

ISSN (Print)2616-6771  
ISSN (Online) 2617-9962

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің

# ХАБАРШЫСЫ

---

## BULLETIN

of L.N. Gumilyov Eurasian  
National University

## ВЕСТНИК

Евразийского национального  
университета имени Л.Н. Гумилева

**ХИМИЯ. ГЕОГРАФИЯ. ЭКОЛОГИЯ** сериясы

**CHEMISTRY. GEOGRAPHY. ECOLOGY** Series

Серия **ХИМИЯ. ГЕОГРАФИЯ. ЭКОЛОГИЯ**

№2(131)/2020

1995 жылдан бастап шығады

Founded in 1995

Издается с 1995 года

Жылына 4 рет шығады

Published 4 times a year

Выходит 4 раза в год

Нұр-Сұлтан, 2020  
Nur-Sultan, 2020  
Нур-Султан, 2020

## Бас редакторы:

г.ғ.д., проф., **Джаналеева К.М.** Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

*Бас редактордың орынбасары* **Тәшенов Ә.К.**, х.ғ.д., проф., Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

*Бас редактордың орынбасары* **Берденов Ж.Г.**, PhD Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

## Редакция алқасы

<b>Айдарханова Г.С.</b>	б.ғ.д., проф., Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
<b>Амерханова Ш.К.</b>	х.ғ.д., проф., Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
<b>Байсалова Г.Ж.</b>	к.х.н., доцент, Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
<b>Бейсенова Р.Р.</b>	б.ғ.д., проф., Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
<b>Бакибаев А.А.</b>	х.ғ.д., проф., Томск Политехникалық Университеті, Томск, Ресей
<b>Барышников Г.Я.</b>	ғ.ғ.д., проф., Алтай Мемлекеттік Университеті, Барнаул, Ресей
<b>Ян А. Вент</b>	Хабилит. докторы, проф. Гдань Университеті, Гдань, Польша
<b>Жакупова Ж.Е.</b>	х.ғ.к., доцент, Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
<b>Досмағамбетова С.С.</b>	х.ғ.д., проф., Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
<b>Еркасов Р.Ш.</b>	х.ғ.д., проф., Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
<b>Жамангара А.К.</b>	б.ғ.к., доцент, Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
<b>Иргебаева И.С.</b>	х.ғ.д., проф., Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
<b>Хуторянский В.В.</b>	PhD, проф., Рендинг Университеті, Беркшир, Ұлыбритания
<b>Копишев Э.Е.</b>	х.ғ.к., доцент м.а., Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
<b>Уәли А.С.</b>	х.ғ.к., доцент, Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
<b>Масенов Қ.Б.</b>	т.ғ.к., доцент, Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
<b>Мустафин Р.И.</b>	PhD, доцент, Қазан Мемлекеттік Медициналық Университеті, Қазан, Ресей
<b>Озгелдинова Ж.</b>	PhD, Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
<b>Рахмадиева С.Б.</b>	х.ғ.д., проф., Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
<b>Сапаров Қ.Т.,</b>	ғ.ғ.д., проф., Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
<b>Саипов А.А.</b>	п.ғ.д., проф., Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
<b>Саспугаева Г.Е.</b>	PhD, Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
<b>Шапекова Н.Л.</b>	м.ғ.д., проф., Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
<b>Шатрук М.</b>	PhD, проф., Флорида Мемлекеттік Университеті, Талахасси, АҚШ
<b>Атасой Е.</b>	PhD, проф., Улудаг Университеті, Бурса, Түркия

*Редакцияның мекенжайы:* 010008, Қазақстан, Нұр-Сұлтан, қ., Сәтбаев к-сі, 2,  
Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, 402 б.  
Тел: +7 (7172) 709-500 (ішкі 31-428). E-mail: vest\_chem@enu.kz

*Жауапты хатшы, компьютерде беттеген* А. Нұрболат

**Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің Хабаршысы. Химия. География. Экология сериясы**

Меншіктенуші: ҚР БҒМ "Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті" ШЖҚ РМК  
Мерзімділігі: жылына 4 рет.

Қазақстан Республикасының Ақпарат және коммуникациялар министрлігінде 27.03.2018ж.

№16997-ж тіркеу куәлігімен тіркелген. Тиражы: 20 дана. Басуға қол 16.06.20. қойылды.

Типографияның мекенжайы: 010008, Қазақстан, Нұр-Сұлтан, қ., Қажымұқан к-сі, 12/1,  
Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті

Тел: +7 (7172)709-500 (ішкі 31-428). Сайт: <http://bulchmed.enu.kz>

© Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті

*Editor-in-Chief*

**Dzhanaleyeva K.M.** Doctor of Geographic Sciences, Prof., L.N.Gumilyov ENU, Kazakhstan

*Deputy Editor-in-Chief*

**Tashenov A.K.**, Doctor of Chemical Sciences, Prof., L.N. Gumilyov ENU, Nur-Sultan, Kazakhstan

*Deputy Editor-in-Chief*

**Berdenov Zh.G.**, PhD, L.N. Gumilyov ENU, Kazakhstan

**Editorial board**

**Aydarkhanova G.S.**

Doctor of Biological Sciences, Assoc. Prof., L.N. Gumilyov ENU, Nur-Sultan, Kazakhstan

**Amerkhanova Sh. K.**

Doctor Chemical Sciences, Prof., L.N. Gumilyov ENU, Nur-Sultan, Kazakhstan

**Baysalova G.Zh.**

Can. of Chemical Sciences, Assoc.Prof., L.N.Gumilyov ENU., Nur-Sultan, Kazakhstan

**Beysenova R.R.**

Doctor of Biological Sciences, Prof., L.N.Gumilyov ENU, Nur-Sultan, Kazakhstan

**Bakibayev A.A.**

Doctor of Chemical Sciences, Prof., Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia

**Baryshnikov G.Ya.**

Doctor of Geographic Sciences, Prof., Altai State University, Barnaul, Russia

**Jan A. Wendt**

Dr.habil., Prof., Gdansk University, Poland

**Dzhakupova Zh.E.**

Can. of Chemical Sciences, Assoc. Prof., L.N.Gumilyov ENU, Nur-Sultan, Kazakhstan

**Dosmagambetova S.S.**

Doctor of Chemical Sciences, Prof., L.N.Gumilyov ENU, Nur-Sultan, Kazakhstan

**Erkassov R.Sh.**

Doctor of Chemical Sciences, Prof., L.N.Gumilyov ENU, Nur-Sultan, Kazakhstan

**Zhamangara A.K.**

Can. of Biological Sciences, Assoc. Prof., L.N.Gumilyov ENU, Nur-Sultan, Kazakhstan

