

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ
ИНСТИТУТ ХИМИИ И ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ**

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ
ОШСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ОШСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Межведомственный диссертационный совет Д.02.12.004

На правах рукописи

УДК:539.2:621.3.049.77:661.782.4:661.782.6(575.2)(043.3)

МАТКАСЫМОВА АЙГУЛ АБДИМАНАПОВНА

**НАНОСТРУКТУРЫ НА ОСНОВЕ ВИСМУТА И СУРЬМЫ ИЗ
ИМПУЛЬСНОЙ ПЛАЗМЫ**

02.00.01 – «Неорганическая химия»

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата химических наук

Бишкек – 2012

Работа выполнена в лаборатории нанотехнологии Института химии и химической технологии Национальной Академии наук Кыргызской Республики

Научный руководитель: доктор химических наук, профессор
Сулайманкулова Саадат Касымбаевна

Официальные оппоненты: доктор химических наук, профессор
Джунушалиева Тамара Шаршенкуловна

кандидат химических наук, доцент
Муксумова Зуура Сыдыкбековна

Ведущая организация: Кафедра общей и биоорганической химии
КГМА им. И.К. Ахунбаева

Защита диссертации состоится 28 июня 2012 года в 9.00 часов на заседании межведомственного диссертационного совета Д.02.12.004 при Институте химии и химической технологии Национальной Академии наук Кыргызской Республики по адресу: 720071, г. Бишкек, проспект Чуй 267.

С диссертацией можно ознакомиться в центральной научной библиотеке Национальной Академии наук Кыргызской Республики по адресу: 720071, г. Бишкек, проспект Чуй, 265-а.

Автореферат разослан 24 мая 2012 г.

Ученый секретарь межведомственного
диссертационного совета,
кандидат химических наук,
старший научный сотрудник

Ахматова Ж.Т.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Массивные висмут и сурьма, и их соединения в силу необычных физических, химических и биологических свойств широко используются в альтернативной энергетике, в приборостроении и электронике, создании солнечных элементов и медицине.

Для лечения заболеваний, связанных с нарушением обмена веществ, а также для профилактики и лечения вирусных инфекций, например, СПИДа, разработан лекарственный препарат на основе висмута, который получают смешиванием рассчитанных количеств солей (0,1-5%) висмута, ртути, мышьяка, бора, самария и сурьмы с ромбоэдрической кристаллической структурой (Патент № 103225 США, Revici E., 1989.).

В результате облучения высокочистого висмута потоком нейтронов образуется полоний-210 (^{210}Po), источник альфа-излучения. Полоний-210 применяется в альфа-нейтронных источниках. Энергию α -частиц ^{210}Po можно преобразовать в электрическую энергию. Электрические "атомные" батарейки с ^{210}Po , обладающие длительным сроком службы, применялись, в частности, на спутниках "Космос-84" и "Космос-89". Висмут имеет самый низкий коэффициент теплопроводности, поэтому расплав висмута используется как единственный теплоноситель в атомных реакторах (Справочник МНТЦ, 2005.).

Известно, что свойства наноматериалов кардинально отличаются от свойств обычных материалов. Каталитическая, биологическая, сорбционная активность наноструктур на несколько порядков выше, чем у массивных материалов, благодаря размерному эффекту (Елисеев А.А., Лукашин А.В., 2010.).

Нанобиокомпозиты на основе коллоидных солей висмута в виде жидких и твердых лекарственных форм уже получили широкое распространение в медицинской практике. Большая активность наночастиц висмута к бактериям типа картофельной палочки позволит решить важную в настоящее время проблему сохранения урожая зерновых (Михайлов К.Ю., 2005.).

Наноструктуры висмута и сурьмы мало изучены. Впервые нанотрубки висмута и сурьмы ромбоэдрической структуры были получены китайскими исследователями при давлении >73 атм. и температуре 200°C восстановлением солей данных металлов гидротермальным способом (Wang D., Yu D., Peng Y. et al., 2003.). Синтез и изучение наноструктур данных полуметаллов в качестве теплоносителей, прекурсоров для получения ^{210}Po , строительных блоков при создании новейших наноматериалов и наноустройств вызывают значительный интерес как с фундаментальной точки зрения, так и с точки зрения их практического применения.

Использование наноструктур висмута и сурьмы сдерживается несовершенством используемых способов синтеза. Например, гидротермальный метод синтеза наноструктур взрывоопасен и требует наличия толстостенных автоклавов из специальных видов стали. Использование растворов солей и восстановителей не позволяет получать достаточно чистые нанотрубки висмута и сурьмы. Кроме того, невозможно использование автоклавов больших размеров из-за чрезвычайных условий протекания гидротермального процесса, т.е. нет возможности синтеза достаточных количеств нанотрубок.

Наиболее приемлемым и актуальным является прямой непрерывный синтез наноструктур висмута и сурьмы без использования восстановителей и солей в безопасных условиях с сокращением стадий производства.

Как правило, формирование наноструктур протекает под воздействием концентрированных видов энергии: плазменных струй, электронных потоков, высоких давлений и температур.

Нами предлагается наноструктурирование висмута и сурьмы воздействием энергии импульсной плазмы, создаваемой в жидких средах.

Импульсная плазма в жидкостях (ИПЖ) - одно из наиболее эффективных и локализованных воздействий на твердое тело (Лазаренко Б.Р., Лазаренко Н.И., 1957.). Этот способ наноструктурирования твердого тела по аппаратному оформлению прост, экономичен и доступен. Кроме того, при постоянной подаче энергии возможен непрерывный синтез. Данный метод позволяет получать наноструктурные материалы с большим разнообразием состава, строения, форм и размеров (Сулайманкулова С.К., Асанов У.А., 2002).

В данной работе представлены результаты актуальных исследований по синтезу, выделению и анализу наноструктур сурьмы и висмута, формирующихся в результате коллективного воздействия (синергетики) на твердое тело ИПЖ, природы среды (жидкости), в которой протекает наноструктурирование, и природы наноструктурируемого элемента.

Исследовательские работы последних 25-30 лет, проводимые в лаборатории нанотехнологии ИХХТ НАН КР, показали, что наноструктурирование твердого тела с использованием энергии импульсной плазмы, создаваемой между двумя электродами, помещенными в жидкую среду, надежный и эффективный способ получения наноматериалов на основе висмута и сурьмы.

Связь темы диссертации с крупными научными программами, основными научно-исследовательскими работами.

Работа выполнена в соответствии с планом научно-исследовательских работ Института химии и химической технологии Национальной Академии наук Кыргызской Республики по проекту «Разработка технологических

способов переработки металлических руд, минерального и органического сырья Кыргызской Республики с целью создания новых материалов» (номер государственной регистрации 0003939). Раздел - «Создание новых материалов на основе высоких технологий». Подпроект «Наноматериалы из импульсной плазмы в жидкости».

Цель работы: Синтез наноструктур висмута и сурьмы с использованием импульсной плазмы, создаваемой в различных жидкостях. Изучение фазового состава и морфологии наноструктур, полученных благодаря синергетике импульсной плазмы, природы диспергируемого металла и жидкой среды.

Задачи исследования:

- Наноструктурирование висмута и сурьмы в различных жидких средах с использованием энергии импульсной плазмы.
- Физико-химический анализ продуктов наноструктурирования висмута и сурьмы: фазовый состав, дисперсность, структура и габитус наночастиц и нанотрубок.
- Анализ результатов исследований с использованием кластерной модели жидких металлов и самоорганизации наноструктур.
- Определение областей применения полученных наноструктур.

Научная новизна полученных результатов. Впервые с использованием импульсной плазмы, создаваемой в различных жидких средах, были получены металлические, сульфидные, оксидные нанотрубки и наночастицы на основе висмута и сурьмы.

Практическая значимость полученных результатов. Результаты исследования могут быть использованы для направленной разработки технологий самоорганизации наноструктур сурьмы и висмута в импульсной плазме с целью получения наноматериалов для различных отраслей экономики Кыргызстана. Имеет большой смысл испытать наноструктуры висмута и сурьмы в качестве прекурсоров для теплоносителей в атомных реакторах, прекурсоров для получения наномодифицированного ^{210}Po - источника α -частиц. Энергию α -частиц можно преобразовать в дешевую электрическую энергию. На основе наномодифицированного ^{210}Po можно создавать более совершенные "атомные" батарейки с ^{210}Po , обладающие длительным сроком службы. Наноструктуры висмута и сурьмы могут стать основой для медицинских препаратов при лечении заболеваний, связанных с нарушением обмена веществ, а также для профилактики и лечения вирусных инфекций, например, СПИДа. Использование наноструктур позволит разработать более действенные лекарственные препараты с гораздо меньшим содержанием висмута в сравнении с обычными соединениями этого металла.

Экономическая значимость полученных результатов. Внедрение нанотехнологических способов синтеза наноматериалов на основе висмута и

сурьмы позволит создать новые продвинутое технологии для Кыргызстана и выйти на внешний рынок с новыми видами продукции.

