

Таблица 1 – Зависимость фазового состава пленок молибдена от времени обработки азот-водородной плазмой

d, нм	hkl	Исходные пленки	Время обработки, минут		
			5	10	15
0,240	111	-	-	Mo <sub>2</sub> N	Mo <sub>2</sub> N
0,223	110	Mo	Mo	-	-
0,209	200	-	Mo <sub>2</sub> N	Mo <sub>2</sub> N	Mo <sub>2</sub> N
0,157	200	Mo	Mo	-	-
0,147	220	-	Mo <sub>2</sub> N	Mo <sub>2</sub> N	Mo <sub>2</sub> N
0,128	211	Mo	Mo	-	-
0,126	311	-	-	Mo <sub>2</sub> N	Mo <sub>2</sub> N
0,120	222	-	Mo <sub>2</sub> N	Mo <sub>2</sub> N	Mo <sub>2</sub> N
0,111	220	Mo	Mo	-	-
0,104	400	-	-	Mo <sub>2</sub> N	Mo <sub>2</sub> N
0,099	310	Mo	Mo	-	-
0,096	331	-	-	Mo <sub>2</sub> N	Mo <sub>2</sub> N
0,092	420	-	Mo <sub>2</sub> N	Mo <sub>2</sub> N	Mo <sub>2</sub> N

Примечание: hkl – индексы Миллера; d – межплоскостные расстояния

Увеличение времени обработки до 10 минут приводит к формированию монофазной пленки нитрида молибдена (рис. 2). Дальнейшее увеличение времени облучения до 15 минут не вызывает изменения фазового состава пленок (таблица 1).

Таким образом, облучение тонких пленок молибдена азот-водородной плазмой при температуре 500 °С, давлении азот-водородной смеси 4,0 Па и времени воздействия плазмы 10-15 минут приводит к формированию монофазных пленок нитрида молибдена Mo<sub>2</sub>N. Это вызвано диффузией и активным взаимодействием с молибденом ионов азота, образовавшихся в плазме в результате диссоциации молекул.

Роль ионов водорода сводится к подавлению окисления. Благодаря их присутствию компенсируется влияние на фазовый состав пленок кислорода, адсорбированного пленкой молибдена при осаждении и содержащегося в остаточных газах.

В условиях эксперимента энергетически возможна диссоциация азота в результате диссоциативной рекомбинации молекулярных ионов азота и прямой диссоциации молекул азота электронным ударом. Поэтому у поверхности облучаемых образцов наряду с ионами присутствуют также атомы и молекулы азота N и N<sub>2</sub> и, по-видимому, также вносят свой вклад в образование нитрида молибдена. Однако роль нейтральных частиц не является определяющей в условиях эксперимента. Это объясняется тем, что скорость диффузии ионов азота в тугоплавких металлах на порядок выше скорости диффузии атомов. Диффузия ионов и атомов азота происходит преимущественно по границам зерен, так как исходные пленки являются мелкодисперсными.

**Выводы.** В результате проведенных исследований было установлено, что оптимальным режимом для формирования пленок нитрида молибдена Mo<sub>2</sub>N является 10-минутное облучение азот-водородной плазмой при температуре 500 °С и давлении азот-водородной смеси 4,0 Па.

Полученные результаты свидетельствуют о перспективности использования низкотемпературной азот-водородной плазмы дугового разряда для формирования тонких пленок нитрида молибдена Mo<sub>2</sub>N.

#### Литература

1. Василенко Н.А., Гончаров В.В. Улучшение поверхностных механических характеристик прокатного инструмента методом ионной имплантации// Международный научный журнал «Интернаука». – 2017. – № 5 (27). – С. 67–70.
2. Шулаев В.М., Андреев А.А. Высокотвердые наноструктурные Mo-N покрытия / Вестник Харьковского национального университета. – 2006. – № 33. – С. 57–59.
3. Diffusion barrier performances of direct current sputter-deposited Mo and Mo<sub>x</sub>N films between Cu and Si / Y. He [et al.] // J of Crystal Growth. – 2004. – Vol. 263, № 1–4. – P. 203–207.

615.47:616.074

## ИССЛЕДОВАНИЕ МОРФОЛОГИИ И ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА МОЧЕВЫХ КАМНЕЙ В ОРГАНИЗМЕ ЧЕЛОВЕКА

Анисович А.Г.<sup>1</sup>, Залесский В.Г.<sup>1</sup>, Маркевич М.И.<sup>1</sup>, Малышко А.Н.<sup>1</sup>, Щербакова Е.Н.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Государственное научное учреждение «Физико-технический институт НАН Беларуси»

Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь

**Введение.** Разработка новых методов лечения (химическое или механическое воздействие) мочекаменной болезни основывается на знании состава и структуры камней [1, 2]. Специфика строения мочевого камня требует исследования элементного состава не только камня в целом, но и отдельных его областей и участков.