**Irgibayeva I.S.**

Doctor Chemical Sciences, Prof., L.N.Gumilyov ENU, Nur-Sultan, Kazakhstan

**Khutoryanskiy V.V.**

PhD, Prof., Universit, of Reading, Berkshire, Great Britain

**Kopishev E.E.**

Can. of Chemical Sciences, acting ass.prof., L.N.Gumilyov ENU, Nur-Sultan, Kazakhstan

**Uali A.S.**

Can. of Chemical Sciences, Assoc. Prof., L.N.Gumilyov ENU, Nur-Sultan, Kazakhstan

**Massenov K.B.**

Can. of Technical Sciences, Assoc. Prof., L.N.Gumilyov ENU, Nur-Sultan, Kazakhstan

**Mustafin R.I.**

PhD, Assoc.Prof., Kazan State Medical University, Kazan, Russia

**Ozgeldinova Zh.**

PhD, L.N.Gumilyov ENU, Nur-Sultan, Kazakhstan

**Rakhmadiyeva S.B.**

Doctor. of Chemical Sciences, Prof., L.N.Gumilyov ENU, Nur-Sultan, Kazakhstan

**Saparov K.T.,**

Doctor of Geographic Sciences, Prof., L.N.Gumilyov ENU, Nur-Sultan, Kazakhstan

**Saipov A.A.**

Doctor of Pedagogical Sciences, Prof., L.N.Gumilyov ENU, Nur-Sultan, Kazakhstan

**Saspugayeva G. E.**

PhD, Assoc. Prof., L.N.Gumilyov ENU, Nur-Sultan, Kazakhstan

**Shapekova N.L.**

Doctor of Medical Sciences, Prof., L.N.Gumilyov ENU, Nur-Sultan, Kazakhstan

**Shatruk M.**

PhD, Prof., Florida State University, Tallahassee, USA

**Atasoy E.**

PhD, Prof., Uludag University, Bursa, Turkey

*Editorial address:* 2, Satpayev str., of. 402, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan, 010008

Tel.: +7 (7172) 709-500 (ext. 31-428), E-mail: vest\_chem@enu.kz

*Responsible secretary, computer layout:* A. Nurbolat

**Bulletin of the L.N. Gumilyov Eurasian National University. Chemistry. Geography. Ecology Series**

Owner: Republican State Enterprise in the capacity of economic conduct "L.N. Gumilyov Eurasian National University" Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan

Periodicity: 4 times a year

Registered by the Ministry of Information and Communication of the Republic of Kazakhstan. Registration certificate №16997-ж from 27.03.2018. Circulation: 20 copies. Signed for printing 16.06.20.

Address of Printing Office: 13/1 Kazhimukan str., L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan 010008

Tel: +7 (7172) 709-500 (ext.31-428). Website: <http://bulchmed.enu.kz>

© L.N.Gumilyov Eurasian National University

*Главный редактор*

**Джаналеева К.М.** д.г.н., проф., ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

*Зам. главного редактора*

**Ташенов А.К.**, д.х.н, проф., ЕНУ имени Л.Н. Гумилева,  
Нур-Султан, Казахстан

*Зам. главного редактора*

**Берденов Ж.Г.**, PhD, ЕНУ имени Л.Н. Гумилева,  
Нур-Султан, Казахстан

**Редакционная коллегия**

**Айдарханова Г.С.**

д.б.н., доцент, ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

**Амерханова Ш.К.**

д.х.н., проф., ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

**Байсалова Г.Ж.**

к.х.н., доцент, ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

**Бейсенова Р.Р.**

д.б.н., проф., ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

**Бакибаев А.А.**

д.х.н., проф., Томский Политехнический Университет, Томск, Россия

**Барышников Г.Я.**

д.г.н., проф., Алтайский Государственный Университет, Барнаул, Россия

**Ян А.Вент**

Хабилит. доктор Гданьский Университет, Гданьск, Польша

**Джакупова Ж.Е.**

к.х.н., доцент, ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

**Досмагамбетова С.С.**

д.х.н., проф., ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

**Еркасов Р.Ш.**

д.х.н., проф., ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

**Жамангара А.К.**

к.б.н., доцент, ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

**Иргибаева И.С.**

д.х.н., проф., доцент, ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

**Хуторянский В.В.**

PhD, проф. Университет, Реддинг Беркшир, Великобритания

**Копишев Э.Е.**

к.х.н., и.о. доцент, ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

**Уали А.С.**

к.х.н., доцент, ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

**Масенов К.Б.**

к.т.н., доцент, ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

**Мустафин Р.И.**

PhD, доцент, Казанский Государственный Медицинский Университет, Казань, Ресей

**Озгелдинова Ж.**

PhD, ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

**Рахмадиева С.Б.**

д.х.н., проф., ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

**Сапаров Қ.Т.**

д.г.н., проф., ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

**Саипов А.А.**

д.п.н., проф., ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

**Саспугаева Г.Е.**

PhD, доцент, ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

**Шапекова Н.Л.**

д.м.н., проф., ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

**Шатрук М.**

PhD, проф., Государственный Университет Флорида, Талахасси, США

**Атасой Е.**

PhD, проф., Университет Улутдаг, Бурса, Туркия

*Адрес редакции:* 010008, Казахстан, г. Нур-Султан, ул. Сатпаева, 2, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, каб. 402

Тел: +7(7172) 709-500 (вн. 31-428). E-mail: vest\_chem@enu.kz

*Ответственный секретарь, компьютерная верстка:* А. Нурболат

**Вестник Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева. Серия:**  
**Химия. География. Экология.**

Собственник: РГП на ПХВ "Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева" МОН РК

Периодичность: 4 раза в год. Зарегистрирован Министерством информации и коммуникаций Республики Казахстан.

Регистрационное свидетельство №16997-ж от 27.03.2018г. Тираж: 20 экземпляров.

Подписано для печати 16.06.20.

Адрес типографии: 010008, Казахстан, г. Нур-Султан, ул. Кажимукана, 13/1.

Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева. Тел.: +7(7172)709-500 (вн.31-428).

