

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации «Совместное легирование никеля рением и переходными металлами V-VI групп», представленной **Николаевым Семеном Владимировичем** на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.01 – «Неорганическая химия».

В производстве и разработке перспективных энергетических установок, авиационных и ракетных двигателей используются сплавы на основе никеля, для которых характерно сочетание повышенной жаростойкости и жаропрочности, в интервале температур 923-1373 К. Повышение рабочих температур никелевых сплавов приводит к росту энергетических параметров двигателей в изделиях авиационно-ракетной техники. В этом аспекте работа Николаева С.В. представляет несомненный научный интерес, а регулирование термомеханических свойств легированием никелевых сплавов рением и переходными металлами V-VI групп периодической таблицы элементов, несомненно, актуально для развития современного металловедения и материаловедения металлomatричных волокнистых композитов.

В диссертации автор значительное внимание уделил разработке комплексного подхода на основе сочетания методов физико-химического анализа и метода графов, обеспечивающего описание установления фазовых равновесий в многокомпонентных неорганических системах, что позволило ему для пятикомпонентных систем установить фазовый состав твердых растворов никеля при 1375К и 1200К, обеспечивающий их максимальную твердость (двухкомпонентные сплавы:  $\gamma+\delta$  и  $\gamma+\alpha$  системы NiNbMo) и устойчивость при высокотемпературном окислении до 1200К однофазных систем NiReNbCrCo. Разработанный подход является весьма эффективным средством для минимизации временных и материальных расходов при целенаправленной разработке новых никелевых сплавов и упрочненных неорганическими волокнами (SiC, B, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) композиционных материалов на их основе с требуемым уровнем жаростойкости и жаропрочности, что свидетельствует о высокой практической значимости результатов работы.

Научная новизна, заключающаяся в использовании системного подхода к направленному регулированию и оценке равновесных состояний в многокомпонентных системах, определению максимальной растворимости легирующих металлов в твердых растворах никеля, установлению их взаимного влияния на твердость и устойчивость к окислению на воздухе при 1200К не вызывает сомнения.

Достоверность полученных результатов не вызывает сомнений, так как автором были использованы современные экспериментальные методы исследования и средства обработки данных по составу, структуре металлических сплавов, условием их получения и их функциональным свойствам.

Автореферат изложен хорошим техническим языком квалифицированного специалиста в области химии неорганических материалов.

К замечания по автореферату можно отнести следующее:

1. При выборе объектов исследования и заключительном сравнительном анализе жаростойкости разработанных никелевых сплавов, автором не использованы классические жаропрочные и жаростойкие суперсплавы никеля с фазой  $\gamma'$  состава (Ni<sub>3</sub>Al) и (NiMe)<sub>3</sub>Al, где символом Me – указан легирующий элемент.

2. Автором не использованы предложенные графы для расчета параметров процесса установления равновесных состояний изучаемых многокомпонентных систем никелевых сплавов.
3. В главе 2 автореферата не приводится информация о поверке используемых приборов и сертификации методов исследования.

Однако, указанные недоработки в автореферате могут быть связаны с ограниченным объемом автореферата и не влияют на общий высокий научный уровень работы.

В целом, содержание автореферата позволяет сделать вывод о том, что в диссертации Николаева Семена Владимировича решены важные научные задачи, имеющие практическое значение при разработке новых суперсплавов никеля с улучшенным комплексом свойств для специальной техники. По объему и уровню решаемых задач диссертационная работа соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемых к кандидатским диссертациям, а ее автор **Николаев С.В.** заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.01 - Неорганическая химия.

Заведующий кафедрой «Технология композиционных материалов, конструкций и микросистем».  
ФГБОУ ВПО «МАТИ»-РГТУ им. К.Э. Циолковского  
Д.т.н., профессор

/Бухаров С.В./

Подпись профессора Бухарова С.В. подтверждаю

Секретарь ученого совета



/Скворцова С.В./