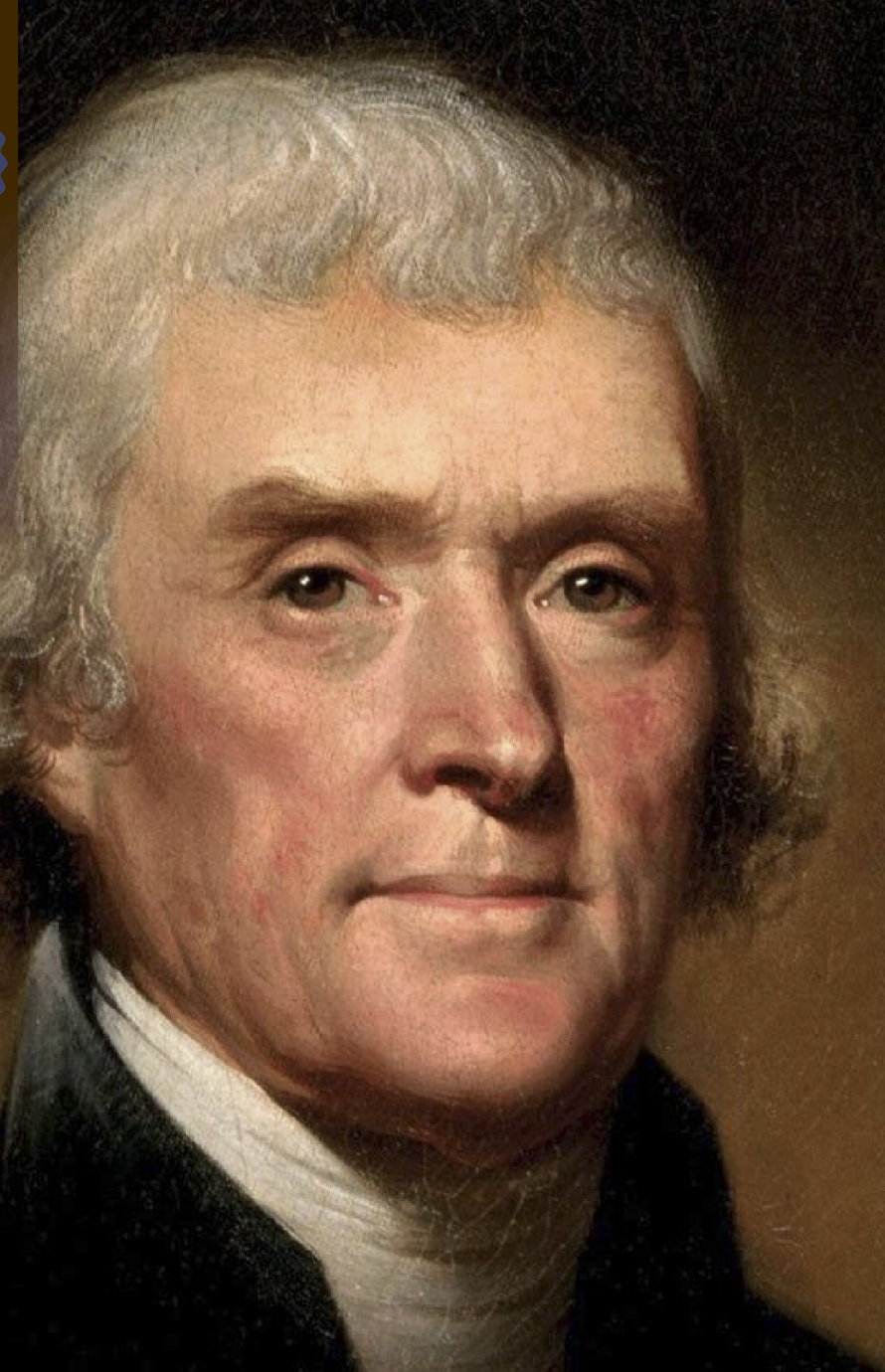




ISSN 2413-2071

№ 7(98) 2024

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ «ДОСТИЖЕНИЯ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ» № 7 (98) 2024



**ДОСТИЖЕНИЯ**

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ  
ЖУРНАЛ

**НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ**

[HTTPS://SCIENTIFICTEXT.RU](https://scientifictext.ru)

Адам Смит

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

ISSN 2413-2071 (Print)  
ISSN 2542-0828 (Online)

Подписано в печать:  
29.10.2024  
Дата выхода в свет:  
07.11.2024

Типография:  
ООО «Прессто».  
153025, г. Иваново, ул.  
Дзержинского, д. 39,  
строение 8

Формат 70x100/16.  
Бумага офсетная.  
Гарнитура «Таймс».  
Печать офсетная.  
Усл. печ. л. 3,25  
Тираж 100 экз.  
Заказ № 0077

**Территория  
распространения:  
зарубежные страны,  
Российская  
Федерация**

Журнал  
зарегистрирован  
Федеральной службой  
по надзору в сфере  
связи, информационных  
технологий и массовых  
коммуникаций  
(Роскомнадзор)  
Свидетельство  
ПИ № ФС77 - 62928  
Издается с 2015 года

Свободная цена

# Достижения науки и образования

№ 7 (98), 2024

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ  
[HTTPS://SCIENTIFICTEXT.RU](https://scientifictext.ru)

ИЗДАТЕЛЬСТВО  
«НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ»

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

153000, РФ, ИВАНОВСКАЯ ОБЛ., Г. ИВАНОВО,  
УЛ. КРАСНОЙ АРМИИ, Д. 20, 3 ЭТАЖ, КАБ. 3-3,  
ТЕЛ.: +7 (920) 357-93-34.

ИЗДАТЕЛЬ:

ООО «ОЛИМП»

153002, РФ, ИВАНОВСКАЯ ОБЛ., Г. ИВАНОВО, УЛ.  
ЖИДЕЛЕВА, Д. 19

[HTTPS://SCIENTIFICTEXT.RU](https://scientifictext.ru)

[EMAIL: TEL9203579334@YANDEX.RU](mailto:TEL9203579334@YANDEX.RU)

Учредитель, главный редактор: Вальцев С.В.

Зам. главного редактора: Кончакова И.В.

Вы можете свободно делиться (обмениваться) — копировать и  
распространять материалы  
и создавать новое, опираясь на эти материалы, с  
ОБЯЗАТЕЛЬНЫМ указанием авторства.

Подробнее о правилах цитирования:

<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.ru>

ISSN 2413-2071



9 772413 207000

© ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ»  
© ЖУРНАЛ «ДОСТИЖЕНИЯ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ»

## Содержание

<b>ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ</b> .....	<b>3</b>
<i>Тютюнников В.И.</i> МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОЧАСТИЦ ZnO И ИХ СВОЙСТВА .....	3
<b>ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ</b> .....	<b>26</b>
<i>Бегмурадова Б., Атаханова М., Аннамядов Х., Бахтиярова М.</i> МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ СЕРО-ГРАВИЙНОГО ИНЕРТНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ДОРОЖНОЙ ОТРАСЛИ ТУРКМЕНИСТАНА.....	26
<i>Begmuradova B., Garamammedov G., Gurbannazarov P., Khadjimuradova O.</i> MANUFACTURING TECHNOLOGY OF PRECAST REINFORCED CONCRETE PRODUCTS .....	27
<i>Begmuradova B., Charyeva C., Dilmuradova D., Dovletsakhedov C.</i> FEATURES OF THE CONSTRUCTION SITE DESIGN DURING THE CONSTRUCTION OF BRIDGES .....	29
<i>Begmuradova B., Charyeva C., Gurbanov I., Chishiyev A.</i> LABORATORY TESTS OF CONCRETE QUALITY .....	30
<i>Charyeva C., Kakabayeva M., Balzhayev P., Babayev D.</i> TECHNOLOGY FOR CREATING SATELLITE GEODETIC NETWORKS .....	32
<i>Charyeva S., Begmuradova B., Gurbanov I., Bayramdurdyev N.</i> ACHIEVEMENTS IN THE FIELD OF CONSTRUCTION OF CHEMICAL INDUSTRY ENTERPRISES IN TURKMENISTAN .....	33
<b>ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ</b> .....	<b>35</b>
<i>Кузьминская В.А.</i> МЕТОДИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ «ПОИГРАЕМ В БУКВЫ И ЗВУКИ».....	35
<b>МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ</b> .....	<b>38</b>
<i>Soliyeva R.B.</i> ASSISTED REPRODUCTIVE TECHNOLOGIES FOR WOMEN WITH REPRODUCTIVE DYSFUNCTION .....	38

# ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

## МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОЧАСТИЦ ZnO И ИХ СВОЙСТВА

Тютюнников В.И.

*Тютюнников Владимир Иванович – кандидат физико-математических наук, доцент, кафедра общеобразовательных дисциплин, учебно-научный институт информационных технологий,*

*Приазовский государственный технический университет,  
г. Мариуполь*

**Аннотация:** в последнее время много внимания уделяется изучению физических свойств наноплёнок ZnS. Повышенный интерес к этим материалам обусловлен благодаря уникальным физическим свойствам этих наноматериалов (большая ширина запрещённой зоны, оптическая прозрачность, высокая радиационная стойкость, химическая инертность,). В данном обзоре рассматриваются основные методы получения наноплёнок ZnS и их физические параметры. К этим способам относятся: химический пиролиз, ультразвуковое распыление, метод вакуумного испарения, электрохимический метод, метод получения наноплёнок ZnS, приготовленных с различной молярной концентрацией исходного раствора, методом ВЧ магнетронного распыления и самый доступный это метод химического осаждения (СВД). В каждом из отмеченных методов образцы исследовались на рентгеноструктурный анализ, оптические свойства, электрические свойства, морфология поверхности.

**Ключевые слова:** наноплёнки, спектр, ширина запрещённой зоны, кубическая структура, сульфид цинка.

**Введение.** Сульфид цинка (ZnS) является важным полупроводниковым соединением группы  $A^2B^6$  с необходимыми физическими свойствами для электроники [1], он обладает широкой запрещённой зоной 3,65eV в объёмном состоянии [2, 3]. Исследования последних лет вызвали значительный интерес к тонким плёнкам ZnS из-за их огромного потенциала для использования в тонкопленочных устройствах, таких как фотолюминесцентные и электролюминесцентные приборы. Сульфид цинка нашёл широкое применение в качестве тонкопленочного покрытия в оптической и микроэлектронной промышленности. Он обладает высоким показателем преломления 2,25 при 632(нм), высокой эффективной диэлектрической проницаемостью (9 при 1 МГц) и широкой полосой пропускания волн (0,4-13) мкм [4]. ZnS широко используется в оптоэлектронике, например, в фильтрах, устройствах отображения и материалах для светодиодов и лазеров [5]. ZnS очень хорошо подходит в качестве оконного слоя в гетеропереходных фото-электрических солнечных элементах: благодаря широкой полосе уменьшается потеря поглощения окна и улучшается ток короткого замыкания элемента [6]. К настоящему времени тонкие плёнки ZnS были получены с помощью различных методов осаждения, таких как метод вакуумного испарения [7], химическое осаждение из ванны [8], пиролиз распылением [9], методом радиочастотного магнетронного распыления [10] и осаждение наночастиц ZnS из водного раствора [11]. ZnS существует в основном в двух формах:  $\alpha$ -фазы (гексагональная структура вюртцита) и  $\beta$ -фазы (кубическая структура сфалерита) [8]. В данной работе рассматриваются различные методы получения тонких плёнок и их физические свойства.

**Получение наноплёнок ZnS методом химического пиролиза.**

В данной работе образцы ZnS получали методом CSP (Химического пиролиза). На рис. 1 показаны дифракционные картины плёнок ZnS, осаждённых методом CSP[12].

Наличие многочисленных и широких пиков свидетельствует о том, что наноплёнки ZnS являются как поликристаллическими, так и нанокристаллическими по своей природе, как сообщается в литературе [13]. Наблюдаемые значения  $2\theta$ -углов и  $d$ -расстояния для плёнок, синтезированных при 300°C, демонстрируют пики, соответствующие кубической структуре ZnS; при 350°C: JCPDSCardNo.00-001-0677 вюрцитной структуре ZnS и при 400°C: JCPDSCardN°. 00-080-0080 кубическая сфалеритовая структура ZnS.

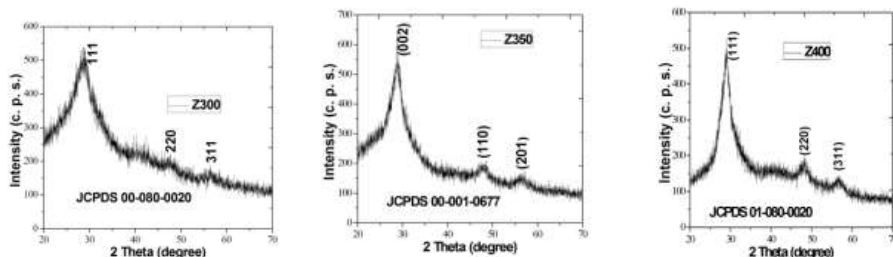


Рис. 1. Дифракционные картины наноплёнок ZnS при (a) 300 °C, (b) 350 °C и (c) 400 °C.

Тонкие плёнки, осаждённые при 350°C, имели гексагональную вюрцитную структуру ZnS, в то время как плёнки, полученные при 300°C и 400°C, имели кубическую структуру. Сообщалось, что гексагональная вюрцитная структура плёнок ZnS с плоскостью, ориентированной вдоль (002), хорошо совпадает с плоскостью ориентации CuInS<sub>2</sub> (112) [14]. Величины  $d$ , размер зерна ( $D$ ), плотность дислокаций ( $\delta$ ) и микродеформации ( $\epsilon$ ) определялись по следующим уравнениям [12, 13, 15]:

$$2d \sin\theta = n\lambda \quad (1),$$

$$D = \frac{k\lambda}{\beta \cos\theta} \quad (2),$$

$$\delta = \frac{1}{D^2} \quad (3),$$

$$\epsilon = \frac{\beta \cos\theta}{4} \quad (4)$$

Все рассчитанные параметры представлены в таблице 1. Данные, представленные в таблице 1, показывают, что средние  $\delta$ - и  $\epsilon$ -значения увеличиваются с ростом температуры, в то время как средний размер кристаллов уменьшается. Микрофотографии показали, что в плёнках, осаждённых при 400°C и 300°C, видны частицы и кластеры. Плёнка, осаждённая при 350°C, выглядит достаточно гладкой с очень маленьким размером наночастиц.

**Поглощение плёнок**, ( $A$ ) синтезированных при 300°C и 350°C, ниже среднего уровня и постоянно в видимой части света, в то время как плёнка, синтезированная при 400°C, имеет более высокий уровень поглощения.

**Пропускание** ( $T$ ), эти значения представлены в таблице 2. Пропускание наноплёнок, синтезированных при 300°C и 350°C, выше и сохраняют постоянство в видимой части световых волн, в то время как плёнки, синтезированные при 400 °C, имеют более низкий коэффициент пропускания. [16, 17, 18].

Таблица 1. Параметры пленок при различных температурах.

Образец	Наблюд-й 2θ	Стандарт 2θ	Набл. d-раст. (Å)	Станд. d-раст. (Å)	FWHM (β)	(hkl)	Размер зерна(G) (nm)	Плотность дислокаций (δ) (лин./м <sup>2</sup> ·10 <sup>15</sup> )	Микронапряж. (ε)·10 <sup>-3</sup>
Z 300	28.876	28.910	3.089	3.086	0.050	111	6.662	22.532	6.884
	48.111	48.111	1.890	1.890	0.023	220	6.662	22.532	6.884
	57.052	57.107	1.613	1.612	0.015	311	6.662	22.532	6.884
Z 350	28.732	28.681	3.105	3.110	0.037	002	4.983	40.273	7.247
	47.847	47.835	1.900	1.900	0.032	110	4.983	40.273	7.247
	57.982	57.955	1.589	1.590	0.025	201	4.983	40.273	7.247
Z 400	28.987	28.910	3.078	3.086	0.022	111	4.958	40.681	7.430
	48.188	48.111	1.887	1.890	0.032	220	4.958	40.681	7.430
	57.108	57.107	1.612	1.612	0.044	311	4.958	40.681	7.430

**Отражательная способность** ®плёнок рассчитывалась по общепринятому уравнению [19]:

$$R + T + A = 1 \quad (5)$$

**Коэффициент поглощения** (α) рассчитывали по уравнению [17]:

$$\alpha = \frac{2,303A}{t} \quad (6)$$

Видно, что α увеличивается с ростом температуры. Значения α плёнок приведены в таблице 2.

**Ширина запрещённой зоны** (E<sub>g</sub>). Для определения E<sub>g</sub> плёнок применялось соотношение Таука [20,21]:

$$\alpha h\nu = A(h\nu - E_g)^{1/2} \quad (7)$$

Значения E<sub>g</sub> для плёнок представлены в таблице 2 и хорошо согласуются с литературными данными [22, 23].

**Показатель преломления** (n) плёнок определялся по формуле [13,17]:

$$n = (1 + R + R^{1/2}) / (1 - R) \quad (8)$$

**Коэффициент экстинкции** (k) определяли из соотношения [24]:

$$k = \frac{\alpha\lambda}{4\pi} \quad (9)$$

Из данных в таблице 2. видно, что плёнки, синтезированные при 400°С, имеют более высокий коэффициент экстинкции, чем плёнки синтезированные при температурах 300° и 350°С. [1, 14]

Действительная **диэлектрическая проницаемость** плёнок. Значение (ε<sub>r</sub>) было рассчитано по уравнению [19]:

$$\epsilon_r = n^2 - k^2 \quad (10)$$

**Мнимая диэлектрическая проницаемость** (ε<sub>i</sub>) была оценена с помощью:

$$\epsilon_i = 2nk \quad (11)$$

Значения  $\epsilon_i$  плёнок приведены в таблице 2.

**Оптическая проводимость**( $\sigma$ ), для определения  $\sigma$  можно воспользоваться формулой [13]:

$$\sigma = \frac{\alpha n c}{4\pi} \quad (12)$$

Оптические параметры плёнок, полученных при температурах 300°C, 350°C и 400°C методом распылительного пиролиза, приведены в таблице 2.

PL- спектр плёнок, сформированных распылением при 400°C, на котором присутствует два пика с длинами волн 379 и 413 нм был получен [25, 26].

Таблица 2. Оптические параметры осаждённых плёнок ZnS [при  $\lambda = 550$  нм для T, R, n, k,  $\epsilon_r$  и  $\epsilon_i$  и при 3,0 эВ для  $\alpha$  и  $\sigma$ ].

Образец	T(0/0)	R(0/0)	$\alpha \cdot 10^4$ (cm) <sup>-1</sup>	E <sub>g</sub> (eV)	n	k·10 <sup>-2</sup>	$\epsilon_r$	$\epsilon_i \cdot 10^{-2}$	$\sigma \cdot 10^{12}$ (s <sup>-1</sup> )
Z300	87.22	12.41	0.41	3.63	1.32	0.52	1.75	2.05	0.398
Z350	87.04	12.90	1.46	3.78	1.35	0.51	1.87	3.62	0.682
Z400	42.35	57.60	16.79	4.03	3.84	15.73	14.86	120.66	38.897

Пики при 379 и 413 нм свидетельствуют об экситонной эмиссии вблизи края полосы поглощения и наличии вакансий серы. Расширение пика могло быть вызвано подложкой из аморфного стекла, как отмечается в [27].

#### Метод ультразвукового распыления

Среди всех методов ультразвуковое распыление лучше всего подходит для получения тонких плёнок сульфида цинка (ZnS), поскольку отличается простотой, лёгкостью добавления различных легирующих материалов, воспроизводимостью, скоростью роста и возможностью массового производства для получения однородных покрытий большой площади [28]. В данной работе были получены и исследованы тонкие плёнки сульфида цинка (ZnS) на стеклянной подложке методом ультразвукового распыления.

**Структурные свойства.** Для анализа свойств кристаллической структуры плёнки использовался рентгеновский дифрактометр (D8 ADVANCEDBRUKER) с Cu-K $\alpha$  излучением ( $\lambda = 1,5418$  Å) в диапазоне 2 $\theta$  от 10° - 90°. Оптические свойства регистрировались с помощью (UV-VIS) спектрофотометра (PerkinElmerLAMBDA 25) в диапазоне длин волн от 300 до 1100 нм. Кроме того, было определено удельное электрическое сопротивление методом четырёх точек при комнатной температуре. При различном времени осаждения наблюдалось наличие одного пика для всех плёнок с предпочтительной ориентацией роста вдоль плоскости (111) при углах дифракции 28,7°, что соответствует структуре бленда цинка (JCPDS) карта N°. 55-0566) в диапазоне углов дифракции (2 $\theta$ ) от 10° до 90°, это означает, что плоскости были параллельны поверхности субстрата.

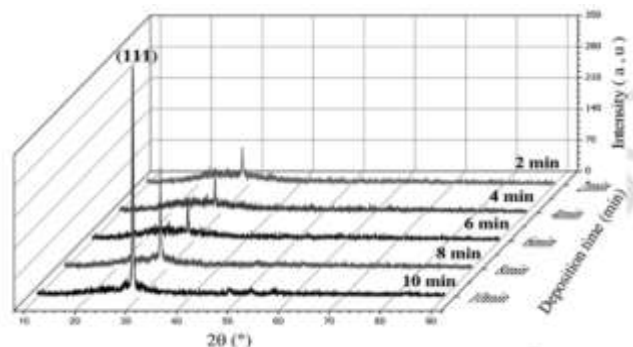


Рис. 2. Представлены XRD-спектры тонких плёнок ZnS, осаждённых ультразвуковым распылением при различном времени осаждения.