Сайт: <http://bulchmed.enu.kz>

ВЕСТНИК ЕВРАЗИЙСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА  
ИМЕНИ Л.Н.ГУМИЛЕВА. СЕРИЯ ХИМИЯ. ГЕОГРАФИЯ. ЭКОЛОГИЯ

№2(131)/2020

**ХИМИЯ**

<i>Амерханова Ш.К., Шляпов Р.М., Уали А.С., Бельгибаева Д.С., Асадов М.М.</i> Влияние сильных электролитов на физико-химические и термодинамические свойства процессов комплексообразования ионов подгруппы железа	8
<i>Бакибаев А.А., Садвакасова М.Ж., Еркасов Р.Ш., Сорванов А.А., Атагулова А.Е.</i> Изучение влияния заместителей на смещение химических сдвигов N,N'-диарилмочевин в спектрах ядерного магнитного резонанса	18
<i>Белгибаева А.А., Еркасов Р.Ш., Курзина И.А., Каракчиева Н.И., Сачков В.И., Абзаев Ю.А.</i> Влияние микролегирования скандием на структуру сплавов на основе алюминидов титана	23
<i>Матаев М.М., Патрин Г.С., Сейтбекова К.Ж., Турсинова Ж.И.</i> Синтез и физико-химические характеристики фазы $Y_{0,5}Sr_{0,5}Cr_{0,5}Mn_{0,5}O_3$	31
<i>Нышанбек Т.Қ., Утжанова Ш.К., Жумагулова К.Ш., Кусенова Л.А., Жумабаева Г.К., Байсалова Г.Ж.</i> Исследование элементного состава растения <i>Sarrasis spinosa</i> рентгеноспектральным анализом	38
<i>Сабитова А.Н., Мусабаева Б.Х., Баяхметова Б.Б., Нургалиев Н.Н.</i> Определение тяжелых металлов из состава грибов	43
<i>Джакупова Ж.Е., Жатканбаева Ж.К., Мейрамкулова К.С., Бегалиева Р.С., Бейсембаева Л.К., Салихова М.Е.</i> Исследование свойств загустевания и способности полимера контролировать соотношение подвижностей воды и маслянистой фазы	51
<i>Судейменова Б.Ж., Шапи А.С., Бейсембаева К.А., Шах Д., Сарбасов Е.К.</i> Исследование твердых остатков при процессе пиролиза биомассы	58

**ГЕОГРАФИЯ. ЭКОЛОГИЯ**

<i>Абдулах С.</i> Экологическое образование на базе Национального парка Каздаги (гора Ида) в Турции	63
<i>Бекетова А.Т., Маханова Н.Б., Абыльдинов К.К., Есенова Ж.К., Берденов Ж.Г., Александрю И.</i> Анализ данных дистанционного зондирования Земли при изучении и картографировании природной среды	68
<i>Бақтыбектеков К.С., Кабжанова Г.Р., Айымбетов А.А., Алибаева М.Т.</i> Использование данных ДЗЗ для мониторинга уровня плодородия почв	78
<i>Исмагулова С.М., Дунец А.Н., Дмитриев П.С., Еремин А.А., Джаналеева К.М.</i> Оценка миграционной ситуации Северо-Казахстанской области	85
<i>Шамшиеденова С.С., Бейсенова Р.Р.</i> Комплексная оценка качества подземных вод в осенний сезон года в сельской местности Карагандинской области в окрестностях реки Нура	96

А.А. Белгибаева<sup>1</sup>, Р.Ш. Еркасов<sup>1</sup>, И.А. Курзина<sup>2</sup>, Н.И. Каракчиева<sup>2,3</sup>,  
В.И. Сачков<sup>2</sup>, Ю.А. Абзаев<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Евразийский национальный университет им. Л.Н.Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

<sup>2</sup> Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия

<sup>3</sup> Сибирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства и торфа – филиал  
Федерального государственного бюджетного учреждения науки Сибирского федерального  
научного центра агробιοтехнологий Российской академии наук, Томск, Россия

<sup>4</sup> Томский архитектурно-строительный государственный университет, Томск, Россия  
(E-mail: bayan\_05.06@mail.ru)

### Влияние микролегирования скандием на структуру сплавов на основе алюминидов титана

**Аннотация:** Рассмотрен метод получения титан-алюминиевых сплавов через синтез гидридов. Исследовано, влияние скандия на структуру интерметаллидных титановых сплавов, полученных по «гидридной технологии». Результаты исследования с ПЭМ согласуются с данными рентгенофазового анализа, из которых следует, что незначительное количество Sc растворяется в интерметаллидных фазах. Данный факт свидетельствует о формировании трехкомпонентной системы.

**Ключевые слова:** система Ti-Al, интерметаллиды, рентгенофазовый анализ, микродифракционная картина.

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-6771-2020-131-2-23-30>

На сегодняшний день такие сплавы, как  $\gamma$ -TiAl сплавы, основу которых составляют интерметаллические соединения титана представляют наибольший интерес для авиа- и двигателестроительной индустрии [1-4]. При удельном весе 3,7-4 г/см<sup>3</sup> потенциальные температуры эксплуатации этих сплавов составляют 600-900 °С. В данном интервале температур интерметаллиды обладают высокой жаропрочностью и жаростойкостью, а по удельной прочности и удельному модулю упругости превосходят все известные жаропрочные никелевые сплавы, частично заменяют тяжелые ( $\rho \approx 8,5$  г/см<sup>3</sup>) жаропрочные Ni-сплавы в газотурбинном двигателе, что позволит качественно увеличить соотношение "тяга-масса" летательного устройства и в целом повысить характеристики двигателя [1-6].

РЗЭ оказывают двойное воздействие при использовании в титановых сплавах. Во-первых, из-за своего высокого химического родства к азоту и кислороду, а также к примесям, РЗЭ предотвращают вредное воздействие примесей, образуя прочные тугоплавкие соединения. Во-вторых, они адсорбируются на границах раздела фаз, препятствуют протеканию на них диффузионных процессов и удерживают процессы формирования и роста структурных составляющих. Из чего следует, что РЗЭ оказывают благоприятное воздействие как на пластичность, так и на их структурную стабильность интерметаллидных сплавов [7, 8].

Скандий является в наибольшей степени исследованной модифицирующей добавкой для алюминиевых сплавов [9]. При введении незначительного количества скандия происходит измельчение структуры – в качестве модификатора он лишь незначительно уступает титану, который традиционно применяется при литье.

Экспериментальные данные по изучению фазовых равновесий в системе Ti-Al-Sc практически отсутствуют. В работе [10] получены тройные лигатурные сплавы Al-Sc-Ti, алюминиды которых  $Al_3(Sc_{1-x}Ti_x)$  имеют решетку кубического типа L1<sub>2</sub>, что обеспечивает их высокое структурное и размерное соответствие с решеткой матрицы алюминиевых сплавов. В алюминидах  $Al_3(Sc_{1-x}Ti_x)$  титан замещается до 50 % Sc. В системе Al-Sc-Ti, в которых отношение атомных содержаний Sc к Ti меньше единицы, образуются алюминиды с двумя типами решеток: с кубической L1<sub>2</sub> и тетрагональной DO<sub>22</sub>.

Введение Sc в количестве 0,3-0,5 мас. % в ( $\alpha + \beta$ )-титановый сплав Ti-6Al-4V приводит к увеличению сопротивления деформации при проведении испытаний на сжатие при температуре

850 °C в  $(\alpha + \beta)$ -области за счет блокировки движения дислокаций частицами оксидов  $Sc_2O_3$  [11]. В работе [12] установлено, что микролегирование алюминидов  $\gamma$ -титана скандием обеспечивает повышение термостойкости, уточнение и формирование структуры, усиленной когерентной связью между фазами упрочнения и матрицы. Следовательно, повышение прочностных характеристик может наблюдаться в широком температурном диапазоне. Благоприятное воздействие скандия состоит в изменении отношения термодинамической активности Ti:Al в сторону формирования оксида алюминия на поверхности сплава. В результате этого не образуются оксиды внутри Ti-Al сплава.