Цель работы – проведение комплексного исследования состава и строения почечных

камней с использованием современных физических методов.

**Методика проведения исследований.** Исследование морфологии поверхности мочевого камня было произведено на сканирующем электронном микроскопе MIRA 3 LMN, оснащенный катодом Шоттки высокой яркости в качестве источника электронов (разрешение (In-Beam SE) – 1 нм при 30 кВ, 2 нм при 3 кВ, разрешение (SE

типа ET) – 1,2 нм при 30 кВ, 2,5 нм при 3 кВ, разрешение в режиме низкого вакуума (LVSTD) – 1,5 нм при 30 кВ и 3 нм при 3 кВ, увеличение – от 4х до 1000000х, ускоряющее напряжение – от 200В до 30 кВ).

Элементный состав определялся с помощью системы энергодисперсионного микроанализа AZtec для сканирующей электронной микроскопии и представляет собой программно-аппаратный комплекс с модульным программным обеспечением.

Также исследование морфологии поверхности мочевого камня произведено с использованием металлографического комплекса на основе инвертированного микроскопа МИ-1 в отраженном свете при увеличении 100 крат с освещением по методу темного поля, а также в поляризованном свете.

При использовании темнопольного освещения объект освещается полым конусом света. При этом освещены неплоскостные участки образца, что позволяет анализировать сложные поверхности, изломы, а также неметаллические материалы [4, 5]. В темнопольном освещении объект окрашен в естественные цвета.

**Результаты исследований.** Исследование структуры, проводимые с помощью оптической микроскопии и электронной микроскопии выявили сложное строение биоминерального агрегата. На рисунке представлены концентрические слои биоминерального агрегата, разделенными границами раздела (рис. 1), а также изображение сегментов камня в оптическом микроскопе (рис. 2). При механическом воздействии камень легко разламывается.

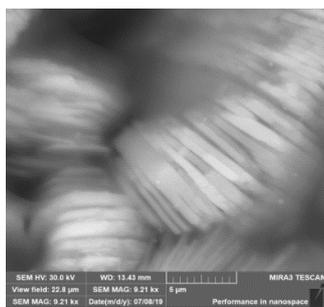


Рисунок 1 – Морфология поверхности мочевого камня

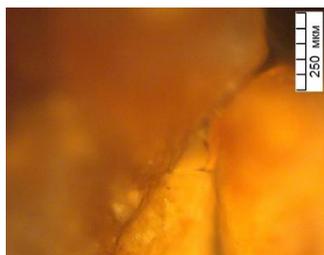


Рисунок 2 – Изображение сегментов камня в оптическом микроскопе

На рисунке 3 показан отдельный фрагмент камня с острыми углами размером порядка 100 мкм. Темнопольное освещение дает более четкое изображение поверхности камня, глубина резкости также выше. Цвет поверхности камня неоднородный. Участки различного состава имеют различную окраску.



а



б

Рисунок 3 – Поверхность камня:

а – поляризованный свет, б – темнопольное освещение

Принципиально, что структурные элементы одного и того же мочевого камня значительно отличаются элементным составом, что в большой мере определяет особенности разрушения камня при внешнем воздействии.

По химическому составу мочевые камни делятся на фосфатные, уратные и оксалатные, однако большое количество камней не укладывается в эту классификацию и относится к смешанному типу [1–3].

Таблица 1 – Результаты определения химического состава мочевого камня

Элемент	Содержание элементов, % масс.			
	Спектр 1	Спектр 2	Спектр 3	Спектр 4
C	48.49	68.30	54.32	51.99
N	25.64			22.00
O	25.37	30.65	38.06	25.64
Na	0.14	0.37	0.08	0.10
Al	0.09	0.13		0.07
Si		0.04	7.37	
P	0.06	0.10	0.13	0.08
S	0.04	0.08		0.04
Cl	0.07	0.12		0.03
K	0.11	0.16	0.04	0.05
Ca		0.05		
Всего	100.00	100.00	100.00	100.00

В таблице 1 представлены результаты определения химического состава из различных областей камня. Основной вклад в элементный состав вносит углерод, концентрация которого изменяется в интервале от 48,49 до 68,3 %. Достаточно

значительные концентрации кислорода. Концентрации натрия, фосфора и других элементов незначительны (менее 1 %).