Получены патенты Кыргызской республики: №1080, 2007 г. «Способ получения нанотрубок висмута и сурьмы»; № 1328, 2010 г. «Способ получения углеродных нанотрубок и наноалмазов»; № 1284, 2010 г. «Способ получения пленок нанокристаллического кремния». На основе полученных патентов в настоящее время разрабатываются технологии самоорганизации наноструктур в импульсной плазме, создаваемой в жидкостях и газах.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

1. Синтез наноструктур висмута и сурьмы в различных жидких средах с использованием импульсной плазмы.

2. Результаты рентгенофазового, фотометрического, кулонометрического, гранулометрического анализов, электронно-микроскопического изучения полученных наноматериалов в зависимости от природы жидких сред и природы наноструктурируемого материала.

3. Интерпретация результатов экспериментально-научных особенностей самоорганизации наноструктур висмута и сурьмы в импульсной плазме.

Личный вклад соискателя. В основу диссертационной работы положены результаты научных исследований, выполненных непосредственно автором в период с 2003 по 2011гг. Работа выполнена в лаборатории «Нанотехнологии» Института химии и химической технологии НАН КР. Автор самостоятельно разработал синтез наноструктур висмута и сурьмы, провел экспериментально-научную интерпретацию результатов эксперимента.

Апробации результатов исследования. Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на: научно-практической конференции «Нанотехнологии в медицине» (КГМА, Бишкек, 2008); International Workshop on Transition Metal Clusters (IWTMC) (University de Rennes 1, France, 2008); Международном II-м конкурсе молодых исследователей «Наноматериалы для водородной энергетики» (МИТХТ им. М.В. Ломоносова, Москва, 2008, 2009); XIII Международном Менделеевском конкурсе научных исследований молодых ученых по химии и химической технологии (РХТУ им. Д.И. Менделеева, Москва, 2008); научной сессии МИФИ–2009 «Ультрадисперсные (нано-) материалы» (МИФИ, Москва, 2009); Международной конференции «Перспективы нанотехнологий в Центральной Азии» (ИХиХТ НАН КР, Бишкек, 2010, 2011).

Полнота отражения результатов диссертации в публикациях. Материалы диссертационной работы опубликованы в 18 печатных работах: из них 10 - научных статей, 5 - тезисов и 3 - патента КР.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, двух глав, выводов, приложения и списка использованных

литературных источников. Работа изложена на 103 страницах машинописного текста, содержит 50 рисунков и 5 таблиц. Библиографический список состоит из 155 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Глава 1. В литературном обзоре освещены основы самоорганизации наноструктурных материалов. Дан анализ литературной информации о природе наночастиц, нанотрубок сурьмы и висмута, способах их синтеза. Изложены положения кластерной модели металлических расплавов и влияние сверхкритического состояния среды на формирование наноструктур. Если частица имеет размеры, превышающие 100 нм, то в качестве характеристического рассматривают не линейный размер частицы в целом, а размер ее структурного наноэпизода.

Глава 2. Экспериментальная часть.

Материалы и методы исследования. Материалами для синтеза служили металлический висмут (чистотой 98,98%-99,99%) и металлическая сурьма (чистотой 98,99%-99,99%). В качестве среды использовали: 1) толуол; 2) бензол; 3) этиловый спирт; 4) винную кислоту; 5) диметилсульфоксид; 6) N,N-диметилформамид; 7) поливинилакрилат (ПВА); 8) дистиллированную воду.

Рентгенофазовый анализ (РФА) проводился по методу порошка на дифрактометрах ДРОН-3, ДРОН-6 и Rigaku RINT-2500 с Cu K α - излучением ($\lambda=1,54187\text{\AA}$).

Электронно-зондовая микроскопия проведена с использованием JСХА-733JEOL. Общим для всех сканирующих зондовых микроскопов является способ получения информации о свойствах поверхности исследуемых образцов.

Сканирующая электронная микроскопия (СЭМ) предназначена для получения изображения поверхности объекта с высоким пространственным разрешением (несколько нанометров), а также информацией о составе, строении и некоторых других свойствах приповерхностных слоёв. Был использован электронный микроскоп марки JEOL JSM-6490LA с энергодисперсионным анализатором.

Просвечивающая электронная микроскопия высокого разрешения позволяет наблюдать двухмерный контраст от нанокристалла, находящегося в отражающем положении. ПЭМ ВР также позволяет идентифицировать фазовый состав наноструктурных материалов. Использован JEOL-200FX.

Гранулометрический анализ был проведен на Beckman Coulter. Частицы с размерами в диапазоне от 1 до 1000нм изучены с использованием N4 Plus

Submicron Particle Size Analyzer, частицы с размерами от 0,04 до 2000мкм - на приборах серии LS 13 320 Aqueous Liquid Module дифракционным методом.

Кулонометрический анализ позволяет по числу кулонов, израсходованных на электрохимическое превращение вещества, судить о количестве израсходованной энергии. Кулонометрия основана на законах Фарадея.

Статистическая обработка данных проводилась с использованием программы OriginPro 7,5 и Microsoft Excel 2003, Hyper Chem. Professional 2002, Microsoft Office Picture Manager, Photoshop и Paint.

Импульсная плазма, создаваемая в жидкостях. Единичный импульс имеет чрезвычайно малую длительность (10^{-3} - 10^{-5} с), высокую плотность тока (10^6 - 10^8 А/см²), очень высокую температуру в канале разряда (10^4 - 10^5 К) и давление -3-10кбар и распространяется в объеме 10^{-3} - 10^{-4} см³, т.е. характеризуется локализованностью воздействия на твердое тело. Энергии единичного импульса (0,05Дж) достаточно для диспергирования любого тугоплавкого токопроводящего материала с формированием наноструктур.

Наноструктуры висмута и сурьмы из импульсной плазмы в жидкостях. Наночастицы висмута и сурьмы.

Продукт диспергирования висмута в бензоле

Диспергирование висмута чистотой 99,97% проводилось в импульсной плазме, создаваемой в бензоле и абсолютном бензоле (высушенном металлическим натрием) при напряжении - 220В и силе тока 6А, энергии единичного импульса - 0,05Дж. При сближении электродов между ними возникает единичный искровой импульс за счет энергии, запасенной в конденсаторах.

На дифрактограмме продукта диспергирования висмута в бензоле обнаружены линии двух фаз: металлического висмута и оксида висмута – β - Bi_2O_3 . Частицы металлического висмута проиндцированы в ромбоэдрической сингонии (пространственная группа $R\bar{3}m, 166$) с параметрами решетки: $a=4,552\text{\AA}$ и $c=11,856\text{\AA}$. Рефлексы с индексами hkl (221, 002, 400, 223) отнесены к метастабильной тетрагональной модификации β - Bi_2O_3 (структурный тип $P42_1c(114)$; $a=7,743\text{\AA}$ и $c=5,630\text{\AA}$). По данным фотометрического анализа продукт диспергирования висмута в бензоле содержит 86,30% металлических наночастиц и 13,70% оксидных частиц.

На ПЭМ ВР снимке видны (рис.1,слева) отдельные сферические наночастицы продукта диспергирования висмута. Анализ диаграммы распределения частиц по размерам, полученный с использованием N4 Plus Submicron Particle Size Analyzer, показал, что в продукте диспергирования висмута в бензоле (рис.1,справа) содержится 99,5% частиц с размерами - 3-7нм.

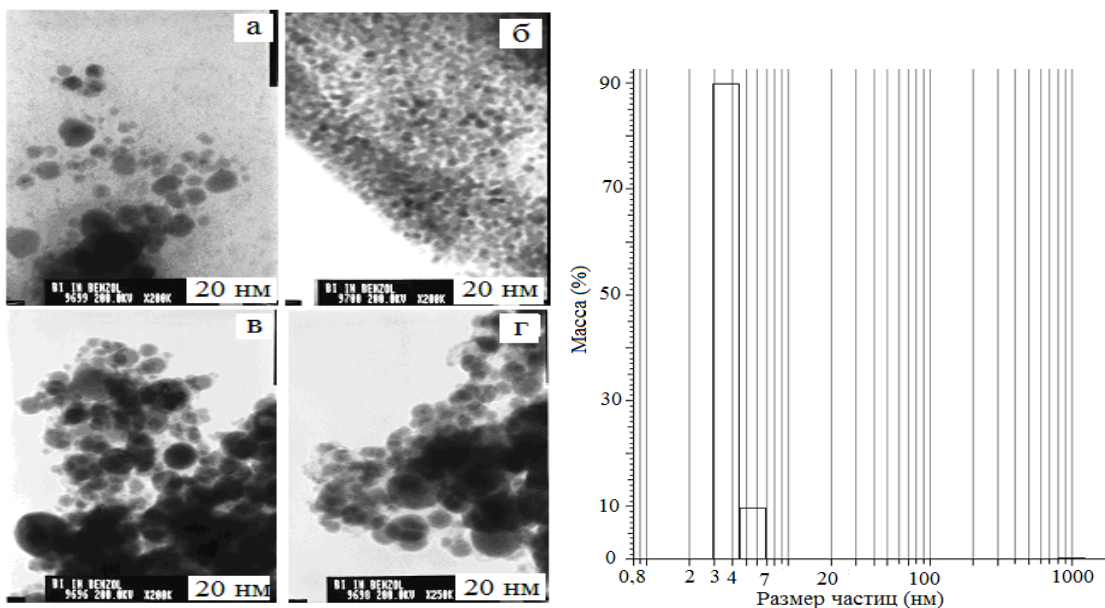


Рис.1.Электронно-микроскопические снимки ПЭМ ВР (слева) и диаграмма распределения (справа) сферических наночастиц висмута, полученных в бензоле.

На дифрактограмме продукта наноструктурирования висмута в абсолютном бензоле (рис.2,слева) обнаружены линии металлического висмута в моноклинной модификации $C2/m(12)$ с параметрами кристаллической решетки: $a=6,721\text{\AA}$, $b=6,125\text{\AA}$, $c=3,274\text{\AA}$, $\beta=111,65^\circ$. Результаты ПЭМ ВР анализа показали образование ограниченных наночастиц висмута в абсолютном бензоле со средним размером 50-70нм (рис.2, справа).

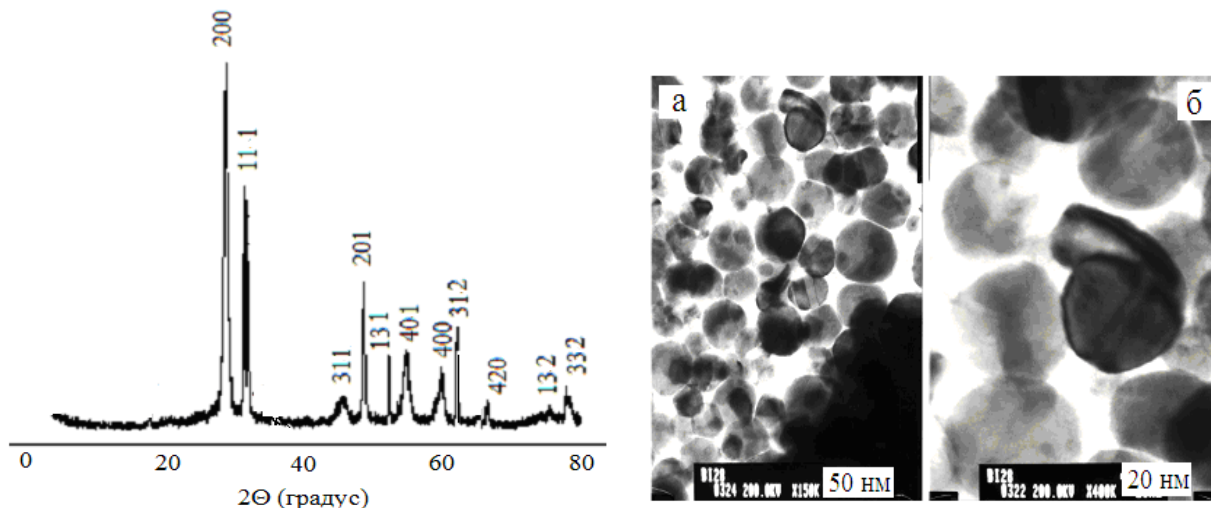


Рис.2.Дифрактограмма (слева) и ПЭМ ВР снимки (справа) продукта диспергирования висмута в абсолютном бензоле.

Наноструктурирование сурьмы в бензоле и толуоле

Далее диспергирование сурьмы проводилось в бензоле и толуоле. Анализ дифрактограммы и электронно-микроскопические снимки продукта диспергирования сурьмы в бензоле (рис.3а,б), показали, что образуются

сферические наночастицы металлической сурьмы, кристаллизующаяся в ромбоэдрической сингонии (пространственная группа $R\bar{3}m, 166$) с параметрами кристаллической решетки: $a=4,304\text{\AA}$, $c=11,27\text{\AA}$. При диспергировании сурьмы в толуоле (рис.4в) формируются сферические наночастицы металлической сурьмы, кристаллизующиеся в кубической сингонии (пространственная группа $Pm\bar{3}m, 221$), $a=2,98\text{\AA}$. Также обнаружены две линии (отмеченные квадратиками) оксида сурьмы орторомбической модификации.

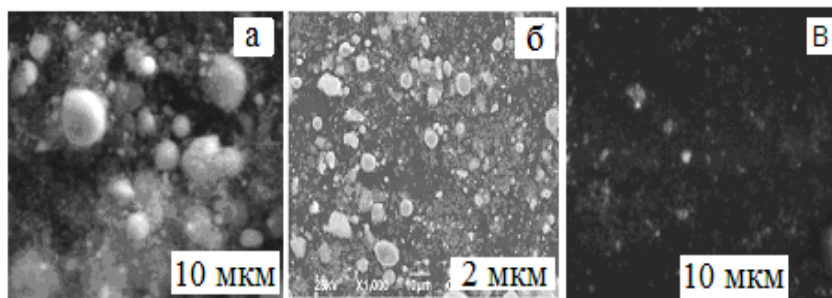


Рис.3.Электронно-микроскопические снимки сферических наночастиц сурьмы, полученных в бензоле (а,б) и в толуоле (в).

По результатам гранулометрического анализа образца сурьмы, полученного в бензоле: 15,5% частиц - с размерами 133-237нм, остальные 84,5% со средним размером - 1000нм. Диаграмма распределения по размерам частиц в толуоле позволила установить, что размер частиц лежит в диапазоне 0,545-3мкм.

Диспергирование сурьмы в ДМСО и ДМФА.

На дифрактограммах продуктов диспергирования сурьмы с использованием импульсной плазмы в диметилсульфоксиде (ДМСО, $(\text{CH}_3)_2\text{SO}$) и N,N' -диметилформамиде (ДМФА, $\text{C}_3\text{H}_7\text{ON}$) обнаружены линии металлической сурьмы и оксида Sb_2O_3 . Металлическая сурьма кристаллизуется в ромбоэдрической сингонии (пространственная группа $R\bar{3}m, 166$); $a=4,314\text{\AA}$ и $c=11,29\text{\AA}$ (в случае ДМСО), и $a=4,315\text{\AA}$ и $c=11,30\text{\AA}$ (в случае ДМФА). Кубический оксид Sb_2O_3 (симметрия $O7h$) с параметром решетки: $a=11,19\text{\AA}$ образуется и в ДМСО, и в ДМФА.

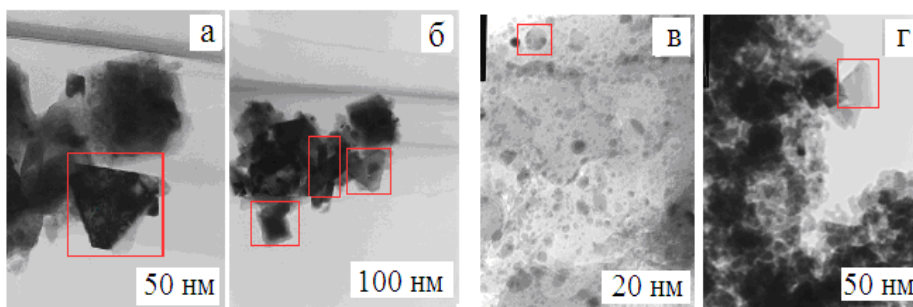


Рис.4.ПЭМ ВР снимки наночастиц сурьмы в ДМСО (а,б) и в ДМФА (в,г).

Результаты электронно-микроскопических исследований (ПЭМ ВР) показали, что при диспергировании сурьмы в ДМСО образуются наночастицы сурьмы в виде многогранников различного размера (рис.4а,б), также как и в ДМФА (рис.4в,г).

По результатам гранулометрического анализа установлено, что при диспергировании сурьмы в ДМФА образуются более мелкие наночастицы сурьмы, чем в ДМСО.

Нанотрубки висмута и сурьмы.

Синтез нанотрубок висмута и сурьмы в дистиллированной воде.

Образование нанотрубок висмута и сурьмы в импульсной плазме обусловлено графитоподобной структурой этих металлов.

Рентгенофазовый анализ продукта диспергирования висмута в воде при комнатной температуре (рис.5,слева) обнаруживает две фазы: металлического висмута и следов оксида висмута - α - Bi_2O_3 (моноклинной модификации, структурный тип $\text{P}2_{1/c}14$). Частицы металлического висмута проиндицированы в ромбоэдрической сингонии (пространственная группа $\text{R}3\text{m}, 166$) с параметрами кристаллической решетки: $a=4,55\text{\AA}$ и $c=11,86\text{\AA}$. Более детально наночастицы висмута в воде были исследованы с помощью электронной сканирующей микроскопии. Из снимка (рис.5а) видно, что полученные частицы висмута сильно агломерированы, средний размер - 0,8-1,5мкм.

На дифрактограмме продукта диспергирования сурьмы в дистиллированной воде комнатной температуры обнаружены линии трех фаз: металлическая сурьма, оксид Sb_2O_3 в двух модификациях (орторомбический валентинит и кубический сенармонтит). Частицы металлической сурьмы проиндицированы в ромбоэдрической сингонии (пространственная группа $\text{R}3\text{m}, 166$) с параметрами решетки: $a=4,301\text{\AA}$ и $c=11,29\text{\AA}$. Орторомбический Sb_2O_3 (симметрия $\text{D}^{10}_{2\text{h}}$) имеет параметры решетки: $a=4,914\text{\AA}$, $b=12,47\text{\AA}$, $c=5,422\text{\AA}$, а кубический Sb_2O_3 (симметрия O^7_{h}) с параметром решетки: $a=11,152\text{\AA}$.

На электронно-микроскопическом снимке образца (рис.5,справа, сверху) видны как сферические, так и трубчатые образования. Количественный микроанализ продукта диспергирования сурьмы в воде (рис.5,справа) показал, что образец на 88,39% состоит из металлической сурьмы, остальные 11,61% приходятся на оксид сурьмы, что подтверждается данными фотометрического анализа: металлическая сурьма - 88,09%, Sb_2O_3 - 11.91%.

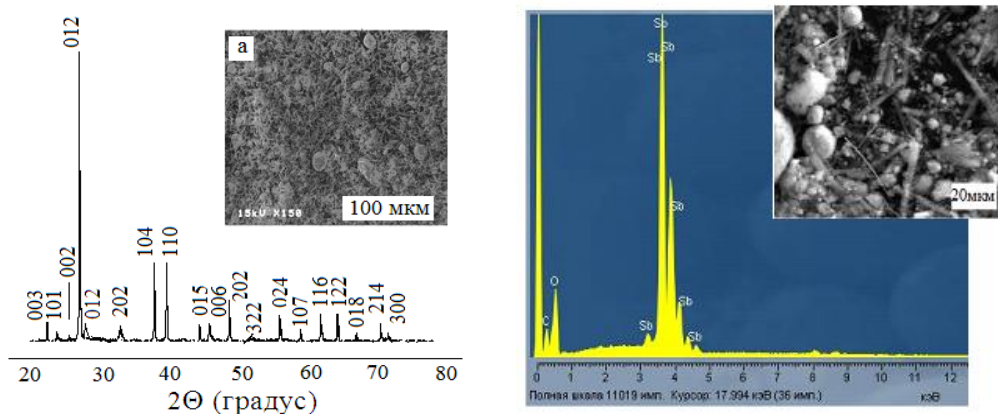


Рис.5. Дифрактограмма и СЭМ снимок продукта диспергирования висмута в воде (слева); электронно-зондовый микроскопический снимок и количественный микроанализ продукта диспергирования сурьмы в воде (справа).

При обработке продуктов диспергирования висмута и сурьмы в воде 20% раствором винной кислоты были выделены чистые нанотрубки.

На дифрактограммах продуктов диспергирования висмута и сурьмы в воде, обработанных 20% раствором винной кислоты, обнаружены чистые линии нанотрубок этих металлов с ромбоэдрической структурой (пространственная группа $R\bar{3}m, 166$) с параметрами кристаллической решетки: $a=4,546\text{Å}$ и $c=11,86\text{Å}$ для висмута, $a=4,308\text{Å}$ и $c=11,28\text{Å}$ для сурьмы. На электронно-микроскопических снимках (СЭМ) четко видны нанотрубки висмута и сурьмы (рис.6 а-в). Количественный микроанализ этих продуктов показал, что они на 99,8 % и 99,5% состоят, соответственно, из металлического висмута и сурьмы.

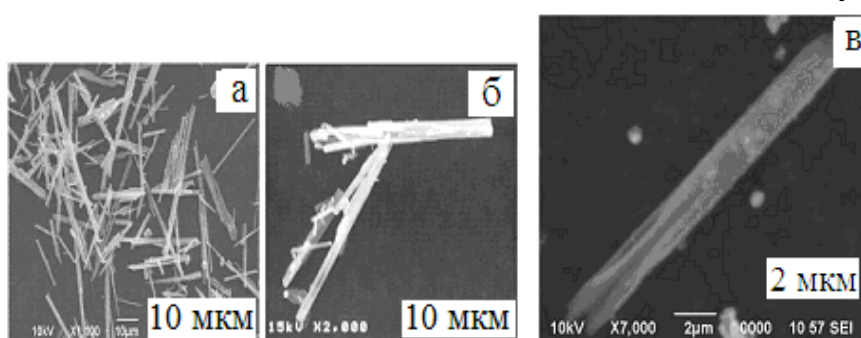


Рис.6. СЭМ снимок продукта диспергирования висмута в воде, обработанного 20% раствором винной кислоты (а,б); то же для сурьмы (в).

На ПЭМ ВР снимках (рис.7а-в) видны многослойные прямые нанотрубки висмута с открытыми и с закрытыми концами диаметром 300-500 нм и длиной до 1 мкм. Диаграмма распределения нанотрубок висмута в воде показала, что частиц размером 1-1,7 нм - 0,5%, с размерами от 91,5 нм до 1000 нм - 66,3% и с размерами 1 мкм - 33,2%.

На (рис.7г,д) видны индивидуальные одностенные нанотрубки сурьмы с

открытыми концами с диаметром 7-40нм и с длиной 200-300нм. Также видны конгломераты (рис.7е), которые при более близком рассмотрении оказались скоплениями более мелких нанотрубок. На (рис.7е) показан увеличенный снимок индивидуальной многослойной нанотрубки. Видно, что расстояние между слоями многослойной нанотрубки сурьмы - 0,32нм.

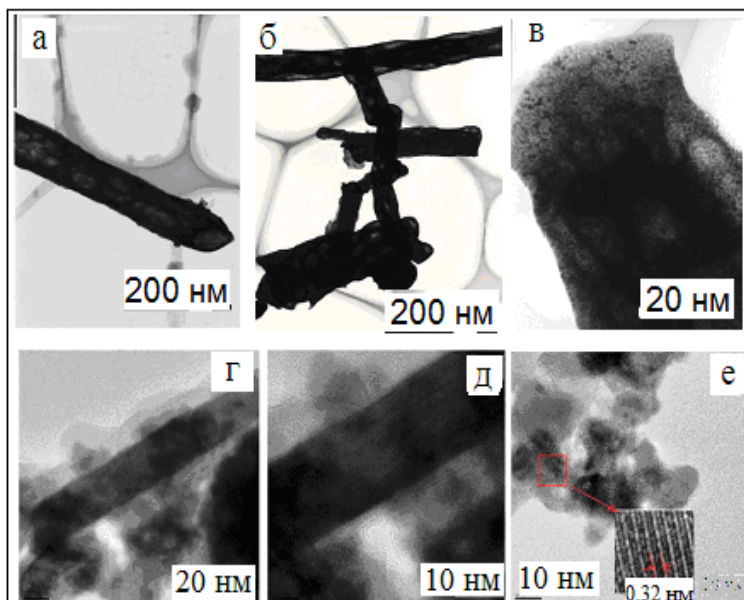


Рис.7.ПЭМ ВР снимок нанотрубки висмута (а,б,в) и сурьмы (г,д,е), полученных в воде после очистки раствором винной кислоты.

Гранулометрический анализ образца сурьмы из импульсной плазмы в воде до очистки раствором винной кислоты показал, что частиц размером 3-5нм - 0,3%, а остальные 99,7% - частицы с размерами от 119,4 до 587,8нм. После очистки раствором винной кислоты образец сурьмы содержит 90,8% нанотрубок сурьмы с размерами 7-40нм и 9,2% - с размерами 800-1200нм.

Было проведено наноструктурирование висмута и сурьмы в дистиллированной воде, охлажденной до 4°C. Продукт диспергирования висмута содержал две оксидные фазы: β - Bi_2O_3 и $\text{Bi}_2\text{O}_{2,33}$, в то время как сурьма диспергируется с формированием частиц металлической сурьмы и оксида сурьмы Sb_2O_3 . β - Bi_2O_3 и $\text{Bi}_2\text{O}_{2,33}$ кристаллизуются в тетрагональной сингонии. Пространственная группа для β - Bi_2O_3 - P4b2,117 (параметры кристаллической решетки: $a=7,824\text{\AA}$, $c=5,613\text{\AA}$). Для $\text{Bi}_2\text{O}_{2,33}$ пространственная группа $14/mmm,139$ (параметры кристаллической решетки: $a=3,85\text{\AA}$, $c=35,1\text{\AA}$). Частицы металлической сурьмы проиндицированы в ромбоэдрической сингонии (пространственная группа R3m,166) с параметрами решетки: $a=4,304\text{\AA}$ и $c=11,27\text{\AA}$. Кубический Sb_2O_3 (симметрия O^7_h) имеет параметр элементарной ячейки: $a=11,15\text{\AA}$. На СЭМ снимке образцов висмута и сурьмы обнаружены сферические наночастицы.

Таким образом, при диспергировании висмута и сурьмы в дистиллированной воде при комнатной температуре образуются нанотрубки этих металлов, при пониженной до 4°C температуре воды - сферические наночастицы тетрагональных $\beta\text{-Bi}_2\text{O}_3$, $\text{Bi}_2\text{O}_{2,33}$ и Sb .

После обработки 20% раствором винной кислоты продуктов диспергирования висмута и сурьмы в воде получены чистые и мелкие нанотрубки висмута и сурьмы.

На дифрактограмме продукта диспергирования сурьмы в импульсной плазме в растворе 0,0025% винной кислоты обнаружены рефлексы, характерные для металлической сурьмы и оксида сурьмы. Металлическая сурьма кристаллизуется в ромбоэдрической сингонии (пространственная группа $R\bar{3}m, 166$) с параметрами кристаллической решетки: $a=4,314\text{\AA}$ и $c=11,28\text{\AA}$ и Sb_2O_3 в кубической сингонии (симметрия O_h^7) с параметром решетки: $a=11,18\text{\AA}$.

Далее были проведены эксперименты по наноструктурированию висмута и сурьмы в дистиллированной воде с содержанием винной кислоты для проверки предположения о том, что в этом случае возможно образование чистых нанотрубок этих металлов в осадке и переход их оксидов в раствор винной кислоты. Но, против ожидания, продукт диспергирования висмута в 0,0025% растворе винной кислоты по результатам рентгенографического анализа содержит только оксиды висмута тетрагональной модификации: $\beta\text{-Bi}_2\text{O}_3$ (пространственная группа $P_4b2, 117$) с параметрами кристаллической решетки: $a=7,787\text{\AA}$, $c=5,616\text{\AA}$ и $\text{Bi}_2\text{O}_{2,33}$ (пространственная группа $14/mmm, 139$) с параметрами кристаллической решетки: $a=3,88\text{\AA}$, $c=35,2\text{\AA}$ без формирования металлических нанотрубок.

Для сурьмы получены металлические нанотрубки. Однако в отличие от нанотрубок, синтезированных в чистой воде, кроме прямых, обнаружены на ПЭМ ВР снимках (рис.8) закрученные нанотрубки сурьмы с закрытыми концами диаметром 3-4нм и длиной до 150нм.

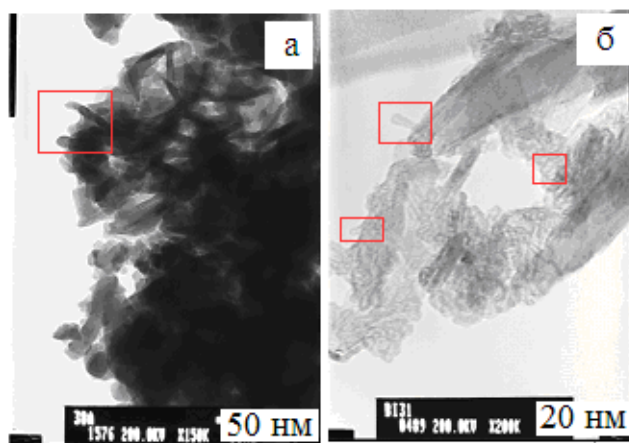


Рис.8.ПЭМ ВР снимки продукта диспергирования сурьмы в растворе 0,0025% винной кислоты.

Нанотрубки оксидов висмута - прямые, с открытыми и закрытыми концами, диаметром 14-22нм и длиной до 4мкм (ПЭМ ВР на рис.9а,б).

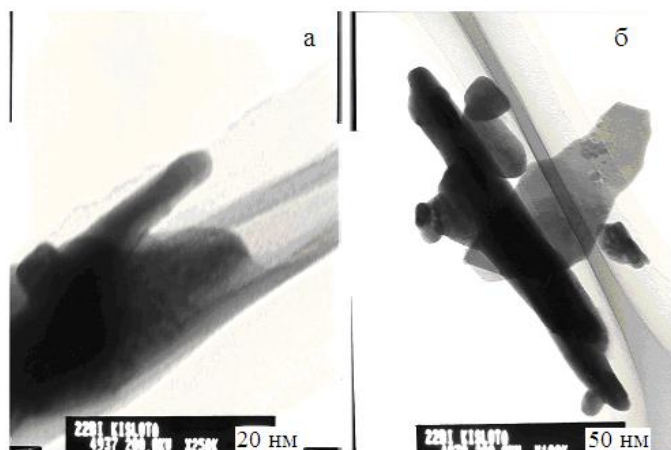


Рис.9.ПЭМ ВР снимки нанотрубок висмута, полученных в растворе 0,0025% винной кислоты.

Нанотрубки висмута и сурьмы, полученные в этиловом спирте

Продукты наноструктурирования висмута и сурьмы в этиловом спирте, изученные с помощью рентгенофазового анализа, содержат соответственно моноклинный висмут и ромбоэдрическую сурьму.

Параметры кристаллической решетки моноклинного висмута: $a=6,696\text{\AA}$, $b=4,145\text{\AA}$, $c=4,704\text{\AA}$, $\beta=86,55^\circ$ (пространственная группа $P2_1/m, 11$). Сурьма, кристаллизующаяся в ромбоэдрической сингонии, имеет параметры решетки: $a=4,305\text{\AA}$ и $c=11,27\text{\AA}$ (пространственная группа $R3m, 166$).

Формирование нанотрубок висмута и сурьмы в этиловом спирте подтверждено просвечивающей электронной микроскопией высокого разрешения. На снимке ПЭМ ВР видны прямые и закрученные нанотрубки висмута (рис.10) и сурьмы (рис.11) с диаметрами 3-20нм и длиной до 100-200нм.

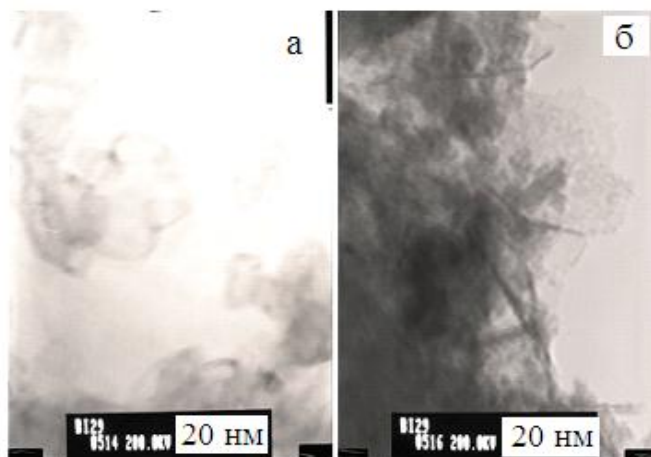


Рис.10.ПЭМ ВР снимки нанотрубок висмута, полученных в этиловом спирте.

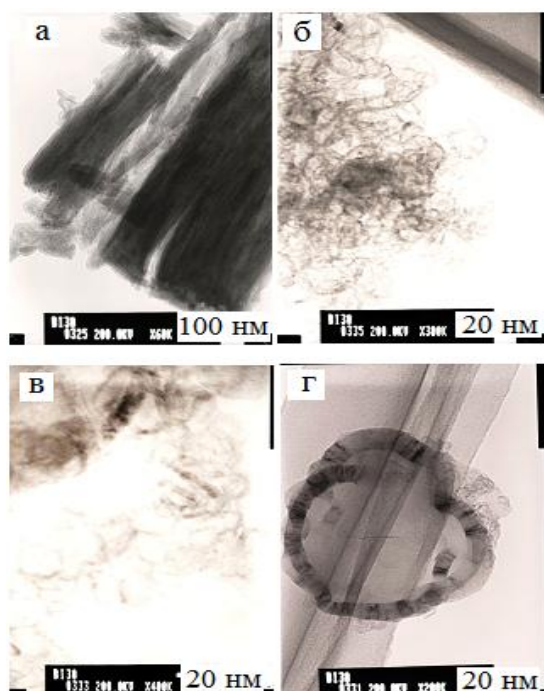


Рис.11.ПЭМ ВР снимки нанотрубок сурьмы, полученных в этиловом спирте.

Для сравнения приведены результаты экспериментов по наноструктурированию висмута и сурьмы в 50% водном растворе этилового спирта. Для висмута получены сферические наночастицы оксидов висмута: тетрагональных β - Bi_2O_3 (пространственная группа $P_4b2(117)$; $a=7,747\text{\AA}$, $c=5,707\text{\AA}$) и $\text{Bi}_2\text{O}_{2,33}$ (пространственная группа $14/mmm(139)$; $a=3,88\text{\AA}$, $c=34,96\text{\AA}$); моноклинной α - Bi_2O_3 (пространственная группа $P2_{1/c}(14)$, $a=5,704\text{\AA}$, $b=9,283\text{\AA}$, $c=7,212\text{\AA}$, $\beta=113^\circ$) форм.

Продукт диспергирования сурьмы в 50% водном растворе этилового спирта состоит из наночастиц (сферических, как и в случае с висмутом) металлической сурьмы и оксида сурьмы. Металлическая сурьма проиндицирована в ромбоэдрической сингонии (пространственная группа $R3m,166$) с параметрами кристаллической решетки: $a=4,304\text{\AA}$ и $c=11,27\text{\AA}$. Кубический оксид Sb_2O_3 (симметрия O_h^7) характеризуется параметром кристаллической решетки $a=11,15\text{\AA}$.

Нанотрубки висмута, полученные в толуоле

При диспергировании висмута в импульсной плазме в толуоле формируются нанотрубки металлического висмута ромбоэдрической сингонии (пространственная группа $R3m,166$) с параметрами решетки: $a=4,55\text{\AA}$ и $c=11,86\text{\AA}$. Образуются короткие прямые нанотрубки металлического висмута диаметром 10-16нм и длиной 40-125нм (ПЭМ ВР снимки на рис.12а,б).

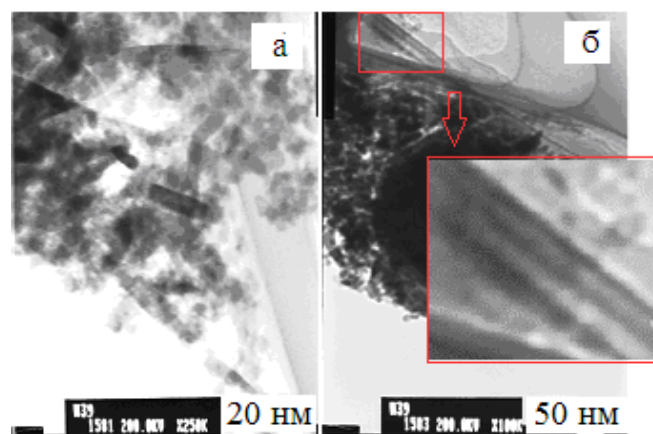


Рис.12.ПЭМ ВР снимки нанотрубок висмута из импульсной плазмы в толуоле.

Нанотрубки висмута из ДМСО и ДМФА

На дифрактограмме (рис.13,слева) продукта диспергирования висмута в диметилсульфоксиде $(\text{CH}_3)_2\text{SO}$ обнаружены сульфид висмута Bi_2S_3 и $\alpha\text{-Bi}_2\text{O}_3$ (две линии, отмеченные звездочками). Bi_2S_3 кристаллизуется в орторомбической сингонии (пространственная группа Pbnm ,62) с параметрами кристаллической решетки: $a=11,06\text{\AA}$, $b=11,37\text{\AA}$, $c=4,01\text{\AA}$.

В $\text{N,N}'$ -диметилформамиде $\text{C}_3\text{H}_7\text{ON}$ обнаружены (рис.13,справа): металлический висмут моноклинной сингонии (пространственная группа $\text{P2}_1/\text{m}$,11) с параметрами кристаллической решетки: $a=6,55\text{\AA}$, $b=4,18\text{\AA}$, $c=4,45\text{\AA}$ и две линии, принадлежащие $\alpha\text{-Bi}_2\text{O}_3$ моноклинной сингонии (пространственная группа $\text{P2}_{1/c}$ (14)), отмеченные звездочкой.

ПЭМ ВР показала наличие нанотрубок Bi_2S_3 (92,8%) в продукте диспергирования висмута в ДМСО (рис.13,слева) с диаметром 20-25нм и длиной 500-1000нм, а в ДМФА (рис.13,справа) формируются также нанотрубки, но металлические (содержание в продукте - 94,6%) диаметром 80-160нм и длиной 1мкм.

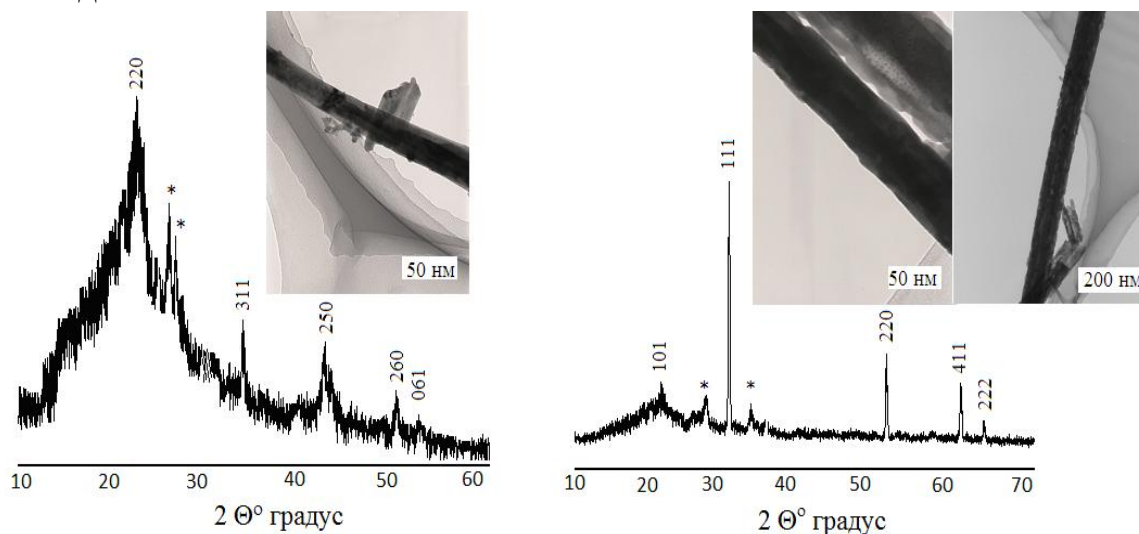


Рис.13.Дифрактограммы и ПЭМ ВР снимки продуктов диспергирования висмута в ДМСО (слева) и в ДМФА (справа).

Нанотрубки висмута и сурьмы из воды с содержанием ПВА

Серые порошки продуктов диспергирования висмута и сурьмы в импульсной плазме в воде с содержанием 0,05% ПАВ (поверхностно активного вещества), в данном случае ПВА (поливинилакрилат), были подвергнуты рентгенофазовому и электронно-микроскопическому анализу.

Анализ дифрактограммы продукта диспергирования висмута в воде с содержанием 0,05% ПВА показал, что в данной среде формируются промежуточные оксиды висмута тетрагональной модификации: β - Bi_2O_3 (пространственная группа $P_{4b2,117}$) с параметрами кристаллической решетки: $a=7,727\text{\AA}$, $c=5,652\text{\AA}$ и $\text{Bi}_2\text{O}_{2,33}$ (пространственная группа $14/mmm,139$) с параметрами кристаллической решетки: $a=3,87\text{\AA}$, $c=35,078\text{\AA}$.

На дифрактограмме продукта диспергирования сурьмы в воде с содержанием 0,05% ПВА, показано, что образуется металлическая сурьма, кристаллизующаяся в ромбоэдрической сингонии (пространственная группа $R3m,166$) с параметрами кристаллической решетки: $a=4,313\text{\AA}$, $c=11,30\text{\AA}$.

На ПЭМ ВР снимке продукта диспергирования висмута и сурьмы в воде с содержанием 0,05% ПВА (рис.14а,б) видны скопления нанотрубок оксидов висмута с закрытыми концами, диаметром 3-7нм и длиной до 400нм, а на (рис.14в) видны нанотрубки металлической сурьмы диаметром 20-40нм и длиной до нескольких микрометров.

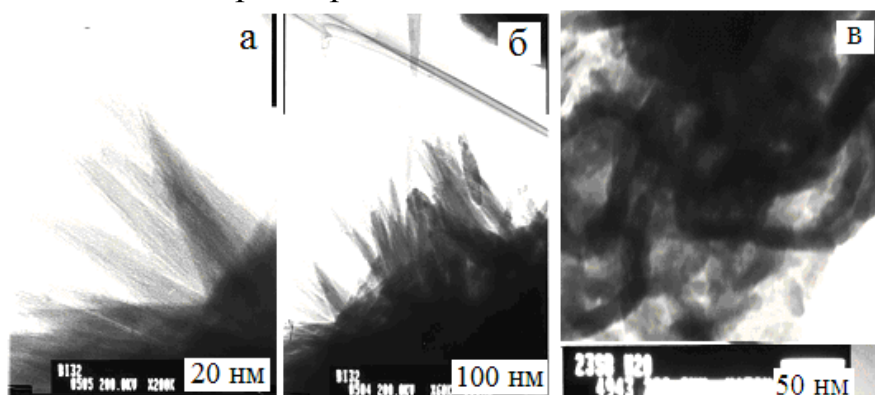


Рис.14.ПЭМ ВР снимки нанотрубки висмута (а,б) и сурьмы (в) в воде с содержанием 0,05% ПВА.

Исследования показали, что при диспергировании висмута в воде с содержанием ПВА получают нанотрубки оксида висмута с меньшими размерами, чем в растворе винной кислоты.

Мы попытались, используя уже известные исследования и положения кластерной модели жидких металлов и основ синергетики, интерпретировать полученные результаты по синтезу и исследованию наноструктур висмута и сурьмы из импульсной плазмы.

Параллельно с данными исследованиями, в лаборатории нанотехнологии разрабатывались направления по синтезу углеродных наноструктур:

фуллеренов, нанотрубок, наноалмаза, в которых участвовал и автор данной работы. Формирование углеродных нанотрубок при прямом синтезе обусловлено слоистой кристаллической решеткой графита. При диспергировании графита с использованием энергии дуговой либо импульсной плазмы формируются графитовые слои, сворачивающиеся в нанотрубки. Возможно образование и фуллеренов, и наноалмазов с кубической кристаллической решеткой (Жаснакунов Ж.К., 2010.).

Металлические висмут и сурьма также имеют слоистую ромбоэдрическую (тригональную) кристаллическую структуру, очень близкую к кубической гранецентрированной с гофрированными гексагональными слоями, подобными плоским слоям в графите (Данильчук Л.Н., Окунев А.О., Тимофеева Ю.В. и др., 2005.). Исходя из этого, мы предположили, что для висмута и сурьмы возможен прямой синтез нанотрубок их наноструктурированием в импульсной плазме.

Для висмута ромбоэдрическая модификация при определенных температуре и давлении переходит в более плотную моноклинную II. При давлении 2,72 ГПа происходит переход моноклинной II в моноклинную III (Юхин Ю.М., Михайлов Ю.И., 2001.).

Известны четыре аллотропных модификации сурьмы, существующих при различных давлениях: ромбоэдрическая (тригональная), которая при давлении ~5,5 ГПа переходит в более плотную кубическую модификацию (Рабинович В.А., Хавин З.Я., 1991.).

Таким образом, благодаря полиморфизму висмута и сурьмы, возможно формирование как нанотрубок из ромбоэдрических сурьмы и висмута, так и наночастиц сферической и других форм более плотных кристаллических модификаций. Это касается и соединений этих элементов.

Действительно, при наноструктурировании висмута и сурьмы, кроме уже известных ромбоэдрических нанотрубок этих металлов, были впервые получены моноклинные нанотрубки висмута, моноклинные наночастицы металлического висмута, сферические наночастицы кубической сурьмы. Ниже мы попытаемся объяснить формирование той или иной модификации или формы наноструктур висмута и сурьмы из ИПЖ.

Понижение симметрии металлического ромбоэдрического висмута, при переходе в качестве среды от дистиллированной воды к чистому этанолу, до моноклинной мы объясняем внедрением атомов углерода в кристаллическую решетку ромбоэдрического висмута и формированием моноклинных нанотрубок висмута.

При понижении температуры воды до 4°C протекает формирование плотных кластеров воды с достаточно прочными связями (рис.15). Это, в свою очередь, приводит к ослаблению связи Н-О с повышением окислительной способности молекул воды и образованию оксида висмута в холодной воде (Бордина Г.Е., Зубарева Г.М., Рощина И.А., 2009.). Такое же структурирование

воды возникает и при добавке в нее винной кислоты, ПВА и этилового спирта. В перечисленных средах также образуются оксиды висмута.

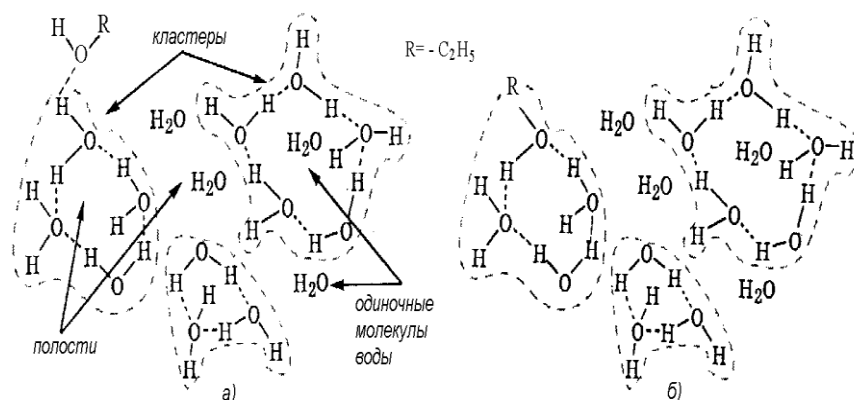


Рис.15.Механизм формирования кластеров воды в присутствии молекул этанола C_2H_5OH (Бордина Г.Е., Зубарева Г.М., Рощина И.А., 2009.).

При диспергировании висмута в бензоле марки «х.ч.», кроме металлических наночастиц висмута, образуются наночастицы $\beta-Vi_2O_3$, что объясняется присутствием воды в бензоле. В абсолютном бензоле формируются ограненные наночастицы металлического висмута с пониженной моноклинной симметрией. Понижение симметрии нанокристаллов висмута при переходе из бензола марки «х.ч.» в абсолютный бензол объясняем внедрением углерода в кристаллическую решетку висмута. Формирование более совершенных сферических ромбоэдрических наночастиц висмута в бензоле, содержащем молекулы воды, связано с тем, что углерод в газовом пузыре реагирует с водой, образуя CO и CO_2 , и покидает зону реакции.

Уплотнение кристаллической решетки сурьмы с переходом от ромбоэдрической к кубической структуре, при переходе в качестве среды от бензола к толуолу связано с содержанием водорода в этих углеводородах. В газовом пузыре, формирующемся в толуоле, концентрация водорода выше, чем при формировании газового пузыря в бензоле. Водородное давление при этом в газовом пузыре, формирующемся в толуоле, выше, чем в бензоле, то есть в толуоле происходит уплотнение наночастиц сурьмы.

Импульсная плазма приближается по своим свойствам к процессам, протекающим в природе, т.е. при диспергировании висмута в ДМСО, содержащем как серу, так и кислород, предпочтительно формирование природного Vi_2S_3 . Действительно, продукт диспергирования висмута в ДМСО по результатам энергодисперсионного и электронно-микроскопического анализа состоит на 92,8% из нанотрубок Vi_2S_3 .

Ромбоэдрическая кристаллическая решетка висмута (сурьмы) приближается к кубической гранецентрированной, характерной для алмаза. Возможно, этим и объясняется формирование ограненных нанокристаллов

висмута и сурьмы (при диспергировании висмута в абсолютном бензоле и сурьмы в ДМСО и ДМФА) подобно тому, когда при диспергировании графита в жидких средах образуются ограненные наночастицы алмаза (Патент № 1328 КР, Жаснакунов Ж.К., Сулайманкулова С.К., Маметова А.С. и др. 2010.).

В случае, когда прекурсор не имеет слоистой структуры в прямом синтезе невозможно формирование нанотрубок. Например, при прямом наноструктурировании кремния - аналога углерода, в ИПЖ не происходит образования нанотрубок из-за того, что кремний кристаллизуется в кубической гранецентрированной решетке типа алмаза. В условиях ИПЖ формируются сферические наночастицы кремния с кубической гранецентрированной структурой.

Прямой синтез нанотрубок и наночастиц висмута и сурьмы известными способами проводится только очень трудно осуществляемой лазерной абляцией.

Нами предложен прямой, эффективный и простой синтез нанотрубок и наночастиц на основе висмута и сурьмы с использованием энергии импульсной плазмы, создаваемой в различных жидкостях.

ВЫВОДЫ

1. Получены металлические, оксидные и сульфидные наноструктуры висмута и сурьмы с использованием энергии импульсной плазмы в жидкости.
2. Формирование нанотрубок на основе висмута и сурьмы - следствие графитоподобной кристаллической структуры этих металлов и слоистой структуры их оксидов и сульфидов.
3. Впервые получены:
 - моноклинные нанотрубки металлического висмута, нанотрубки тетрагонального β - Bi_2O_3 и орторомбического Bi_2S_3 ,
 - моноклинные наночастицы металлического висмута,
 - сферические наночастицы кубической сурьмы.
4. Образование оксидных нанотрубок и наночастиц для висмута обусловлено формированием плотных кластеров воды с прочными водородными связями и ослабленными связями Н-О при понижении температуры воды до 4°C. Такое же структурирование воды происходит и в присутствии в воде молекул этанола, винной кислоты и ПВА при комнатной температуре.
5. Понижение симметрии ромбоэдрического висмута до моноклинного при переходе от дистиллированной воды к этанолу, вероятно, связано с внедрением атомов углерода этанола в кристаллическую решетку ромбоэдрического висмута.

6. Уплотнение кристаллической решетки ромбоэдрической сурьмы до кубической при переходе от бензола к толуолу объясняем большим водородным давлением на формирующиеся наночастицы в толуоле.
7. Изменение морфологии наноструктур висмута и сурьмы - следствие синергетики импульсной плазмы и природы среды.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1. Нанотрубки сурьмы из импульсной плазмы в жидкости [Текст] /А.А. Маткасымова, А.С. Маметова, А.Т. Токтомаматов, С.К. Сулайманкулова //Известия ОшГУ. - 2007. - № 2. - С. 86 - 90.
2. Synthesis method of nanomaterials by pulsed plasma in liquid [Text] /E. Omurzak, J. Jasnakunov, N. Mairykova, A. Abdykerimova, A. Matkasymova, S. Sulaimankulova, M. Matsuda, M. Nishida, H. Ihara, T. Mashimo //Journal of Nanoscience and Nanotechnology. - 2007. - V. 7. - P. 3157 - 3159.
3. Нанотрубки висмута из импульсной плазмы в жидкости [Текст] /А.А. Маткасымова, А.С. Абдыкеримова, А.С. Маметова, С.К. Сулайманкулова //Известия КГТУ им. И. Раззакова. - 2008. - № 13. - С. 177 - 180.
4. Нанотрубки сурьмы из импульсной плазмы в жидкости [Текст] /А.А. Маткасымова, А.С. Маметова, С.К. Сулайманкулова, Р.Х. Дженлода //Успехи химии и химической технологии. - 2008. - Т. XXII. - № 9 (89). - С. 39 - 45.
5. Nanorods of metallic bismuth and antimony by the impulse plasma in liquid [Text] /A. Matkasymova, E. Omurzak, S. Sulaimankulova //J. Clust. Sci. - 2009. - V. 20. - № 1. - P. 153 - 158.
6. Диспергирование сурьмы в ароматических углеводородах [Текст] /А.А. Маткасымова, А.С. Абдыкеримова, А.С. Маметова, С.К. Сулайманкулова //Известия КГТУ им. И. Раззакова. - 2009. - № 17. - С. 89 - 90.
7. Неорганические нанотрубки и способы их синтеза [Текст] /А.А. Маткасымова //Известия НАН КР. - 2010. - № 3. - С. 141 - 144.
8. Диспергирование висмута в органических средах [Текст] /А.А. Маткасымова //Известия ВУЗов. - 2010. - № 5. - С. 69 - 72.
9. Формирование нанопроволок висмута и сурьмы в импульсной плазме [Текст] /А.А. Маткасымова //Вестник КГУСТА им. Н. Исанова. - 2010. - № 4 (30). - С. 108 - 113.
10. Наночастицы сурьмы из импульсной плазмы в ДМСО и ДМФА [Текст] /А.А. Маткасымова, А.С. Маметова, М.О. Сатиев, С.К. Сулайманкулова //Известия НАН КР. - 2011. - № 4. - С. 162 - 165.
11. Способ получения нанотрубок висмута и сурьмы [Текст] /А.А. Маткасымова, А.С. Маметова, С.К. Сулайманкулова /Патент КР № 1080. - 2007г.

12. Способ получения углеродных нанотрубок и наноалмазов [Текст] /Ж.К. Жаснакунов, С.К. Сулайманкулова, А.С. Маметова, А.С. Абдыкеримова, А.А. Маткасымова, Х.И. Гаффорова, Р. Кудайберген, Г.Т. Кочорова, У.А. Асанов /Патент КР № 1328. - 2010 г.

13. Способ получения пленок нанокристаллического кремния [Текст] /С.К. Сулайманкулова, У.А. Асанов, А.С. Маметова, Г.Т. Кочорова, Х.И. Гаффорова, А.А. Маткасымова, Ж.К. Жаснакунов, Р. Кудайберген, А.С. Абдыкеримова /Патент КР № 1284. - 2010 г.

Маткасымова Айгул Абдиманатовнанын «Импульстук плазмада висмут жана сурьманын негизинде алынган наноструктуралар» деген темадагы 02.00.01 - органикалык эмес химия адистиги боюнча химия илимдеринин кандидаты окумуштуулук даражасына сунуш кылынган диссертациясына берилген

РЕЗЮМЕСИ

Негизги сөздөр: синергетика, нанотүтүкчө, нанобөлүкчө, суюктуктардагы импульстук плазма.

Изилдөөнүн объектиси: Суюктуктардагы импульстук плазмада алынган висмуттун жана сурьманын нанотүтүкчөлөрү жана нанобөлүкчөлөрү.

Иштин максаты: Наноструктуралардын импульстук плазмада өз алдынча уюштурулуу технологиясын түзү үчүн, висмут жана сурьманы суюктуктардагы импульстук плазмада дисперсиялоо.

Изилдөө ыкмалары: Рентгенофазалык, гранулометрлик, фотометрлик жана кулонометрлик анализдөө, жогорку денгээлдеги электрондук чачыроо, сканерлөө жана зондоо микроскопиялары.

Аппараттар: ДРОН-3, ДРОН-6 жана Rigaku RINT-2500 автоматтык дифрактометрлери, JEOL-200FX маркасындагы жогорку денгээлдеги чачыроо электрондук микроскобу, JEOL JSM-6490LA маркасындагы сканердик микроскобу жана JCHA-733 JEOL маркасындагы электрондук зондоо микроскобу. N4 Plus Submicron Particle Size Analyzer жана LS 13 320 Aqueous Liquid Module аппараттары.

Изилдөө ишинде наноструктуралоо шартындагы синергетиканын: импульстук плазманын табияты, дисперциялануучу электроддордун табияты жана суюктуктун табиятынын негизинде калыптануучу висмут жана сурьманын нанотүтүктөрү жана нанобөлүкчөлөрү изилденди.

Изилдөөнүн натыйжасында, суюк металлдардын кластердик модели позициясы жана импульстук плазманын экстремалдык таасири ар кандай суюктуктарда калыптанган металлдык, оксиддик, сульфиддик наноструктуралардын синергизми висмут жана сурьманын негизинде аныкталды.

Диссертациянын автору тарабынан Кыргыз Республикасынын 3 патенти алынды: «Висмут жана сурьманын нанотүтүгүн алуу ыкмасы» №1080, «Көмүртектик нанотүтүктөрдү жана наноалмаздарды алуунун ыкмасы» №1328, «Нанокристаллдык кремнийден пленкаларды алуунун ыкмасы» № 1284.

Колдонулуучу жайлар: ядролук техника, техника каражаттарын куруу, электроника, күндүн элементерин ойлоп табуу, медицина, айыл чарбасы.

РЕЗЮМЕ

диссертации Маткасымовой Айгул Абдиманатовны на тему «Наноструктуры на основе висмута и сурьмы из импульсной плазмы», представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.01 – неорганическая химия

Ключевые слова: синергетика, нанотрубка, наночастица, импульсная плазма в жидкости.

Объект исследования: нанотрубки и наночастицы висмута и сурьмы, полученные из импульсной плазмы в жидкостях.

Цель работы: диспергирование висмута и сурьмы импульсной плазмой, создаваемой в жидких средах, для разработки технологий самоорганизации наноструктур в импульсной плазме.

Методы исследования: рентгенофазовый, гранулометрический, фотометрический и кулонометрический анализы, просвечивающая, сканирующая и зондовая электронные микроскопии (ПЭМ ВР, СЭМ, ЗЭМ).

Исследовательское оборудование: дифрактометры: ДРОН-3, ДРОН-6 и Rigaku RINT-2500, просвечивающий электронный микроскоп высокого разрешения (ПЭМ ВР) марки JEOL-200FX, сканирующий электронный микроскоп JEOL JSM-6490LA и электронно-зондовый микроскоп марки JCXA-733 JEOL. Гранулометрический анализ на N4 Plus Submicron Particle Size Analyzer и LS 13 320 Aqueous Liquid Module.

В работе исследованы нанотрубки и наночастицы на основе висмута и сурьмы, формирующиеся благодаря синергетике условий наноструктурирования: природы импульсной плазмы, природы диспергируемых электродов и природы жидкости.

В результате исследования обоснован с позиций кластерной модели жидких металлов и экстремального влияния импульсной плазмы, создаваемой в различных жидких средах, синергизм металлических, оксидных и сульфидных наноструктур на основе висмута и сурьмы.

Автором диссертации получены 3 патента Кыргызской Республики: «Способ получения нанотрубок висмута и сурьмы» № 1080, «Способ получения углеродных нанотрубок и наноалмаза» № 1328, «Способ получения пленок нанокристаллического кремния» № 1284.

Область применения: ядерная техника, приборостроение, электроника, создание солнечных элементов, медицина, сельское хозяйство.

RESUME

to the dissertation of Matkasymova Aigul Abdimanapovna «Nanostructures based on bismuth and antimony from of pulsed plasma», submitted for scientific degree of candidate of chemical sciences on specialty 02.00.01 – inorganic chemistry

Keywords: synergetis, nanotube, nanoparticle, pulsed plasma in liquid.

Object of research: the nanotubes and nanoparticles of bismuth and antimony obtained from of pulsed plasma in liquids.

The work purpose: dispersion of bismuth and antimony by pulsed plasma produced in liquid media for the development of technologies of self-organization of nanostructures in pulsed plasma.

Research methods: X-ray diffraction, granulometric, photometric and coulometric analysis, transmission, scanning and probe electronic microscopy (TEM, SEM).

The research equipment: a DRON-3, DRON-6 and Rigaku RINT-2500, JEOL-200FX transmission electronic microscopy of high-resolution, a JEOL JSM-6490LA scanning microscope and electron-probe microscope mark JCXA-733 JEOL. N4 Plus Submicron Particle Size Analyzer and the LS 13 320 Aqueous Liquid Module.

The nanotubes and nanoparticles based on bismuth and antimony formed by the synergy of conditions of nanostructuring were studies: the nature of the pulsed plasma, the nature of the electrodes and the nature of the dispersing liquid.

The synergies of metal, oxide and sulfide nanostructures based on bismuth and antimony is justified in terms of the cluster model of liquid metals and the influence of extreme pulsed plasma produced in various liquid media.

The author of the dissertation had received 3 patents of the Kyrgyz Republic: «The way of producing nanotubes of bismuth and antimony» № 1080, «The way of producing carbon nanotubes and nanodiamonds» № 1328, «The way of producing of films of nanocrystal silicon» № 1284.

Field of using: nuclear engineering, instrumentation, electronics, manufacturing solar cells, medicine, agriculture industry.