В работе [13] были изучены прочность и микроструктура двух сплавов на основе Ti-Al с Sc и без содержания скандия. Установлено, что незначительное добавление скандия (0,4% Sc) может заметно улучшить высокотемпературный предел текучести сплавов на основе Ti-Al и Ti-48Al, которые имеют либо duplexную структуру, либо полную пластинчатую структуру.

Микроструктура и фазовый состав Ti-Al- сплавов преимущественно зависит от количества вводимого скандия. Кроме того, большое влияние оказывают химический состав исходных компонентов и условий получения сплава.

Существуют различные подходы к получению титан-алюминиевых сплавов, легированных и без добавок скандия. Ранее было показана перспективность использования «гидридной технологии» для получения новых сплавов на основе титана [14]. Гидридная технология – новая экологически чистая технология получения сложных функциональных материалов. В качестве исходных материалов используются порошки и слитки металлов. Из них получают соответствующие гидриды в токе водорода. Полученные таким путем гидриды смешивают между собой и прессуют под давлением. На выходе формируют таблетку и отжигают в вакуумной системе. Важным является достижение в процессе спекания максимально полного дегидрирования заготовок изделия для достижения высоких механических свойств. Было показано, что при нагреве компактированной смеси двух и более гидридов, а также гидрида и металлического порошка, удаление водорода из компактной шихты при температурах выше температур диссоциации гидридов, но намного ниже температур плавления соответствующих металлов, приводит к образованию прочных, беспористых, компактных бинарных, тройных сплавов указанных металлов. Гидридная технология имеет ряд преимуществ, так как позволяет получить однородную структуру сплава и необходимый фазовый состав. В данной работе применена данная технология по получению легированного скандием титан-алюминиевого сплава. Однако практически отсутствуют данные по фазовому составу и микроструктуре получаемого сплава по гидридной технологии. Таким образом получение новых титан-алюминиевых сплавов, легированных скандием по «гидридной технологии», и изучение их структуры и фазового состава имеет важное практическое значение.

Целью данной работы было изучить влияние микролегирования скандия на структуру интерметаллидных титановых сплавов, полученных по «гидридной технологии».

**Материалы и методика исследования.** Получение материалов состояло из трех последовательных стадий: получение гидридов титана и Sc, прессование порошков полученных гидридов и алюминия с последующим отжигом при заданной температуре. Содержание компонентов соответствовало стехиометрическому составу по фазовой диаграмме системы Ti:Al=1:1 для получения интерметаллидных фаз  $\gamma$ -TiAl. За основу сплава принята система Ti-Al с 2 ат. % добавками Sc [15].

Для получения интерметаллидных сплавов в качестве исходных материалов применяли металлические порошки титана (ПТЭМ-1) и алюминия (АСД-4) дисперсностью 100-150 мкм, а также металлический скандий. Навеску металла, образующего гидрид, засыпали в кварцевую лодочку и помещали в проточную печь для отжига в токе водорода, используя генератор водорода QL500. Программированный нагрев проводили до температуры образования соответствующего гидрида. Полученные гидриды соответствующих металлов смешивали с нанодисперсным порошком алюминия (средний размер частиц  $(115 \pm 10)$  нм, значение удельной поверхности  $(19 \pm 3)$  м<sup>2</sup>/г, содержание алюминия –  $(80 \pm 0,6)$ ) и прессовали при нагрузке 5,3 т/см<sup>3</sup>. На выходе заготовка представляла собой цилиндр в форме таблетки с насыпной плотностью в среднем 3 г/см<sup>3</sup> для всех составов. Полученные

таким образом заготовки отжигали в вакуумной установке при значении вакуума  $5 \cdot 10^{-3}$  в программированном температурном режиме от 830 до 1150 °С в зависимости от состава образца. При нагреве компактированной смеси двух гидридов и металлического порошка Al наблюдается удаление водорода из компактной шихты при температурах выше температур диссоциации гидридов, но намного ниже температур плавления соответствующих металлов, приводит к образованию прочных, компактных сплавов указанных металлов.

Электронно-микроскопические исследования микроструктуры TiAl-Sc-образцов были выполнены на ПЭМ «JEM-2100F» при ускоряющем напряжении 200 кВ с приставкой «JEO» для энергодисперсионного спектрального анализа. Определение размеров и объемной доли присутствующих фаз в образцах проводили по данным микродифракционных картин, светлопольным и темнопольным изображениям. Идентификацию фаз проводили по известным методикам с использованием схем микродифракционных картин, рассчитанных по табличным значениям параметров кристаллических решеток. Фазовый анализ системы TiAl-Sc проводили методом РФА на ДРОН4 – 07, который был модифицирован к цифровой обработке сигнала. Съёмки производились на медном излучении (Ка) по схеме Брегга–Бретано с шагом 0.020, временем экспозиции в точке 1 сек и в угловом диапазоне  $-10^0 - 86^0$ . Напряжение на рентгеновской трубке составляло 30 кВ, ток пучка 25 мА. Идентификация фаз и количественное содержание фаз осуществлялось методом Ритвельда [16].

**Результаты исследований и обсуждение.** Рентгенофазовый анализ образцов, полученных при легировании скандием TiAl-Sc, показал, что они имеют сложное многофазное строение: идентифицированы новые фазы – интерметаллидные фазы TiAl, Ti<sub>3</sub>Al, что подтверждает возможность получения интерметаллидных сплавов по гидридной технологии [17].

Таблица 1 – Кристаллографические данные фаз в системе TiAl-Sc

Состав	Пространственная группа	Сингония	Объем ОКР, Å <sup>3</sup>	Весовая доля, %	Параметры решетки, Å		
					a	b	c
TiAl	<i>P4/mmm</i>	тетрагональная	33 ± 5	26,2	2.8295	2.8295	4.0696
Ti <sub>3</sub> Al	<i>P63/mmc</i>	тетрагональная	134 ± 5	41,5	5.7619	5.7619	4.6497
Ti <sub>1,5</sub> Al <sub>2,5</sub>	<i>P/mmm</i>	ромбическая	65 ± 5	10,9	4.1083	4.0005	3.9522
Ti <sub>2</sub> Al <sub>5</sub>	<i>P4/mmm</i>	тетрагональная	430 ± 5	4,5	3.8331	3.8331	29.2450
Ti <sub>5</sub> Al <sub>11</sub>	<i>P/mmm</i>	ромбическая	265 ± 5	3,7	3.9096	3.9096	17.3119
TiAl <sub>2</sub>	<i>C/mmm</i> )	ромбическая	171 ± 5)	2,7	8.8929	4.1529	4.6380
α-Ti	<i>P63/mmc</i>	гексагональная	31 ± 5	2,4	2.9278	2.9278	4,6006
β-Ti	<i>I m-3m</i>	кубическая	38 ± 5	1,4	3.3687	3.3687	3.3687
Al	<i>Fm-3m</i>	кубическая	59±5	1,7	3.8818	3.8818	3.8818
Sc	<i>P4/nmm</i>	тетрагональная	69 ± 5	1,8	4.7092	4.7092	3.1032