Такое неравномерное распределение элементного состава в образце может свидетельствовать о последовательном стадийном отложении.

**Выводы.** Результаты проведенных исследований позволили количественно описать изменения структуры и элементного состава в объеме мочевых камней.

Эти результаты показывают неравномерность распределения элементов по объему камня. Данные результаты необходимо учитывать при внешнем воздействии на камни, при подборе лекарств и доз для растворения камней и могут быть использованы при разработке новых методов диагностики и лечения.

УДК 666.193

### ИМПУЛЬСНАЯ ФОТОННАЯ ОБРАБОТКА БАЗАЛЬТОВОЙ ТКАНИ Адашкевич С.В.<sup>2</sup>, Маркевич М.И.<sup>1</sup>, Чапланов А.М.<sup>1</sup>, Журавлева В.И.<sup>3</sup>, Стельмах В.Ф.<sup>2</sup>, Щербакова Е.Н.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Государственное научное учреждение «Физико-технический институт НАН Беларуси»

Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>Белорусский государственный университет

Минск, Республика Беларусь

<sup>3</sup>Военная академия Республики Беларусь

Минск, Республика Беларусь

<sup>4</sup>Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь

**Введение.** Импульсная фотонная обработка открывает широкие возможности для обработки тканей, поскольку эти технологические процессы отличаются высокой чистотой. Они основаны на уникальных свойствах лазерного излучения: когерентность, монохроматичность, малая длительность воздействия, высокие плотности энергии в импульсе, отсутствие прямого контакта между материалом и источником энергии, стерильность воздействия, воздействие без предварительной пробоподготовки, экспрессность метода.

В основе процесса лазерного воздействия на полимерные волокна разного происхождения лежат термохимические и термофизические механизмы разрушения. Изменения в материале напрямую зависят от режимов облучения. Одной из вариаций лазерного метода воздействия является двухимпульсная абляция [1–3]. При этом воздействие на полимер осуществляется не одиночными, а сдвоенными лазерными импульсами с временным сдвигом.

Базальтовые волокна применяются в широком диапазоне положительных и отрицательных температур. Температура рабочего применения базальтовых материалов составляет от – 260°C до +700°C, разовое воздействие температур – до

### Литература

1. Пушкарь, Д.Ю. Мочекаменная болезнь / Д.Ю. Пушкарь, П.И. Распер // Русский медицинский журнал. – 2014. – № 17. – С. 14–18.

2. Александров, В.П. Особенности камнеобразования в почках у больных в семьях, отягощённых уролитиазом В.П. Александров, О.Л. Тиктинский // Урол. и нефрол. – 1993. – № 4. – С. 16–19.

3. Marberger, M. Problems and complications in stone disease / M. Marberger, J. Hofbauer // Curr. Opin. Urol. – 1994. – Vol. 4. – P. 234–238.

4. Анисович, А.Г. Практика металлографического исследования материалов / А.Г. Анисович, И.Н. Румянцев. – Мн.: Беларуская навука. – 2013. – 221 с.

5. Анисович, А.Г. Искусство металлографии: использование методов оптического контрастирования / А.Г. Анисович // Весці НАН Беларусі. сер. фіз.-тэхн. навук. – 2016. – № 1. – С. 36–42.

1000°C. Для базальтовых тканей теплопроводность лежит в пределах 0,031–0,038 (Вт/м·К). Базальтовые ткани вырабатываются из базальтовых крученых нитей полотняным переплетением поверхностной плотностью от 150 г/м<sup>2</sup> до 300 г/м<sup>2</sup>.

В данной работе исследовалось базальтовая ткань ТБК-100, выпускаемая ОАО «Полоцк-Стекловолокно» до и после импульсной фотонной обработки.

**Методика проведения исследований.** Исследования элементного состава образцов базальтовой ткани проводились с помощью системы энергодисперсионного (EDS) микроанализа, установленной на сканирующем электронном микроскопе SEM 515. В состав данной системы входят Si(Li) детектор со сверхультратонким окном, охлаждаемый жидким азотом, компьютер и пакет программного обеспечения Genesis SEM Quant ZAF software.

Измерения проводились при различных значениях ускоряющего напряжения: от мини-мального порога чувствительности системы микроанализа (6,4 кВ) до максимального значения ускоряющего напряжения, которое составляет 30 кВ.

Из излучаемого любым образцом рентгеновского спектра можно извлечь два вида данных: