyrnova-Zamkova, O. K. Ruban, O. I. Bykov (Відділ № 7 ІПМ НАН України), O. V.  Dudnik // VI International conference: HighMathTech 2019, 28−30 October, 2019, Kyiv, Ukraine. – P.131.

20. Tyshchenko J. S. Thermalbarrier coatings based on powders of the system Al2O3‒TiO2‒Nd2O3. / J. S.   Tyshchenko, S. N. Lakiza, V. P. Red’ko, E. V. Dudnik // international research and practice conference: NANOTECHNOLOGY AND NANOMATERIALS (NANO-2019).‒ 27−30 August.‒ 2019.‒ Lviv, Ukraine.‒ P.359.

21. Kremnev V. Basics  of energy-efficient modernization of modular basalt fiber production plants / V. Kremnev, B. Basok, An. Timoshchenko, S. Tymchyshyn, Yu.  Chuvashov // The first International Conference on Basalt Fibers and Composites (ICBFC-2019) Nov 16−18 2019.‒ Nanjing & Hengshui, China.

22. Chuvashov Yu. Material based on basalt superthin staple fibers / Yu Chuvashov, H. Jiang, I. Diduk, O. Yashchenko, T. Medviediev, S. Tymchyshyn // The first International Conference on Basalt Fibers and Composites (ICBFC-2019) Nov 16-18 2019.‒ Nanjing & Hengshui, China.

23. Chuvashov Yu. Physico-chemical properties of  basalt-boron melts and fibers and radiation properties of basalt fibers concrete / Yu. Chuvashov, V. Gulik, I.  Diduk, O. Yashchenko // The first International Conference on Basalt Fibers and Composites (ICBFC-2019) Nov. 16-18.‒ 2019.‒ Nanjing & Hengshui, China.

24. Romanenko I. New composite material based on heavy concrete reinforced by basalt-boron fiber for radioactive waste management / І. Romanenko, M. Holiuk, P. Kutsyn, I. Kutsyna, G. Odinokin, A. Nosovskyi, V. Gulik, V. Pastsuk, M. Kiisk, A. Biland, Y. Chuvashov. // FISA 2019 and EURADWASTE 19 conferences in Safety of Reactor System and Radioactive Waste Management, Pitesti, Romania.‒ 4−7 June.‒ 2019.

25. Смирнова-Замкова М.Ю., Рубан О.К., Биков О.І., Дуднік О.В. Фізико-хімічні властивості гідротермального порошку складу (мас.%) 80 Al2O3 – 20 ZrO2 (Y2O3,CeO2) // ІІІ Міжнародна (ХІІІ Українська) наукова конференція студентів, аспірантів, молодих вчених «Хімічні проблеми сьогодення», 25-27 березня 2020 на базі Донецького національного університету ім. В. Стуса у м. Вінниця.‒ С. 123.