Возможно послышное расположение интерметаллидных фаз, то есть чередование по составу. Таким образом, такой технологией возможно получить сенгвичные структуры. За счет чередования интерметаллидных фаз возможно получение суперпрочных материалов. Скандий растворяется в интерметаллидных фазах, образуя твердые растворы, замещая титан. Кроме того, скандий присутствует отдельными частицами нерастворенными в интерметаллидных фазах. В качестве дисперсной фазы применяется Sc и он упрочняет структуру сплава путем введения в металлическую матрицу второй фазы в виде тугоплавкого металла [18, 19].

Исследована микроструктура сплава и представлена на рисунках 1 и 2. Для идентификации фазового состава областей на границе матричных зерен, и в местах скопления дислокации был проведен ПЭМ анализ с приставкой энергодисперсионного спектрального микроанализа.

Как видно из рисунка 1, сплав представляет собой совокупность пластинчатых зерен чередующихся и отличающихся по составу. Кроме того, присутствуют округлые частицы, соединенные друг с другом.



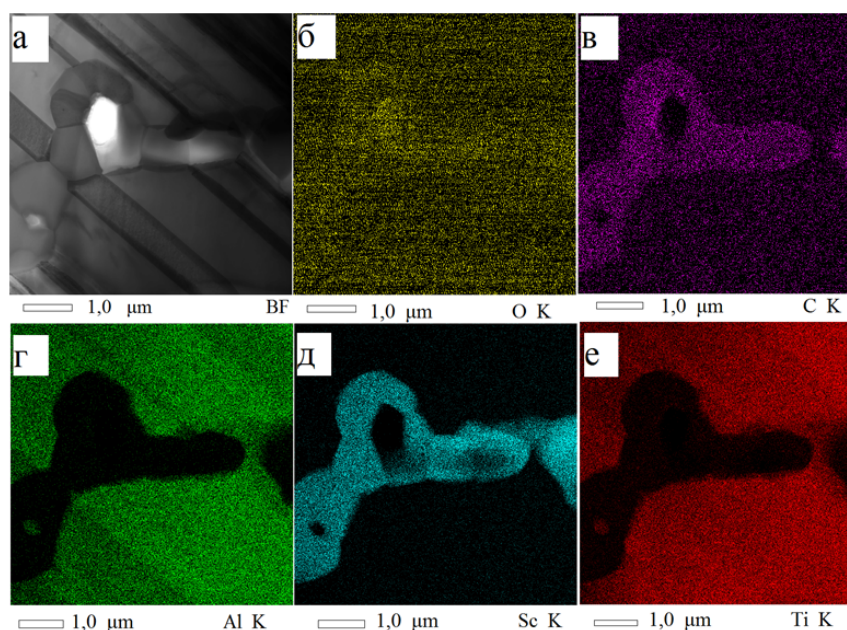


Рисунок 1 – Электронно-микроскопическое изображение: а) светлопольное изображение; б, в, г, д, е) распределение элементов по материалу согласно светлопольному изображению (а)

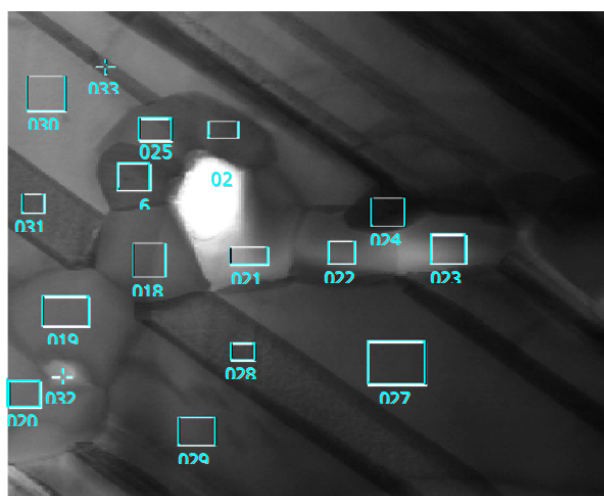


Рисунок 2 – ПЭМ изображение в режиме фазового контраста

При проведении локального анализа микроструктуры с помощью энергодисперсионного микроанализа установлено, что пластинчатые зерна содержат алюминий и титан и, соответственно, являются зернами титан-алюминиевого сплава, в котором в малом количестве (менее 1,5 ат. %) содержится скандий. Отдельные круглые частицы соответствуют отдельным частицам скандия, непрореагировавшего с сплавом и средний поперечный размер может достигать до 1 мкм. Показано, что скандий может присутствовать в виде округлых частиц и микрочастиц различной формы.

Проведенный энергодисперсионный анализ показал, что пластинчатые серые области – это зерна матрицы на основе Ti-Al, но внутри зерен содержатся частицы вторичных фаз O, C и не прореагировавший в условиях спекания Sc, а цепочка – область, представляющий собой твердый раствор на основе Sc.

Таблица 2 – Элементный состав в локальных участках

Номер спектра	Элементный состав									
	Массовая доля, %					Атомное содержание, %				
	Ti	Al	Sc	C	O	Ti	Al	Sc	C	O
17	0,46	0,47	76,13	-	22,93	0,31	0,56	53,69	-	45,45
18	0,07	0,19	78,53	-	21,22	0,04	0,23	56,69	-	43,03
19	0,44	0,43	78,98	-	20,14	0,30	0,53	57,77	-	41,40
20	-	0,13	78,35	-	21,52	-	0,15	56,65	-	43,50
21	1,87	0,88	52,14	20,68	24,44	0,87	0,72	25,88	38,43	34,09
22	0,97	0,55	76,81	0,55	21,12	0,65	0,66	54,85	1,47	42,37
23	0,89	0,7	72,61	1,78	24,03	0,56	0,78	48,80	4,47	45,39
24	13,1	6,47	72,21	-	8,22	10,39	9,10	61,00	-	19,51
25	0,38	0,44	78,9	-	20,29	0,26	0,53	57,59	-	41,61
26	0,06	0,41	80,5	-	19,02	0,04	0,51	59,76	-	39,68
27	67,49	29,89	1,74	-	0,88	53,97	42,44	1,48	-	2,11
28	66,77	30,68	1,62	0,46	0,46	52,92	43,17	1,37	1,45	1,10
29	74,62	23,04	1,19	-	1,15	62,06	34,02	1,05	-	2,86
30	61,72	33,23	1,27	2,04	1,74	45,58	43,57	1,00	6,02	3,84
31	64,41	30,49	1,53	1,53	1,06	48,30	40,60	1,22	7,49	2,38
32	28,17	10,02	1,03	57,44	3,34	9,84	6,21	0,38	80,06	3,50
33	41,16	20,1	0,74	35,67	2,32	18,14	15,73	0,35	62,71	3,07

При проведении элементного анализа в локальных точках также показано, что массовая доля скандиевых включений в цепочке (спектры 017- 026) составляет 76-81 % (таб. 2). В цепочке содержание Ti составляет не выше 13,10 мас. %, Al – не выше 6,47 мас. %. Кроме того, в больших количествах присутствует элемент такой как O и его содержание составляет около 24 мас. %.

В серых пластинчатых областях кроме Ti, объемная доля которого составляет более 60 мас. %, присутствует Al (до 33 мас. %), O (1-2 мас. %) и C, количество которого в отдельных областях может достигать 50 мас. %. Таким образом, из анализа следует, что серые пластинчатые области обогащены титаном и алюминием, а область цепочки – обогащена скандием.

Выполненные электронно-микроскопические исследования показали, что в внутри зерна алюминидов титана скандиевые включения присутствуют в виде цепочек из частиц округлой формы с размером до 0,2 мкм (рисунок 3).

Возможно введение модификатора Sc привело к формированию напряженного состояния и к появлению дислокаций, которые могут тормозить развитие пластической деформации и тем самым способствовать упрочнению материала.

Также в результате количественного анализа установлено, что матрица (полосатая серая область)  $\gamma$ -TiAl сплава в среднем имеет состав в массовых процентах: 23,04% Al и 74,62% Ti, что отвечает интерметаллидной фазе  $\alpha_2$  –Ti<sub>3</sub>Al. Это согласуется с результатами, полученными в работах [15,16]. В титан-алюминиевой матрице наблюдается равномерное распределение скандия. По данным энергодисперсионного анализа в разных зернах матрицы (в разных спектрах от 027 до 033) сплава концентрация Sc может изменяться от 0,74. вес. % до 1,74 вес. %, при этом концентрация Ti изменяется от 28,17 вес. % до 74,62 вес. %, а концентрация Al изменяется от 10,02 вес. % до 33,23 вес. %.

Поскольку атомный радиус скандия (2,09 Å) отличается от атомного радиуса титана (2 Å) на 4 %, то Sc может образовать твердый раствор замещения в титане и способствовать формированию видманштеттовой микроструктуры с темными и светлыми участками фаз (рис. 1) приблизительно одинакового химического состава. Результаты исследования с ПЭМ согласуются с данными рентгенофазового анализа, из которых следует, что незначительное

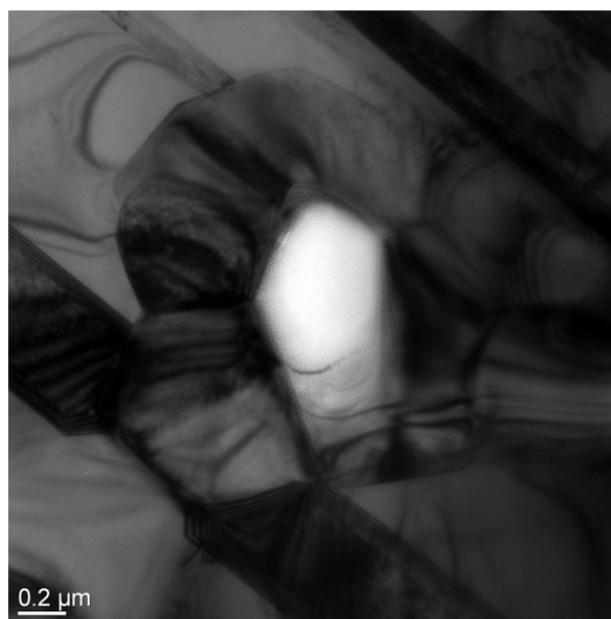


Рисунок 3 – Электронно-микроскопическое изображение с упорядоченным распределением дислокаций

количество Sc растворяется в кристаллах  $Ti_3Al$  и существует в виде  $Ti_3(Al, Sc)$ . Данный факт свидетельствует о формировании трехкомпонентной системы.

Таким образом, проведенные исследования методом ПЭМ показали, что твердый раствор исследуемого сплава в своей структуре имеет частицы новой фазы. Также известно, что после микролегирования сплавов металлом Sc массовая доля фаз  $Ti_3Al$  и  $TiAl$  значительно увеличивается ( $> 52\%$ ). Равномерное распределение скандия в титан-алюминиевой матрице свидетельствует о возможности формирования трехкомпонентной системы  $Ti_3(Al, Sc)$  [20].

### Список литературы

- 1 Cordell T. Titanium Aluminide Intermetallics //Advanced Materials and Processes Technology. –2000. –V.4. – №3. –P.7-9.
- 2 Lutjering G. Williams J. C. Titanium. - Springer, 2007. 442 p.
- 3 Clemens H., Kestler H. Processing and applications of intermetallic gamma-TiAl-based alloys //Advanced Engineering Materials. –2000. –№9. –P. 551-570.
- 4 Clemens H., Appel F., Barteis A., Baur H., Gerling R., Guther V., Kestler H. Processing and Application of Engineering  $\gamma$ -TiAl Based Alloys //Ti-2003 Science and Technology: Proceedings of the 10th World Conference on Titanium Held at the CCH-Congress Center Hamburg, Germany, 2003. - P. 2123-2136.
- 5 Appel F. TiAl – New Opportunity in the Aerospace Industry // Ti-2003 Science and Technology: Proceedings of the 10th World Conference on Titanium Held at the CCH-Congress Center, Hamburg, Germany, 2003. - Hamburg, 2003. - P. 2899-2906.
- 6 Prasad U., Chaturvedi M.C. Influence of Alloying Elements on the Kinetics of Massive Transformation in Gamma Titanium Aluminides //Metallurgical and Materials Transactions A. –2003. –V.34A. –P. 12-15.
- 7 Каблов Е.Н., Оспенникова О.Г., Вершков А.В. Редкие металлы и редкоземельные элементы – материалы современных и высоких технологий будущего //Труды ВИАМ. –2013. –№2. –С.1.
- 8 Хорев А.И., Ночовная Н.А., Яковлев А.Л. Микролегирование редкоземельными металлами титановых сплавов //Авиационные материалы и технологии. –2012. –№S. –С. 206–212.
- 9 Косов Я.И. Перспективные композиции алюминиевых сплавов и лигатур //Международный научно-исследовательский журнал. –2016. –№ 11(53). –С. 73-75.
- 10 Оглодков М.С., Хохлатова Л.Б., Колобнев Н.И. и др. Влияние термомеханической обработки на свойства и структуру сплава системы Al-Cu-Mg-Li-Zn //Авиационные материалы и технологии. –2010. –№4. –С. 7-12.
- 11 Liu H.-Q. Influence of Sc on High Temperature Strengthening Behavior of Ti-6Al-4V Alloy //Transactions on Nonferrous Metals Society of China. –2007. –V.17. –P. 1212-1219.
- 12 Olikier V. E., Trefilov V. I., Kresanov V. S., Gridasova T. Ya. Effect of scandium and chromium on the structure and heat resistance of alloys based on  $\gamma$ -TiAl //Powder Metallurgy and Metal Ceramics. –2000. –V.39. –P. 9-10.
- 13 Songbo Y, Boyun H, Zhimin Y. Effect of minor Sc on high temperature mechanical properties of Ti–Al based alloys // Materials Science and Engineering. –2000. –V. 280. –P. 204–207.

- 14 Долуханян С.К., Алексанян А.Г., Шехтман В.Ш., Манташанян А.А., Маилян Д.Г., Тер-Галстанян О.П. Новый метод получения сплавов на основе переходных металлов //Химический журнал Армении. –2007. –Т. 60. –№4. –С. 545–559.
- 15 Белгибаева А.А., Еркасов Р.Ш., Курзина И.А., Каракчиева Н.И., Сачков В.И., Абзаев Ю.А. Получение высокопрочных сплавов системы Ti-Al с использованием гидридов металлов // Новые материалы и технологии : Матер. Междунар. конф., Барнаул, Россия, 2018. - Барнаул, 2018. - С. 62-67.
- 16 Abzaev Yu. A., Syzrantsev V. V., Bardakhanov S. P. Simulation of the Structural State of Amorphous Phases in Nanoscale SiO<sub>2</sub> Synthesized via Different Methods //Physics of the Solid State. –2017. –V. 59. –№ 9. –P. 1874–1878.
- 17 Белгибаева А.А., Еркасов Р.Ш., Курзина И.А., Каракчиева Н.И., Сачков В.И., Абзаев Ю.А. Получение высокопрочных сплавов системы Ti-Al используя гидриды металлов //Вест. ЕНУ. Сер. хим – 2019. – Т. 1. №122. – С.21-27.
- 18 Sereda V. The Modeling and Processes Research of Titan Aluminides Structurization Received by SHS Technology. - Washington: TMS, 2010. 350 p.
- 19 Sereda V., Kruglyak I., Zhrebtsov A., Belokon Y. Material Science Technology. – Pittsburg: USA, 2009. 2073 p.
- 20 Курзина И.А. Градиентные поверхностные слои на основе наноразмерных металлических частиц: синтез, структура, свойства: диссертация д-ра физ.-мат. наук. Национальный Исследовательский Томский Государственный университет. – Барнаул. - 2011. 402 с.

А.А. Белгибаева<sup>1</sup>, Р.Ш. Еркасов<sup>1</sup>, И.А. Курзина<sup>2</sup>, Н.И. Каракчиева<sup>2,3</sup>, В.И. Сачков<sup>2</sup>, Ю.А. Абзаев<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

<sup>2</sup> Ұлттық ғылыми Томск мемлекеттік университеті, Томск, Ресей

<sup>3</sup> Сібір ауыл шаруашылығы мен шымтезек ғылыми зерттеу институты –Ресей ғылым академиясының Сібір федеральді агробиотехнология ғылыми орталығының Федеральді мемлекеттік бюджеттік ғылыми мекемесінің филиалы, Томск, Ресей

<sup>4</sup> Томск сәулет-құрылыс мемлекеттік университеті, Томск, Ресей

#### Титан алюминидтері негізіндегі құймалардың құрылымына скандиймен микролегирлеудің әсері

**Аңдатпа.** Гидридтер синтезі арқылы титанө алюминидтің құймаларды алу әдісі қарастырылды. «Гидридтік технология» бойынша алынганинтерметаллидтік титан құймаларының құрылымына скандийдің әсері зерттелді. ПЭМ зерттеулерінің нәтижелері рентгенқұрылымдық анализдің мәндерімен сәйкес келеді, одан өте аздаған мөлшердегі Sc интерметаллидтік фазада ериді деген тұжырым шығады. Бұл факт үшкомпонентті жүйенің түзілгендігін көрсетеді.

**Түйін сөздер.** Ti-Al жүйесі; интерметаллидтер; рентгенфазалық анализ; микродифракциондық сурет.

A.A. Belgibaeva<sup>1</sup>, R.Sh. Erkasov<sup>1</sup>, I.A. Kurzina<sup>2</sup>, N.I. Karakchieva<sup>2,3</sup>, V.I. Sachkov<sup>2</sup>, Yu.A. Abzaev<sup>4</sup>

<sup>1</sup> L.N.Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan

<sup>2</sup> National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia

<sup>3</sup> Siberian Research Institute of Agriculture and peat is a branch of the Siberian Federal Scientific Center for Agro biotechnologies of the Russian Academy of Sciences

<sup>4</sup> Tomsky State Architectural and Construction University, Tomsk, Russia

#### The effect of scandium micro alloying on the structure of alloys based on titanium aluminates

**Abstract.** A method for producing titanium-aluminum alloys through the synthesis of hydrides is considered. The effect of scandium on the structure of intermetallic titanium alloys obtained by the "hydride technology" is investigated. The results of the TEM study are consistent with the data of x-ray phase analysis, from which it follows that a small amount of Sc dissolves in the intermetallic phases. This fact indicates the formation of a three-component system.

**Keywords.** Ti-Al system; intermetallic compounds; X-ray phase analysis; micro diffraction pattern.

## References

- 1 Cordell T. Titanium Aluminide Intermetallics. Advanced Materials and Processes Technology, The AMPTIAC Newsletter, 4(3), 7-9(2000).
- 2 Lutjering G. Williams J. C. Titanium, Springer, Berlin, 403-415(2007).
- 3 Clemens H., Kestler H. Processing and applications of intermetallic gamma-TiAl-based alloys, Advanced Engineering Materials, 9, 551-570(2000).
- 4 Clemens H., Appel F., Barteis A., Baur H., Gerling R., Guther V., Kestler H. In Proceedings of the 10th World Conference on Titanium Held at the CCH-Congress Center Hamburg. Ti-2003 Science and Technology. 4, 2123-2136 (2003).
- 5 F. Appel. In Proceedings of the 10th World Conference on Titanium Held at the CCH-Congress Center Hamburg. Ti-2003 Science and Technology, 5, 2899-2906(2003).
- 6 Prasad U., Chaturvedi M.C. Influence of Alloying Elements on the Kinetics of Massive Transformation in Gamma Titanium Aluminides, Metallurgical and Materials Transactions, 34A, 12-15(2003).

- 7 Kablov E.N., Ospennikova O.G., Vershkov A.V. Redkie metally I redkozemelnye elementy - materialy sovremennyh I buduchih vysokih tehnologii [Rare metals and rare earth elements - materials of modern and future high technologies], Trudy VIAM, 2-8(2013).
- 8 Horev A.I., Nochovnaia N.A., Jakovlev A.L. Mikrolegirovanie redkozemelnyimi metallami titanovih splavov [Microalloying of rare-earth metals of titanium alloys], Aviatsonnye materialy Iologii, 206-212(2012). [in Russian].
- 9 Kosov Ya.I. Perspektivnye kompozitsii aluminievyh splavov i ligatur [Promising compositions of aluminum alloys and ligatures], Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skij zhurnal, 11 (53), 73-75 (2016). [in Russian].
- 10 Oglodkov M.S., Hohlatova L.B., Kolobnev N.I. Vliianie termomechanicheskoi obrabotki na svoistva I strukturu splava sistemy Al-Cu-Mg-Li-Zn [The influence of thermomechanical processing on the properties and structure of the Al - Cu - Mg - Li - Zn system alloy], Aviatsonnye materialy Iologii, 7-12(2010). [in Russian].
- 11 H.-Q. Liu. Influence of Sc on High Temperature Strengthening Behavior of Ti-6Al-4V Alloy, Transactions on Nonferrous Metals Society of China, 17, 1212-1219(2007).
- 12 Oliker V. E., Trefilov V. I., Kresanov V. S., Gridasova T. Ya. Effect of scandium and chromium on the structure and heat resistance of alloys based on -TiAl, Powder Metallurgy and Metal Ceramics, 39, 9-10(2000).
- 13 Songbo Y, Boyun H, Zhimin Y. Effect of minor Sc on high temperature mechanical properties of Ti-Al based alloys, Materials Science and Engineering, 280, 204-207(2000).
- 14 Dolukhanjan S.K., Aleksanjan A.G., Shekhtman V.Sh., Mantashanjan A.A., Manjan D.G., Ter-Galstanjan O.P. Novyi metod poluchenija splavov na osnove perekhodnyh metallov [A new method for producing alloys based on transition metals] Himicheskiy jurnal Armenii, 60(4), 545-559(2007).
- 15 Belgibayeva A.A., Erkasov R. Sh., Kurzina I.A., Karakchieva N.I., Sachkov V.I., Abzaev Yu.A. Poluchenie vysokoprochnykh splavov sistemy TI-Al "gidridnoj tekhnologii" [Obtaining high-strength alloys of the TI-Al system "hydride" technology], Novye materialy Iologii: Tezisy dokladov Mezhdunarodnoj konferencii, [International conference on New materials and technologies]. Barnaul, Russia. 2018, P. 62-67.
- 16 Abzaev Yu.A., Syzrantsev V.V., Bardakhanov S.P. Simulation of the Structural State of Amorphous Phases in Nanoscale SiO<sub>2</sub> Synthesized via Different Methods, Physics of the Solid State, 59(9), 1874-1878(2017).
- 17 Belgibayeva A.A., Erkasov R. Sh., Kurzina I.A., Karakchieva N.I., Sachkov V.I., Abzaev Yu.A. Poluchenie vysokoprochnykh splavov sistemy TI-Al ispolzuja gidridy metallov [Obtaining high-strength alloys of the TI-Al system using hydrides of metals], Vestnik ENU, 1(122), 21-28(2019).
- 18 Sereda B., Zherebtsov A., Belokon Y. The Modeling and Processes Research of Titan Aluminides Structurization Received by SHS Technology (TMS, Washington, 2010, 350 p.)
- 19 Sereda B., Kruglyak I., Zherebtsov A., Belokon Y. Material Science & Technology (Pittsburg, USA, 2009, 2073 p.)
- 20 Kurzina I.A. Gradientnye poverhnostnye sloi na osnove nanorazmernykh metallicheskikh chastits: dissertacija doktora fiz.-mat. nauk [Gradient surface layers based on nanoscale metal particles: synthesis, structure, properties: dissertation of Dr. Phys.-Mat. sciences], Tomsk State university, Barnaul, 2011.[in Russian].

#### Сведения об авторах:

*Белгибаева А.А.* – PhD докторант кафедры, "Химия" Евразийский национальный университет им. Л.Н.Гумилева, ул. Сатпаева, 2, Нур-Султан, Казахстан.

*Еркасов Р.Ш.* – доктор наук, профессор кафедры, "Химия" Евразийский национальный университет им. Л.Н.Гумилева, ул. Сатпаева, 2, Нур-Султан, Казахстан.

*Курзина И.А.* – доктор физико-математических наук, профессор кафедры "Физическая и коллоидная химия", Национальный исследовательский Томский государственный университет, пр. Ленина, 36, Томск, Россия.

*Каражчиева Н.И.* – кандидат химических наук, Национальный исследовательский Томский государственный университет, пр. Ленина, 36, Томск, Россия; Сибирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства и торфа - филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук, ул. Гагарина 3, Томск, Россия.

*Сачков В.И.* – доктор химических наук, доцент кафедры "Химическая технология", Национальный исследовательский Томский государственный университет, пр. Ленина, 36, Томск, Россия.

*Абзаев Ю.А.* – доктор физико-математических наук, профессор кафедры "Химическая технология", Томский архитектурно-строительный государственный университет, ул. Соляная, 2, Томск, Россия.

*Belgibayeva A.A.* - PhD of the Chemical Department, L.N.Gumilyov Eurasian National University, Satpayev st. 2, Nur-Sultan, Kazakhstan.

*Erkasov R.Sh.* - Doctor of Chemical Sciences, Professor of Chemical Department, L.N.Gumilyov Eurasian National University, Satpayev st. 2, Nur-Sultan, Kazakhstan.

*Kurzina I.A.* - Doctor of Physics and Mathematics, Professor of the Department of Physical and Colloid Chemistry, National Research Tomsk State University, Lenin ave. 36, Tomsk, Russia.

*Karakchieva N.I.* - PhD in Chemistry, National Research Tomsk State University, Lenin ave.36, Tomsk, Russia. Siberian Research Institute of Agriculture and peat is a branch of the Siberian Federal Scientific Center for Agro biotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Gagarin str.3, Tomsk, Russia.

*Sachkov V.I.* - Doctor of Chemical Sciences, Associate Professor of Chemical Technology, National Research Tomsk State University, Lenin ave. 36, Tomsk, Russia.

*Abzaev Yu.A.* - Doctor of Physics and Mathematics, Professor of Chemical technologies, Tomsk State Architectural and Construction University, Solyanaya square 2, Tomsk, Russia.

Поступила в редакцию 14.03.2020