Пик, характеризующий наличие соединения (ZnO), отсутствует даже при максимальном времени осаждения, что показывает высокое качество стехиометрии плёнок даже при увеличении времени осаждения. Аналогичные выводы о хорошей стехиометрии были сделаны другими авторами [28, 29] для тонких плёнок ZnS, полученных методом распылительного пиролиза при различном времени осаждения. В работах [30, 31] обнаружена одна и та же кубическая фаза с предпочтительной ориентацией вдоль плоскости (111) в тонких плёнках ZnS, приготовленных методом радиочастотного магнетронного распыления. На рис. 2 также видно, что интенсивность пика (111) возрастает с увеличением времени осаждения; он становится более узким и интенсивным, когда время осаждения становится равным 10 мин. Рост происходит вдоль плоскости (111) из-за ее наименьшей поверхностной энергии [32]. Размер зерна (D) осаждённых плёнок определялся с помощью уравнения Шеррера [33]: Где К приблизительно равен 0,94,  $\lambda = 1,54184 \text{ \AA}$ ,  $\theta$  - угол дифракции, а  $\beta$  - ширина дифракционной линии при половине максимума интенсивности. Дислокация рассматривается как кристаллографический дефект, или неоднородность, в кристаллической структуре, и её присутствие в структуре кристаллита сильно влияет на многие свойства материалов. Используя значения размера зерна, плотность дислокаций ( $\delta$ ) определяется как количество дислокационных линий на единицу объёма кристалла и рассчитывается по соотношению Уильямсона и Смолмана [34]. Микродеформации ( $\epsilon$ ) плёнок оценили по уравнениям [35].

Таблица 3. Структурные параметры тонких плёнок ZnS при различном времени осаждения.

Время осаждения (min)	(hkl)	2 $\theta$ (градусы)	FWYM (градусы)	D (nm)	$\delta \cdot 10^{14}$ (Линий/м <sup>2</sup> )	$\epsilon \cdot 10^4$
2	(111)	28.7488	0.216	38	6.93	9.13
4	(111)	28.7358	0.18	45.6	4.81	7.6
6	(111)	28.806	0.2	41	5.94	8.45
8	(111)	28.7785	0.144	57	3.08	6.08
10	(111)	28.6966	0.08	102	0.95	3.38

Структурные параметры определялись по рассчитанным значениям среднего размера зерна (D), микродеформации ( $\epsilon$ ) и плотности дислокаций ( $\delta$ ) для тонких плёнок ZnS с различным временем осаждения представлены в таблице 3.

Максимальное значение плотности дислокаций было получено для плёнки, напылённой при 2 минутах времени осаждения. Согласно равенству (3) значение обратно пропорционально значению D. Рахул и другие [36] сообщили об увеличении

размера зерна в пределах 36,12-43,82 нм и уменьшении плотности дислокаций в пределах  $7,6 \times 10^{14}$  -  $5,2 \times 10^{14}$  лин/м<sup>2</sup> для тонких плёнок ZnS полученных методом термического испарения.

**Оптические свойства.** Толщина плёнок ( $t$ ) рассчитывалась методом разности весов с помощью чувствительных микровесов в соответствии с соотношением:

$$t = \frac{\Delta m}{\rho \cdot a} \quad (13)$$

Где  $m$  - масса осаждённой плёнки,  $\rho$  - плотность ZnS, равная 4,1 г/см<sup>3</sup> для объёмной кубической структуры ZnS,  $a$ - площадь плёнки [37]. Скорость роста оценивалась по делению толщины плёнки на время осаждения. Подобные результаты публикуются в [28, 29]. Высокий коэффициент пропускания плёнок в видимой части спектра имеет важную роль для оптических приложений. Был построен график оптического пропускания плёнок ZnS, при разном времени осаждения. Все спектры пропускания состоят из двух областей:

1) область сильного поглощения ( $\lambda < 400$  нм), соответствующая фундаментальному поглощению в тонких плёнках ZnS. Это поглощение обусловлено электронным переходом между валентной зоной и зоной проводимости.

2) область максимальной прозрачности ( $\lambda > 400$  нм), где значение пропускания составляет от 35% до 75%, в диапазоне длин волн 400-800 нм.

Такое изменение значений пропускания хорошо согласуется с данными, полученными другими исследователями [14] на тонких плёнках ZnS, приготовленных методом ультразвукового распыления (40-70%). Уменьшение пропускания с увеличением времени осаждения может быть связано с увеличением толщины пленки. В этой работе спектры пропускания не имеют интерференционных полос, обусловленных рассеянием проходящего света в материале из-за шероховатости поверхности раздела воздух - плёнка. Ширина запрещённой зоны наноплёнок ZnS была определена из построенного графика и соотношения Таука [39] (уравнение (7)).

Как следует из [40], величина запрещённой зоны тонких пленок ZnS увеличивается сначала с 3,48 эВ до 3,92 эВ в интервале 2-6 мин. Затем после этого ширина запрещённой зоны изменилась с 3,92 эВ до 3,56 эВ с увеличением времени осаждения. Это уменьшение ширины запрещённой зоны можно объяснить квантовым размерным эффектом [41]. Согласно данным, полученным Элидрисси и др. [23] значительная ширина запрещённой зоны является причиной снижения поглощения оконного слоя, что приводит к улучшению тока короткого замыкания солнечного элемента. Увеличение ширины запрещённой зоны обусловлено также увеличением толщины плёнки [42] и эффектом Бернштейна-Мосса [40]. Аналогичные результаты были получены исследователями: (3,7-3,3 эВ) [43] (3,73-3,57 эВ) [44] и (3,84-3,51 эВ) [45].

**Показатель преломления ( $n$ )** тонких плёнок ZnS, полученных при разном времени осаждения, можно рассчитать с помощью модели Герве-Вандамма [46]:

$$n^2 = 1 + \left( \frac{A}{E_g + B} \right)^2 \quad (14)$$

Где  $A$  и  $B$  - константы, равные  $A \approx 13,6$  эВ и  $B \approx 3,4$  эВ, а  $E_g$  - экспериментальные значения запрещённой зоны.

Таблица 4. Показатель преломления (n) тонкой пленки ZnS при различном времени осаждения.

Время осаждения (min)	Ширина запр. Зоны $E_g$ (eV)	Размер кристалла D(nm)	Коэффициент преломления (n)
2	3.48	38	2.21
4	3.62	45.6	2.18
6	3.92	41	2.11
8	3.66	57	2.17
10	3.56	102	2.19

Как видно из таблицы 4, показатель преломления уменьшается от 2,21 до 2,11 в интервале 2-6 мин, а затем увеличивается с увеличением времени осаждения. В работе [47] было сообщено, что значение показателя преломления тонких плёнок ZnS составляло около 2,13-2,19 при комнатной температуре и температурах (200 °С, 300 °С и 400 °С). Это снижение показателя преломления так же объясняется квантовым размерным эффектом.

**Электрические свойства.** Удельное сопротивление можно рассчитать по следующему уравнению [48]:

$$\rho = Rd \quad (15)$$

Где  $\rho$  - удельное сопротивление, R - квадратичное сопротивление, а d - толщина образца. Можно заметить, что удельное сопротивление выращенных плёнок увеличивается с  $1,51 \times 10^{-5} \Omega \text{ см}$  до  $20,84 \times 10^{-5} \Omega \text{ см}$  с увеличением времени осаждения. Как видно, увеличение толщины образцов приводило и к увеличению удельного сопротивления тонких плёнок ZnS, как показано в уравнении (7).

#### Метод вакуумного испарения

Тонкие плёнки ZnS с различными температурами отжига (323, 373, 423) К, толщиной (0,5 мкм) были получены методом вакуумного испарения [49] при пониженном давлении ( $10^{-6}$ Торр). Структура тонких плёнок ZnS, выращенных на стеклянных подложках, исследовалась на рентгеновском дифрактометре Филипс с медным  $K_\alpha$ -излучением с длиной волны ( $\lambda=1,541 \text{ \AA}$ ). Спектрофотометр типа Shimadzu и регистратор УФ-излучения Spectro-photometerUV-160 использовались для измерения спектра пропускания и поглощения в области (300-1100) нм для тонких плёнок ZnS. Коэффициент поглощения ( $\alpha$ ) и другие оптические константы, представленные показателем преломления ( $\hat{n}$ ), коэффициентом экстинкции (k) и двумя значениями диэлектрической проницаемости ( $\epsilon_1$  и  $\epsilon_2$ ), были рассчитаны из спектра поглощения. Соотношение Ламберта между коэффициентом поглощения и интенсивностью падающей мощности излучения на поверхность тонких плёнок толщиной (t) даётся в [50]:

$$I_{(t)}=I_0 \exp[-\alpha \cdot t] \quad (16)$$

Где  $I_{(t)}$  - энергия падающих фотонов при толщине (t) внутри материала, а  $I_0$  - энергия падающих фотонов на поверхности материала.

**Коэффициент поглощения** ( $\alpha$ ) рассматривается как функция длины волны падающего излучения и он определяет диапазон поглощения излучения. Поглощение (A) определяется следующим соотношением:

$$A = 1 - (R+T) \quad (\text{получено из (5)})$$

Где R, T - отражение и пропускание соответственно.

**Показатель преломления** (n) может быть рассчитан из уравнения [40]:

$$n = \left( \frac{4R}{(R-1)^2} - k^2 \right)^{1/2} - \frac{(R+1)}{(R-1)} \quad (17)$$

**Коэффициент экстинкции  $k$**  рассчитывается по соотношению (9) [51]: Действительная и мнимая части диэлектрической проницаемости ( $\epsilon_1$  и  $\epsilon_2$ ) пленок были рассчитаны из уравнений [40]:

$$\epsilon_1 = n^2 - k^2 \text{ (действительная часть)} \quad (18)$$

$$\epsilon_2 = 2nk \text{ (мнимая часть)} \quad (19)$$

Были изучены электрические свойства этих плёнок, проводимость определялась соотношением:

$$\sigma_{R,T} = \sigma_0 \exp(E_a/k_B T) \quad (20)$$

Где  $\sigma_{R,T}$  - проводимость при комнатной температуре,  $\sigma_0$  - постоянная,  $k_B$  - постоянная Больцмана,  $E_a$  - энергия активации проводимости.

**Структурные свойства** Данные рентгенографического анализа представлены в таблице 5.

*Таблица 5. Структурные параметры тонких плёнок ZnS, полученные при различных температурах отжига [49]*

$T_a$ (К)	$2\theta$ (град)	$d$ (Å)	hkl	$a$ (Å)	Размер зерна (nm)	$\delta \cdot 10^{11}$ линии/м <sup>2</sup>	strain $\cdot 10^{-3}$
R.T	28.6	3.119	111	5.403	12.31	6.589	2.80
323	28.65	3.114	111	5.393	13.67	5.351	2.53
373	28.7	3.108	111	5.384	14.49	4.762	2.39
423	28.8	3.098	111	5.365	18.9	2.799	1.82

**Оптические свойства.** Результаты оптических исследований представлены в таблице 6. Анализ этих результатов показывает, что плёнки имеют низкое поглощение в видимой и ближней инфракрасной областях. Наблюдается, что максимум пика поглощения смещается в сторону коротких длин волн с увеличением температуры отжига. Это свидетельствует об увеличении Ширины запрещённой зоны с ростом  $T_a$ .

*Таблица 6. Оптические постоянные тонких плёнок ZnS, полученные при различных температурах отжига [49].*

$\lambda=0.4\mu\text{m}$							
$T_a$ (К)	$E_g$ (ev)	$E_u$ (ev)	$\alpha \cdot 10^4 \text{cm}^{-1}$	$n$	$k$	$\epsilon_1$	$\epsilon_2$
R.T	2.96	0.5678	1.220	4.956	0.0430	24.500	0.433
323	3.01	0.3993	0.944	3.196	0.0300	10.200	0.19
373	3.02	0.3992	0.829	2.500	0.0264	6.69	0.13
423	3.06	0.2798	0.599	1.520	0.0189	2.312	0.057

Все плёнки демонстрируют, что более 60% пропускания происходит при длине волны более 0,4 мкм. Коэффициент поглощения ( $\alpha$ ) определялся из области высокого поглощения на фундаментальном крае поглощения плёнки с помощью уравнения (1). Полученное значение  $\alpha$ , которое варьируется в диапазоне  $(1,22-0,599) \times 10^4 \text{cm}^{-1}$ , имеет хорошую корреляцию с данными [52, 53]. Ширина запрещённой зоны определялась

путём построения экстраполяции линейной части кривой  $(ahv)^2$ . Значение ширины запрещённой зоны оказалось таким, как показано в таблице 6, что согласуется с данными других литературных источников [50-53]. Плотность локализованных состояний в полосе может быть оценена из энергии Урбаха ( $E_u$ ) при  $a \cdot 10^4 \text{ см}^{-1}$ . Из таблицы 6. видно, что  $E_u$  уменьшается от (0,567 до 0,279) эВ с увеличением температуры отжига, что может быть связано с улучшением кристаллической структуры при отжиге и уменьшением степени аморфности плёнки, что приводит к уменьшению локализованных состояний. Оптические характеристики материалов обычно используется для определения их оптических констант, например, показателя преломления ( $n$ ), который рассчитывается из уравнения (3). Следует отметить, что  $n$  уменьшается, с увеличением температуры отжига, от 4,956 до 1,52) [50-57]. Изменение коэффициента экстинкции ( $k$ ), который определяется из уравнения (4), почти аналогично соответствующему коэффициенту поглощения при различных  $T_a$ . Из таблицы 6. видно, что  $k$  уменьшается с увеличением  $T_a$  от R.T до 423K. Это объясняется той же причиной, которая упоминалась ранее для коэффициента поглощения, таблица 6. Изменение ( $\epsilon_1$ ,  $\epsilon_2$ ), рассчитанное из уравнений (5) и (6) соответственно, при различных температурах отжига тоже представлено в таблице 6. Поведение  $\epsilon_1$  аналогично показателю преломления из-за меньшего значения  $k^2$  по сравнению с  $n^2$ , в то время как  $\epsilon_2$  в основном зависит от значений  $k$ , которые связаны с изменением коэффициента поглощения. Установлено, что  $\epsilon_1$  и  $\epsilon_2$  уменьшаются с увеличением  $T_a$ , что согласуется с данными [54-57].

**Электрические свойства.** Электропроводность тонких плёнок ZnS была определена с помощью уравнения (7). Проводимость при комнатной температуре уменьшается с увеличением температуры отжига, как показано в таблице 7. Уменьшение  $\sigma_{R.T}$  с увеличением температуры отжига объясняется уменьшением дефектного состояния, что приводит к увеличению подвижности носителей заряда. [55, 58]. Также можно наблюдать два механизма переноса энергии активации ( $E_{a1}$ ) и ( $E_{a2}$ ) которые представлены в таблице 7 [49].

Таблица 7. Электрические измерения тонких плёнок ZnS приготовленных при различных температурах отжига.

$T_a$ (K)	$\sigma_{R.T} \cdot 10^{-5}$ ( $\text{Om.cm}^{-1}$ )	(393-493)K	(303-393)K	$n_H \cdot 10^{15}$ ( $\text{cm}^{-3}$ )	$\mu_H \cdot 10^{-3}$ $\text{cm}^2/\text{V.s.}$
		$E_{a1}$ (eV)	$E_{a2}$ (eV)		
R.T	5.18	0.6313	0.0644	1085.8	0.298
323	2.6	0.6816	0.0615	456.49	0.356
373	1.56	0.6433	0.0886	81.601	1.195
423	1.11	0.6677	0.0989	22.819	3.04

Первая энергия активации, при (393-493) K, представляет собой переходный процесс для носителей заряда в локализованных состояниях в запрещённой зоне, что говорит о существовании высокой плотности локализованных состояний в запрещённой зоне. Вторая энергия активации при (303-393) K представляет собой перенос носителей заряда через границы зёрен при термическом воздействии. Значение энергии активации увеличивается с ростом  $T_a$ , что объясняется улучшением кристалличности с увеличением размера зерна и устранением некоторых дефектов плёнок. Был получен график зависимости напряжения Холла от тока для тонких плёнок ZnS при различных температурах отжига. Установлено, что ZnS является проводником n-типа и была рассчитана концентрация носителей заряда, которая уменьшается с увеличением температуры отжига. Для всех образцов была определена подвижность носителей заряда. Все эти параметры приведены в таблице 7. Из таблицы видно, что подвижность носителей заряда увеличивается с уменьшением

концентрации носителей заряда и с увеличением температуры отжига, что согласуется с данными [55, 58].

### Электрохимический метод получения плёнок ZnS

Измерение оптического поглощения проводили с помощью УФ - спектрофотометра видимого диапазона (BSR-UV-1900) в диапазоне 190-400 нм. В данной работе показан край полосы поглощения, обнаруженный при 311, 317, 322 и 327 нм при температурах ванны 30, 40, 50 и 60°C соответственно. Было установлено, что ширина запрещённой зоны плёнок ZnS составляет 3,99, 3,91, 3,85, 3,79 эВ при 30, 40, 50 и 60 °С

Спектры поглощения в УФ - видимой области показывают, что энергия запрещённой зоны изменяется обратно пропорционально размерам кристаллитов [59, 60]. Энергодисперсионный анализ методом рентгеновской спектроскопии показал, что выращенная тонкая плёнка состоит только из элементов Zn и S. Пики примесей в этом спектре не наблюдаются. Морфология поверхности тонких плёнок ZnS изменяется при повышении температуры ванны [61, 62]. Кристаллические параметры тонкой плёнки ZnS выше при температуре ванны 60 °С, что указывает на то, что плёнка плотная и имеет сплошное заполнение [63]. Изменение среднего размера кристаллитов образца плёнки в зависимости от температуры ванны приведено в таблице 8.

Таблица 8. Значения среднего размера кристаллитов и запрещённой зоны ZnS при различных температурах ванны.

Температура ванны (°С)	Средний размер кристаллитов (нм)	Ширина запрещённой зоны по энергии (эВ)
30 °С	40,15 нм	3,99
40°С	60,10 нм	3,91
50°С	80,08 нм	3,85
60 °С	160,06 нм	3,79

Определение толщины плёнки ZnS, полученной с помощью метода электроосаждения, находили методом разности масс [64, 65].

$$t = \frac{\Delta m}{S\rho} \quad (21)$$

где  $\Delta m$  - разность масс до и после осаждения,  $t$  - толщина плёнки,  $S$  - площадь осаждения,  $\rho$  - плотность осаждённого материала.

### Получение наночастиц ZnS, приготовленных с различной молярной концентрацией исходного раствора

Рентгеновскую порошковую дифракцию (XRD) [66] проводили при комнатной температуре на рентгеновском дифрактометре Miniplex-ii с использованием монохроматического излучения  $\text{CuK}\alpha 1$  с  $\lambda=1,540562 \text{ \AA}$  при напряжении 40 кВ и силе тока 40 мА с диапазоном ( $2\theta$ )  $2\theta$  от  $10^\circ$  до  $80^\circ$  при скорости  $2^\circ \text{ мин}^{-1}$ . Наночастицы различных размеров были получены путём изменения молярной концентрации исходных образцов: 0,4 М, 0,6 М, 0,8 М и 1,0 М; ZnS-I, ZnS-II, ZnS-III и ZnS-IV, соответственно. Параметр решётки был рассчитан как  $5,82 \text{ \AA}$ , что очень близко к стандартному значению ( $5,83 \text{ \AA}$ ). Также видно, что пики уширяются при более

высокой концентрации исходного раствора образца ZnS. Из рис. 3 видно, что на рентгенограммах, полученных для всех образцов, наблюдается три пика, что свидетельствует о кубической структуре цинковой шихты, а пики соответствуют дифракции на плоскостях (111), (220) и (311) соответственно.

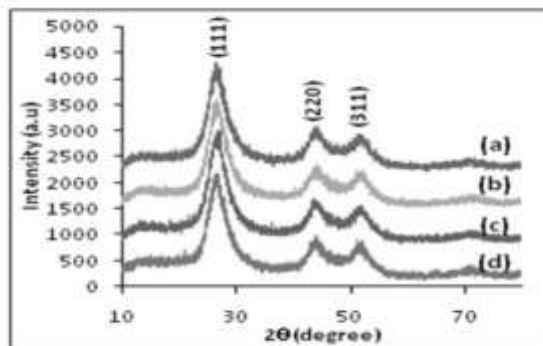


Рис. 3. XRD- рентгенограммы наночастиц ZnS.

Уширение пика под меньшим углом более значимо для расчёта размера частиц, поэтому размер нанокристаллов был рассчитан по формуле Шеррера [25, 67]. Спектры оптического поглощения наночастиц были измерены с помощью двулучевого автоматизированного UV-Vis спектрофотометра. Спектры поглощения регистрировались при комнатной температуре в диапазоне от 450 до 550 нм. Энергия запрещённой зоны была определена из спектров оптического поглощения. Видно, что поглощение происходит в видимой области, при 486 нм, 484 нм, 478 нм, 471 нм, для образцов ZnS-I, ZnS-II, ZnS-III и ZnS-IV соответственно. Край поглощения смещается в сторону меньшей длины волны по мере увеличения молярной концентрации. Ширина запрещённой зоны материала определялась с помощью соотношения Таука [67, 68]. Значение ширины запрещённой зоны определяется путём экстраполяции прямолинейного участка графика  $(ah\nu)^2$  от  $h\nu$  к оси  $h\nu$  при  $\alpha=0$ . Полученные значения ширины запрещённой зоны для различных образцов составляют 2,63, 2,79, 2,81, 2,87 эВ соответственно для температур. 30, 40, 50 и 60°C

#### Метод ВЧ магнетронного распыления

На рис. 4 представлены дифрактограммы рентгеновского рассеяния некоторых поликристаллических наноструктур ZnS, выращенных на подложке GaAs (001) методом ВЧ магнетронного распыления. Рентгенограммы показывают, что плёнки ZnS, осаждённые даже при низкой температуре, имеют кристаллическую структуру и представляют собой два доминирующих пика при 31,59 и 65,94°. Это может быть связано с тем, что кристаллическая подложка GaAs способствует росту кристаллических тонких плёнок ZnS, и ориентация их кристаллической решётки инициируется на подложках GaAs при комнатной температуре. Полученные структурные параметры близки к значениям опубликованными в литературе [69].

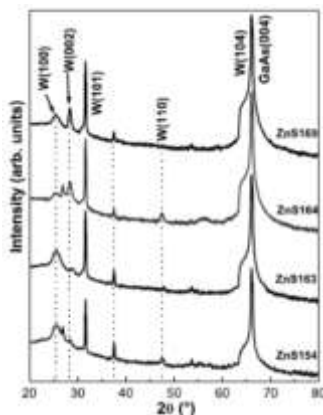


Рис. 4. Рентгенограммы плёнок ZnS, синтезированных методом ВЧ магнетронного распыления.

Рентгеновские дифрактограммы показывают, что интенсивность пиков спектра возрастает при увеличении температуры выращивания кристаллов. Так, пик образца ZnS169 при  $65,94^\circ$  на семь порядков выше по сравнению с пиком образца ZnS154. Таким образом повышение температуры способствует повышению качества кристаллической структуры тонких плёнок [28], [70].

Таблица 9. Результаты анализа образцов методом ЭДС, выращенных методом магнетронного распыления.

Образец	$T_G$ ( $^\circ$ )	S процент атомов (%)	Zn процент атомов (%)	Толщина пленки (nm)	Размер зерен (nm)
ZnS140	180	50.21	49.79	865.3	28.18
ZnS154	270	49.01	50.99	845.8	31.95
ZnS163	335	47.07	52.93	887.1	28.31
ZnS164	450	38.89	61.11	828.3	30.30
ZnS169	630	32.18	67.18	801.2	8.15

Спектры EDS указывают на присутствие кислорода в образцах наряду с цинком и серой [71, 72]. Эти ионы кислорода могут образовывать ловушки в запрещённой зоне, что приводит к нескольким переходам, вызывающих люминесценцию. Таким образом, получается, что кислород заменяет серу в некоторых узлах решётки ZnS. Результаты измерений для цинка и серы приведены в таблице 9. Из этих результатов видно, что образец ZnS154 имеет хорошее стехиометрическое соединение, и что повышение температуры при его получении приводит к большему содержанию цинка в материале и недостатку серы. Из таблицы 9 видно, что образец ZnS169 содержит меньшую концентрацию серы, что свидетельствует о более высокой концентрации структурных дефектов [73-75].

#### Метод радиочастотного магнетронного распыления

В работе [76] было исследовано влияние различных температур подложки на структурные свойства плёнок, а также проанализированы оптические свойства пленок. Кристаллическую фазу плёнок изучали с помощью рентгеновского дифрактометра [XRD] (Bruker D8 Advance; Bruker, Биллерика, Массачусетс, США) с использованием излучения Cu Ka ( $\lambda = 0,15406$  нм), работающего при 40 кВ и 40 мА. Морфологию поверхности и размер зёрен плёнок определяли с помощью FESEM (Hitachi S-4800; Hitachi, Ltd., Токио, Япония). Толщину плёнок оценивали с использованием изображения FESEM в поперечном сечении. Состав плёнок на стеклянных подложках был исследован методом энергодисперсионного анализа

рентгеновского излучения [EDAX] (Horiba 7593-H; Horiba, Ltd., Киото, Япония). Оптические свойства пленок были охарактеризованы с помощью спектрометра УФ-видимого диапазона (Shimadzu UV-1800; Shimadzu Corp., Киото, Япония) с диапазоном длин волн от 200 до 1100 нм.

**Структурные свойства.** На рисунке 5 показаны рентгенограммы тонких плёнок ZnS, сформированных методом распыления при различных температурах подложки в диапазоне от 100 °С до 400 °С. Для каждой плёнки в диапазоне углов дифракции ( $2\theta \approx 28.50^\circ$ ) от 20° до 80° наблюдался один пик. Плёнки представляли собой монокристаллические структуры с предпочтительной ориентацией. Их плоскости были параллельны поверхности подложки. Все плёнки, выращенные при различных температурах подложки, имели только плоскость (111) и структуру цинковой обманки. По мере повышения температуры подложки до 350 °С интенсивность пиков, соответствующих кубической фазе, также резко возрастала. Дальнейшее повышение температуры подложки до 400 °С привело к незначительному снижению пика интенсивности кубической фазы. Для получения дополнительной структурной информации средние размеры кристаллитов ( $D$ ) плёнок рассчитаны по формуле Шеррера [77, 26]. Значение FWHM снизилось с 0,384° до 0,141° по мере повышения температуры нанесения от 100 °С до 350 °С. При увеличении температуры до 400 °С значение FWHM плёнки увеличилось до 0,154°, что указывает на снижение качества кристалличности плёнок. Средние размеры кристаллитов плёнок составляли около 22.3, 25.5, 29.8, 43.1, 60.8, и 55.6 нм для образцов, нанесённых при 100 °С, 200 °С, 250 °С, 300 °С, 350 °С и 400 °С соответственно [78]. Средние размеры частиц и значения FWHM плёнок приведены в таблице 10.

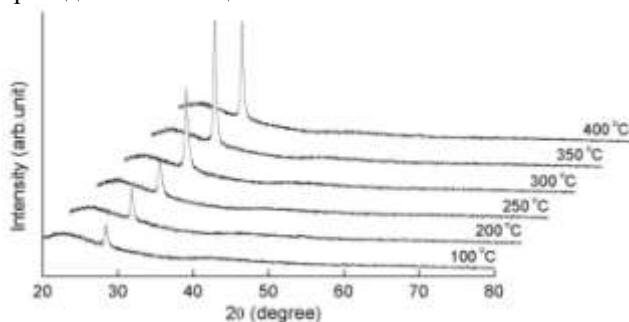


Рис. 5. Рентгенограммы плёнок ZnS, выращенных при различных температурах подложки от 100 °С до 400 °С.

Таблица 10. Оценочные FWHM и размеры кристаллитов плёнок ZnS, выращенных при различных температурах подложки.

Температура Подложки (°С)	Значения FWHM(°С)	Размер кристаллитов методом рентгеновского излучения (нм)	Размер зерна FESEM (нм)
100	0.384	22.3	27.2
200	0.314	25.5	30.1
250	0.288	29.8	36.5
300	0.199	43.1	50.3
350	0.141	60.8	69.4
400	0.154	55.6	66.2

В таблице 11 показаны изменения химического состава Zn и S в плёнках ZnS при различных температурах подложки, Размер исследуемой области превышал 100 ×100 мкм. Все образцы, приготовленные при различных температурах подложки, были нестехиометрическими, а содержание Zn превышало содержание S, за исключением

плёнок, выращенных при 350°C. Соотношение Zn/ S постоянно снижалось по мере повышения температуры подложки. Когда температура достигла 350 °С, в плёнке ZnS было обнаружено почти одинаковое содержание Zn и S, что указывает на то, что плёнка имела стехиометрический состав и что среднее отношение Zn/S для этой плёнки составляло около 0,99. Это соответствует наименьшему значению FWHM в таблице 10.

Таблица 11. Химический состав плёнок ZnS, нанесённых при различных температурах подложки.

Температура подложки (°C)	Zn (атомный %)	S (атомный %)	Соотношение Zn/S	$E_g$ (eV)
100	54.32	45.68	1.19	3.45
200	53.87	46.13	1.17	3.57
250	53.75	46.25	1.16	3.72
300	52.95	47.05	1.13	3.73
350	49.91	50.09	0.99	3.79
400	50.97	49.03	1.04	3.76

Толщина плёнок ZnS, полученных при различных температурах подложки, оценивалась с использованием изображений FESEM в поперечном сечении. Из анализа результатов рентгенографии можно сделать вывод, что максимальный размер кристаллитов достигался при 350 °С. Морфология плёнок оказалась непрерывной и плотной. Средние размеры частиц были в диапазоне от 27,2 до 69,4 нм.

**Оптические свойства.** Были получены спектры оптического пропускания в диапазоне длин волн от 200 до 1100 нм плёнок ZnS, нанесённых при различных температурах подложки. Плёнки, нанесённые при 100 °С и 200 °С, имели более низкую прозрачность. Однако изображения по-прежнему показывали средний коэффициент пропускания выше 70%. Спектральный коэффициент пропускания плёнки, полученной при температуре 350 °С, был выше, чем у плёнок, полученных при других температурах роста. Более того, средний коэффициент пропускания в видимой области был выше 80%. [79]. Оптическая ширина запрещённой зоны ( $E_g$ ) определялась по графику зависимости энергии фотонов ( $h\nu$ ) от  $(\alpha h\nu)^2$ .  $E_g$  оценивалась путём экстраполяции прямолинейной части спектра на ось ( $h\nu$ ) [80]. Значения ширины, запрещённой зоны плёнок, нанесённых при различных температурах подложки представлены в таблице 11.

#### Метод химическое осаждение из ванны (CBD) [81]

Состав тонких плёнок, сформированных с помощью CBD, был определён с помощью EDX-анализа. (рис. 6)

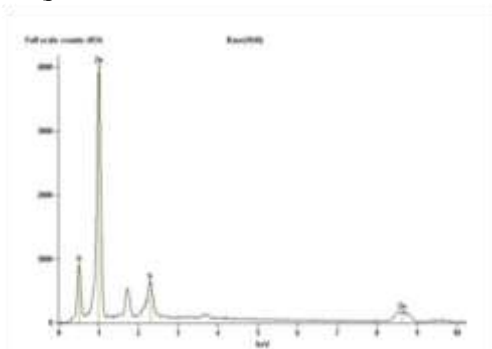


Рис. 6. Энергодисперсионная рентгеновская спектроскопия ZnS.

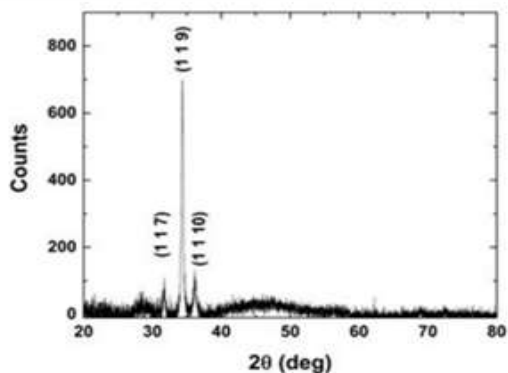


Рис. 7. Рентгеновская дифракционная картина тонких пленок ZnS.

**Структура** тонких плёнок исследовалась с помощью рентгеноструктурных измерений в диапазоне углов  $2\theta$  от  $20^\circ$  до  $80^\circ$ , как показано на рисунке 8. Для всех образцов тонких плёнок ZnS основной пик наблюдается при угле дифракции  $23,5^\circ$ , соответствующем кубической (111) и гексагональной (002) плоскостям. Средний размер кристаллитов, рассчитанный по формуле Шеррера (2), составил 13,3 нм.

**Оптические свойства** наноплёнок определялись с помощью UV-Vis спектрометра с диапазоном длин волн 200 - 1100 нм. Пропускание тонких плёнок ZnS уменьшалось с увеличением концентрации цинка в плёнках, что может быть причиной шероховатости поверхности осаждённых плёнок. Плёнки, осажденные при 0,025 M, обладали высокой прозрачностью из-за низкой концентрации цинка. Отожжённые образцы ZnS демонстрируют плавную кривую поглощения благодаря однородному характеру плёнки с меньшей плотностью дефектов. Процесс отжига увеличивает значение коэффициента поглощения, а сам край поглощения смещается в сторону коротких длин волн, что связано с более совершенной кристаллической структурой тонких плёнок рис. 7. Пик поглощения для наночастиц ZnS был получен в диапазоне 240-260 нм, что свидетельствует об увеличении ширины запрещённой зоны. Ширина запрещённой зоны оказалась равной 3,98 eV. Это значение больше, чем у объёмного ZnS (3,6 эВ).

#### **Метод химического осаждения из ванны (CBD)**

В работе [82] наноплёнки сульфида цинка (ZnS) были нанесены на кварцевые пластины с помощью метода химического осаждения из ванны (CBD). Исследовалось влияние различных цинковых прекурсоров ( $ZnCl_2$ ,  $Zn(CH_3COO)_2$ ,  $ZnSO_4$ ) на механизм роста тонкой плёнки ZnS. Работа проводилась с помощью термических, структурных, морфологических, оптических и электрических исследований. На рентгенограмме видны пики индекса Миллера, соответствующие гексагональной фазе тонкой плёнки ZnS с размером зерна 22 - 27 нм.

**Структурный анализ.** Информация о структуре наноплёнки ZnS была получена с помощью рентгеновской дифракции в (GIXRD) с излучением  $CuK\alpha$  в диапазоне сканирования 20 - 60. GIXRD позволяет ослабить влияние сигнала от подложки и улучшить сигнал от тонкой плёнки. Рентгеновские дифрактограммы выращенных наноплёнок ZnS, приготовленных с использованием различных цинковых прекурсоров ( $ZnCl_2$ ,  $Zn(CH_3COO)_2$  и  $ZnSO_4$ ), представлены на рис. 8. Пики при значениях  $2\theta$  31.64, 34.53, 36.20, 47.45 и 56.48 являются углами дифракции для плоскостей с индексами Миллера (1 0 4), (1 0 6), (0 0 10), (1 1 0) и (1 1 8), что удовлетворяет уравнению Брэгга. ( $\lambda=2d\sin\theta$ ). Плоскость (0 010), состоящая из большего числа атомов, дала самый высокий пик интенсивности. Сравнение наблюдаемых пиков с картой JCPDS № 39-1363 подтверждает наличие

гексагональной фазы в тонкой плёнке ZnS, осаждённых с использованием различных цинковых прекурсоров: (a) ZnS-Cl; (b) ZnS-Ac; (c) ZnS-SO [83].

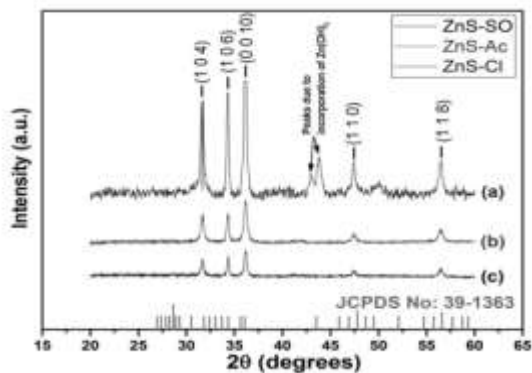


Рис. 8. Рентгеновская дифрактограмма тонких плёнок ZnS.

Размер частиц тонких плёнок ZnS, осаждённых с использованием различных цинковых прекурсоров, рассчитывали по формуле Шеррера (2). Размеры частиц тонкой плёнки ZnS, осаждённой с использованием различных цинковых прекурсоров на кремниевую подложку, приведены в таблице 12. В данном случае анионы Cl-способствуют гетерогенному (ионы за ионами) механизму роста и улучшают кристалличность тонких плёнок ZnS.

Таблица 12. Размер частиц, толщина, коэффициент пропускания и ширина запрещённой зоны тонких плёнок ZnS.

Тонкая плёнка ZnS	Размер частицы (nm)	Толщина (µm)	Пропускание T(%), (λ>350nm)	Ширина запр. Зоны (eV)
ZnS-Cl	27	37±0.2	29	4.10
ZnS-Ac	25	39±0.3	25	4.17
ZnS-SO	22	41±0.2	10	4.25

Очевидно, что на размер тонких плёнок ZnS сильно влияет скорость роста. Для исследования влияния прекурсоров цинка на морфологию поверхности тонкой плёнки ZnS, были получены микрофотографии плёнок с помощью сканирующего электронного микроскопа.

**Оптический анализ** [84]. Толщина и однородность плёнки играют важную роль в построении оптических свойств, таких как пропускание, поглощение, показатель преломления и т.д. Плёнка с большей однородностью и наименьшей толщиной приводит к высокому пропусканию с резким краем поглощения [85]. Кроме того, ширина запрещённой зоны плёнки может быть определена из спектров пропускания [84]. Для определения влияния цинковых прекурсоров на оптические свойства выращенных тонких плёнок ZnS были получены спектры пропускания и отражения с помощью UV/VIS/NIR спектрофотометра. Наибольший коэффициент пропускания наблюдается в тонкой плёнке, полученной из прекурсора ZnS-Cl, а наименьший - в плёнке, полученной из прекурсора ZnS-SO. Для всех тонких плёнок ZnS наблюдается низкое поглощение на длине волны выше 350 нм и резкое поглощение на длине волны ~ 310 нм [82]. Оптические характеристики тонких плёнок были оценены с помощью формулы:

$$a = \frac{2.303 \cdot A}{t} \quad (22)$$

Коэффициент поглощения ( $\alpha$ ) определялся по абсорбции (A) и толщине плёнки (t) с помощью соотношения [85, 86]. Табличные значения ширины запрещённой зоны всех тонких плёнок ZnS немного выше, чем у объёмного ZnS. Это связано с эффектом квантового размера наночастиц [87]. Были получены спектры фотолюминесценции (ФЛ) наноплёнки ZnS, выращенной с использованием различных цинковых прекурсоров при УФ-возбуждении. Интенсивное излучение в синем диапазоне длин волн наблюдалось во всех тонких плёнках ZnS, что может быть связано с рекомбинацией электронно-дырочных пар с донорно-акцепторных уровней ловушек в валентную зону [88]. Отклонение от стехиометрии плёнок ZnS в процессе роста приводит к образованию различных дефектов. Согласно EDX-анализу, полученные плёнки ZnS имели соотношение Zn/S больше 1. Такое стехиометрическое отклонение приводит к избытку цинка и недостатку серы.

**Электрические измерения.** Энергия активации, удельное электрическое сопротивление и проводимость всех тонких плёнок ZnS были определены с помощью метода двухточечного зонда.

$$\log \rho = \frac{E_a}{2.303 \cdot k_B} \left( \frac{1}{T} \right) + \log C,$$

Зависимость удельного сопротивления ( $\rho$ ) от температуры (T) даётся в [89]. Коэффициент Холла ( $R_H$ ), концентрация носителей заряда ( $\eta$ ) и подвижность зарядов ( $\mu$ ) в тонких плёнках определялись с помощью соотношения, приведённого ниже [90].

$$R_H = \frac{V_H \cdot t}{I \cdot B}, \quad \eta = \frac{1}{R_H \cdot q} \quad (23)$$

Данные для определения удельного сопротивления регистрировались при повышении температуры от 35 до 190°C. Рассчитанные значения удельного сопротивления, проводимости и энергии активации представлены в таблице 13.

Таблица. 13. Электрические параметры тонких пленок ZnS, полученных с использованием различных цинковых прекурсоров: ZnS-Cl (a); ZnS-Ac (b); ZnS-SO (c)[89].

Тонкая плёнка	Энергия активации (eV)		Сопротивление $\rho$ (Ом·см.)	Проводимость $\sigma$ (Ом <sup>-1</sup> ·см. <sup>-1</sup> )	Холла коэффициент $R_H$ (см <sup>3</sup> /C)	Концентрация носителей $\eta$ (см <sup>-3</sup> )	Подвижность $\mu$ (см <sup>2</sup> /V·с)
	$E_{a1}$	$E_{a2}$					
ZnS-Cl	0.75	-	$2.08 \cdot 10^4$	$4.81 \cdot 10^{-5}$	$3.48 \cdot 10^3$	$1.79 \cdot 10^{15}$	$1.68 \cdot 10^{-1}$
ZnS-Ac	0.81	-	$1.63 \cdot 10^4$	$6.14 \cdot 10^{-5}$	$1.71 \cdot 10^2$	$3.65 \cdot 10^{16}$	$1.05 \cdot 10^{-2}$
ZnS-SO	0.59	$\frac{2.5}{5}$	$8.52 \cdot 10^4$	$1.17 \cdot 10^{-5}$	$2.53 \cdot 10^1$	$2.47 \cdot 10^{17}$	$2.97 \cdot 10^{-4}$

Значения эффекта Холла получали путём поддержания постоянного тока зонда и изменения магнитного поля и измерения соответствующего напряжения Холла [91]. Проводимость n-типа наблюдалась во всех плёнках ZnS независимо от используемых цинковых прекурсоров. Приведённые в таблице значения показывают, что наноплёнка ZnS-SO имеет высокую плотность заряда и низкую проводимость по сравнению с другими тонкими плёнками. Низкая проводимость заключается в том, что собственные дефектные состояния, образующиеся в процессе роста наноплёнки, выступают в качестве центров рассеяния для электронов проводимости в плёнке.

**Заключение.** В данном обзоре были рассмотрены ряд методов получения наноплёнок ZnS. При анализе рассмотренных методов сложно выделить какой-либо способ получения наноплёнок как универсальный. Но следует отметить, что размер зёрен кристаллов в плёнках, полученных при различных способах нанесения, имеет различную величину. Так величина зёрен, полученных путём химического пиролиза, имела размеры 5-6,5 нм. При использовании метода вакуумного испарения были получены кристаллы размером 12-19 нм. Метод ультразвукового напыления позволяет получить кристаллы величиной 38-100 нм. Самый большой размер кристаллов получен при электрохимическом методе 40-160 нм. При изготовлении наноплёнок необходимо принимать во внимание наличие оборудования, энергетические затраты на производство наноплёнок, наличие химически чистых прекурсоров. В настоящее время

**Метод химического осаждения (CBD)** самый распространённый метод получения наноплёнок ZnS благодаря его простоте. Не требует сложного оборудования. Нанесение в химической ванне обеспечивает надёжное получение плёнок большой площади с использованием простого процесса, при низкой температуре (<100С) и низкой стоимости.

#### *Список литературы*

1. *Eid A.H., Salim S.M., Sedik M.B., Omar H.T., Dahy and Abou-Elkhair H.M.* Preparation and characterization of ZnS thin films, Journal of applied sciences research, 6(6):777-784. 2010.
2. *Ben N.T., Kamoun N., Kanzari M. and Bennaceur R.* Effect of pH on the properties of ZnS thin films grown by chemical bath deposition, Thin Solid Films, 500:4-8. 2006.
3. *Daniel M. and Zhong L. Wang,* “Growth of anisotropic one-dimensional ZnS nanostructure” J. Mater, Chem. 16, pp. 3898-3905, 2006.
4. *Ubale A.U. and Kulkarni D.K.* Preparation and study of thickness dependent electrical characteristics of zinc sulfide thin films, Bull. Mater. Sci., 28(1): p. 43-47. 2005.
5. *Salleh S., Dalimin M.N. and Rutt H.N.* Proceeding of ICSSST, 3rd international on solid state science & technology, Kuching, Sarawak, Malaysia, Structural and surface characterization of cold deposited zinc sulfide thin films, conference. 2010.
6. *Shaban S.M., Saeed N.M. and Al-Haddad R.M.* Fabrication and study zinc sulfide schottky barrier detectors, Indian Journal of Science and 2011.
7. *Kumar P., Kumar A., Dixit P.N. and Sharma T.P.* Optical, structural and electrical properties of zinc sulphide vacuum evaporated thin film, Indian Journal of Pure & Applied Physics, 44: p. 690 – 693. 2006.
8. *Ubale A.U., Sangawar V.S. and Kulkarni D.K.* Size dependent optical characteristics of chemically deposited nanostructured ZnS thin films, Bull. Mater. Sci., 30(2): p. 147-150. 2007.
9. *Nithyaprakash D., Ramamurthy M., Thirunavukarasu P., Balasubramaniam T., Chandrasekaran J. and Maadeswaran P.* Effect of substrate temperature on structural, optical and thermal properties of chemically sprayed ZnS thin films, Journal of Optoelectronic and Biomedical Materials, 1(1): p. 42-51. 2009.
10. *Diaz-Reyes R., Castillo-Ojeda J., Martinez-Juarez O., Zaca- Moran J.E. Flores-Mena and M. Galvan Arellano.* “Growth and Characterization of ZnS nanofilms grown by RF magnetron sputtering on GaAs”, International Journal of Circuits, systems and signal processing, Volume 8, 2014.
11. *Тютюнников В.И.* Спектральные характеристики мелкодисперсных кристаллов ZnS, осаждённых из водного раствора на подложку в электрическом поле. Прикладная физика, №4, с. 107-114, 2023.

12. *O. Offor, S.N. Ude and all.* The Influence of Substrate Temperature on Properties of Zinc Sulphide Thin Films Synthesized by Chemical Spray Pyrolysis. *Asian Journal of Basic Science & Research (AJBSR)* 2, (1), 01-15, 2020.
13. *Daranfed W., Aida M.S., Hafdallah A. and Lekiket H.* Substrate Temperature Influence on ZnS Thin Films Prepared by Ultrasonic Spray, *Thin Solid Films* 518, pp. 1082–1084. 2009.
14. *Derbali A., Attaf A., Saidi H., Benamra H., Nouadji M., Aida M.S., Attaf N. and Ezzaouia H.* Investigation of Structural, Optical and Electrical Properties of ZnS Thin Films Prepared by Ultrasonic Spray Technique for Photovoltaic Applications, *Optik* 154, pp. 286–293, 2018.
15. *Offor P.O., Nwanya A.C., Omah A.D., Daniel-Mkpume C.C., Malik M., Okorie B.A., Ezema F.I.* Chemical spray pyrolysis deposition of zinc sulphide thin films using ethylenediaminetetraacetic acid disodium salt complexant. *J Solid State Electrochem* 21: p. 2687– 2697, 2017. <https://doi.org/10.1007/s10008-017-3668-2>
16. *Osuji Lovely Surprises in Small Packages.* Thin Film Photovoltaics. University of Nigeria Press Ltd, Nsukka. RU 2016.
17. *Lohar G.M., Shinde S.K., Fulari V.J.* Structural, Morphological, Optical And Photoluminescent Properties of Spray-Deposited ZnSe Thin Film, *J Semicond* 35:113001-113001-5. 2014.
18. *Haneefa M.M., Kandasamy S., Suldanmohideen S.F., Mohideen M.G.K. and Jeyaraj D.R.* Structural Properties of Zinc Sulphide Thin Films Deposited by SILAR Method, *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 7 (10 S), pp. 141 – 145, 2015.
19. *Mansour B.A., Shaban H., Gad S.A., EL-Gendy Y.A., Salem A.M.* Effect of film thickness, annealing and substrate temperature on the optical and electrical properties of CuGa<sub>0.25</sub>In<sub>0.75</sub>Se<sub>2</sub>. *Journal of Ovonic Research*, 6, p. 13-22. 2010.
20. *Deepa K., Preetha K.C., Murali K.V., Dhany A.C., Ragina A.J., Remadevi T.L.* The Effect of Various Complexing Agents on the Morphology and Optoelectronic Properties of Chemically Deposited ZnS Thin Films: A Comparative Study. *Optik* 125:5727–5732. 2014.
21. *Pitchaimani K., Amalraj L., Muthukumaran S.* Microstructure, optical and structural characterization of Cd<sub>0.98</sub>Fe<sub>0.02</sub>S thin films co-doped with Zn by chemical bath deposition method. *Physica E* 78: p. 56–64. 2016.
22. *Yung-Tang N. and In-Gann C.* Raman Scattering and Electroluminescence of ZnS: Cu, Cl Phosphor Powder, *Applied Physics Letters* 89, pp. 261906-1 - 261906-3. 2006.
23. *Elidrissi B., Addou M., Regragui M., Bougrine A., Kachouane A., Bernède J.C.* Structure, Composition and Optical Properties of ZnS Thin Films Prepared by Spray Pyrolysis. *Materials Chemistry and Physics* 68:175–179. (2001).
24. *Jasib A.A., Yousif A.A.* The Effect of Thickness Nanoparticle ZnS Films on Optical Properties. *International Journal of Basic and Applied Science* 03:38-51. (2015).
25. The Influence of Substrate Temperature on Properties of Zinc Sulphide Thin Films Synthesized by Chemical Spray Pyrolysis, *Asian Journal of Basic Science & Research (AJBSR)* V. 2, Issue 1, P. 01-15, (2020), Camillus Obayi
26. *Heine J.R., Rodriguez-Viejo J., Bawendi M.G. and Jensen K.F.* Synthesis of CdSe Quantum – Dot – ZnS Matrix Thin Films Via Electrospray Organometallic Chemical Vapour Deposition, *Journal of Crystal Growth*, 195, pp. 564 – 568. (1998).
27. *H. Cachet, J. Bruneaux, G. Folcher, C. Lévy-Clément, C. Vard, M. Neumann Spallart,* n-Si/SnO<sub>2</sub> junctions based on macroporous silicon for photoconversion, *Sol. Energy Mater. Sol. Cells* 46, 101–114. (1997).
28. *H.H. Afifi, S.A. Mahmoud, A. Ashour.* Structural study of ZnS thin films prepared by spray pyrolysis, *Thin Solid Films* 263 248–251, (1995).

29. *M.C. Lopez, J.P. Espinos, F. Martin, D. Leinen, J.R. Ramos-Barrado.* Growth of ZnS thin films obtained by chemical spray pyrolysis: the influence of precursors, *J. Cryst. Growth* 285, 66–75. (2005).
30. *Dong Hyun Hwang, Jung Hoon Ahn, Kwun Nam Hui, Kwan San Hui, Young Guk Son.* Structural and optical properties of ZnS thin films deposited by RF magnetron sputtering, *Nanoscale Res. Lett.* 7, 26, (2012).
31. *M. Ashrat, M. Mehmood, A. Qayyum* Influence of source-to-substrate distance on the properties of ZnS films grown by close-space sublimation, *Semiconductors* 46 (10) 1326–1330, ISSN 1063–7826. (2012).
32. *K. Wright, G.W. Watson, S.C. Parker, D.J. Vaughan.* Simulation of the structure and stability of sphalerite (ZnS) surfaces, *Am. Mineral.* 83, 141–146. 1998.
33. *M.N. Saeed* Structural and optical properties of ZnS thin films prepared by spray pyrolysis technique, *J. Al-Nahrain Univ.* Vol.14 - June - 86–92. 2011.
34. *B. Kherchachi, A. Attaf, H. Saidi, A. Bouhdjer, H. Bendjedidi, Y. Benkhetta, R. Azizi.* Structural, optical and electrical properties of Sn<sub>x</sub>Sy thin films grown by spray ultrasonic, *J. Semicond.* 37 (2) - 2016.
35. *C.K. De, N.K. Misra.* X-ray diffraction analysis of lattice defects of ZnSe thin films deposited at different substrate temperatures, *Indian J. Phys. A* 71 (535) - 1997.
36. *Rahul Vishwakarma.* Effect of substrate temperature on ZnS films prepared by thermal evaporation technique, *J. Theor. Appl. Phys.* 2015. [https://doi.org/ 10.1007/s40094-015-0177-5](https://doi.org/10.1007/s40094-015-0177-5).
37. *J.P. Borah, J. Barman, K.C. Sarma* Structural and optical properties of ZnS nanoparticles, *Chalcogenide Lett.* Vol. 5 - September - 201–208. 2008.
38. *J.M. Blocher.* Coating of glass by chemical vapor deposition, *Thin Solid Films* 77 - 51–64. 1981.
39. *C. Mehta, G.S.S. Saini, J.M. Abbas, S.K. Tripathi* Effect of deposition parameters on structural, optical and electrical properties of nanocrystalline ZnSe thin films, *Appl. Surf. Sci.* 256 - 608–614. 2009.
40. *Cleva W. Ow-Yang, Hyo-young Yeom, David C. Paine,* Fabrication of transparent conducting amorphous Zn–Sn–In–O thin films by direct current magnetron sputtering, *Thin Solid Films* 516 3105–3111. 2008.
41. *R. Ayouchi, D. Leinen, F. Martin, M. Gabas, E. Dalchiele, J.R. Ramos-Barrado* Preparation and characterization of transparent ZnO thin films obtained by spray pyrolysis, *Thin Solid Films* 426, 68–77. 2003.
42. *N. Bouguila, D. Bchiri, M. Kraini, A. Timoumi, I. Halidou, K. Khirouni, S. Alaya.* Structural, morphological and optical properties of annealed ZnS thin films deposited by spray technique, *J. Mater. Sci. Mater. Electron.* 2015. <https://doi.org/10.1007/s10854-015-3659-y>.
43. *Layth M. Abduljabbar,* Study the effect of annealing on optical and electrical properties of ZnS thin film prepared by CO<sub>2</sub> laser deposition technique, *Iraqi J. Laser Part* 13, 29–35. 2014.
44. *A. Yildirim, A. Aytunc, A. Aykut* Annealing effect on structural, optical and electrical properties of ZnS thin films, *Physica E* 41, 1365–1372. 2009.
45. *M. Nadeem, W. Ahmed.* Optical properties of ZnS thin films, *Turk. J. Phys.* 24, 651–659. 2000.
46. *M. Mekhnache, A. Drici, L. Saad Hamideche, H. Benzarouk, A. Amara, L. Cattin, J.C. Bernede, M. Guerioune* Properties of ZnO thin films deposited on (glass, ITO and ZnO:Al) substrates, *Superlattices Microstruct.* 49, 510–518. 2011.
47. *Layth M. Abduljabbar,* Study the effect of annealing on optical and electrical properties of ZnS thin film prepared by CO<sub>2</sub> laser deposition technique, *Iraqi J. Laser* 13, 29–35. 2014.

48. Z.B. Achour, T. Ktari, B. Ouertani, O. Touayar, B. Bessais, J.B. Brahim Effect of doping level and spray time on zinc oxide thin films produced by spray pyrolysis for transparent electrodes applications, *Sens. Actuators A* 134, 447–451. 2007.
49. E.M.N. Al-Fawade, I.S. Naji, H.I. Mohammed Study the Effect of Annealing Temperature on the Structural, Optical and Electrical Ibn Al-Haitham Journal for Pure and Applied Science No. 3 Vol. 25 Year 2012.
50. Rezagholipour D.H., Jamshidi Z.A. and Ehsani M. HEffect of the thickness on the structural and optical properties of ZnS thin film prepared by flash evaporation technique equipped with modified feeder, *Chalcogenide Letters*, 8(4): 231 – 237. 2011.
51. Sze S.M. *Physics of Semiconductor Devices*, 2nd ed, John Wiley & Sons, NewYork. 1981.
52. Ruhul A., Bhuiyan M., Monjarul A.M. and Abdul M.M. Effects of substrate temperature and annealing on the structure and optical properties of ZnS film, *Turk J. Phys.*, 34:1-7. 2010.
53. Ashraf M., Akhtar S.M.J., Ali Z. and Qayyum A. The influence of substrate temperature on the structural and optical properties of ZnS thin film, *Semi Conductor Vabrication Treatment and Testing of Material and Structure*, 45(5):708-711., 2011.
54. Sabaan S. MInvestigation of some physical properties of ZnTe/GaAs and ZnS/GaAs heterojunction, college of science, Baghdad University, Physical department. 2007.
55. Shinde M.S; Ahirrao P.B. and Patil R.S. Structural, Optical and Electrical properties of nanocrystalline ZnS thin films deposited by novel chemical route, *Archive of applied science research*, 3 (2):311-317. 2011.
56. Nadeem M.Y. and Ahmed W. Optical properties of thin films, *Turk J. Phys.*, 24:651-659. 2000,
57. Xiaochun Wu, Lai F., Lin Y., Huang Z. and Chen R. Effects of substrate temperature on the structural and optical properties of ZnS thin film, *Proc of SPIE*, 6722:1- 6., 2007.
58. Ubale A.U. and Kulkarni D.K. Preparation and study of thickness dependent electrical characteristics of zinc sulfide thin films, *Bull. Mater. Sci.*, 28(1):43- 47.Technology, 4(4):384-386, 2005.
59. Джитендра Борсе. Влияние температуры ванны на морфологические и оптические свойства пленок ZnS, полученных методом электрохимического осаждения - DOI 10.17586/2220-8054-2020-11-2-223-229
60. Sachin Rondiya, Avinash Rokade, Sandesh Jadkar. Effect of Bath temperature on optical and Morphology properties of CdS thin films grown by chemical bath deposition *Energy. Procedia*, 110, P. 201–209. 2017.
61. Dergacheva M.B., Urazov K.A., Khussurova G.M. and Leontyeva K.A. New method of Electrodeposition of Nanostructure of ZnS films. *Coatings*, 6, P. 14. 2016.
62. Salim H.I, Olusola O.I, Ojo A.A., Urasov K.A, Dergacheva M.B. and dharmadasa. *Journal of Material Science: Materials in Electronics*, 27, 7, P. 6786–6799. 2016.
63. Tarkeshwar Sinha, Devjyoti Lilhare, Ayush Khare. Effects of Various Parameters on Structural and Optical Properties of CBD-Grown ZnS Thin Films. *A Review Journal of Electronic Materials*, 47(2), P. 1730–1751. 2018.
64. Mondal S., Mitra P. Preparation of cadmium-dopedZnOthin films by SILAR and their characterization. *Bulletin of Materials Science*, 35(5). P. 751–757, 2012.
65. Kale S.S., Mane R.S., Pathan H.M., Shaikh A.V., Joo O.S., Han S.H. Preparation and characterization of ZnTe thin films by SILAR method. *Applied Surface Science*, 253(9), P. 4335–4337. (2007).
66. R. P. PAWAR-Structural and Optical Properties of Chemically Synthesized ZnS Nanoparticals-J. *Chem.*, Vol. 29(3), 1139-1142, 2013 - DOI: <http://dx.doi.org/10.13005/ojc/290341>.
67. Murugadoss G., Rajamannan B., and Ramasamy V.J. *Luminescence.*, 130, 2032, 2010.

68. *Sharma T.P., Patidar D., Saxena N.S., and Sharma K., Indian J. Pure and Applied Phys.*, 44, 125, 2006.
69. *J. Diaz-Reyes, R. Castillo-Ojeda, and all.* Growth and characterization of ZnS nanofilms grown by RF magnetron sputtering on GaAs (IJCSS) V., 8, 15-21, 2014 - DOI:10.1007/978-3-319-15204-2\_19.
70. *A. Boudghene-Stambouli, S. Hamzaoui, M. Bouderbala.* Blue emitting ACPEL devices based upon ZnS: Tm, Li. *Thin Solid Films* 283, 204–208. 1996.
71. *W.Q. Peng, G.W. Cong, S.C. Qu, Z.G. Wang.* Synthesis of shuttle-like ZnO nanostructures from precursor ZnS nanoparticles. *Nanotechnology* 16, 1469-1473. 2005.
72. *D. Gao, X.M. Li, W.D. Yu.* Structure and UV photoluminescence of nanocrystalline ZnO films prepared by thermal oxidation of ZnS films. *Mater. Sci. Eng. B* 113, 274-278. 2004.
73. *V.N. Do, N.T. Tuan, D.Q. Trung, N.D. Kien, N.D. Chien, P. T. Huy.* One-dimensional fabricated by oxidizing ZnS nanowires. *Mater. Lett.* 64 1650-1652. 2010.
74. *D. Curie.* Luminescence in crystals. 1963.
75. *I. Uchida.* Green Edge Emission in CdS. *J. Phys. Soc. Jpn.* 21 645-649. 1966.
76. Структурные и оптические свойства тонких плёнок ZnS, нанесённых методом радиочастотного магнетронного распыления – Дон Хен Хван, Чон Хун Ан, and all, *NanoExpress* – т.7,-номер статьи 26, 2012.
77. *Суббайя Ю.П., Пратхан П., Рамакришна Редди К.Т.* Структурные, электрические и оптические свойства пленок ZnS, нанесенных методом испарения с близкими расстояниями. Приложение *Surf Sci*, 253: 2409-2415. 2006. 10.1016/j.apsusc.2006.04.063.
78. *Ким Ю.С., Ким С.Дж.* Исследования поликристаллических тонких пленок ZnS, выращенных методом атомно-слоевого осаждения для электролюминесцентных применений. Приложение *Surf Sci*, 229: 105-111. 2004. 10.1016/j.apsusc.2004.01.050.
79. *Уоррен Б.Е.* Дифракция рентгеновских лучей. Нью-Йорк: Doverpublications; (1990). GoogleScholar 80. Таус J: Аморфные и жидкие полупроводники. Нью-Йорк: PlenumPress; 1974.
80. *G. Hariharan1 and all.* Influence of Annealing Temperature on the Characteristics of Chemical Bath Deposited Zinc Sulphide Thin Films for Solar Cell Application, *J. New Mat. Electrochem. Systems* s, 22, 001-004 2019.
81. *Rajeshkumar P.K., Amitkumar J.P.* Investigation of the effect of zinc precursors onto structural, optical and electrical properties of CBD deposited ZnS thin films. *NANOSYSTEMS: PHYSICS, CHEMISTRY, MATHEMATICS*, 12 (3), P. 317–328 - 2021. DOI: 10.17586/2220-8054-2021-12-3-317-328
82. *Moholkar A.V., Agawane G.L., et al.* Influence of deposition temperature on morphological, optical, electrical and optoelectrical properties of highly textured nanocrystalline spray deposited CdO:Ga thin films. *Applied Surface Science*, 257 (1), P. 93–101. 2010.
83. *Ruffner J.A., Himel M.D., et al.* Effects of low substrate temperature and ion assisted deposition on composition, optical properties, and stress of ZnS thin films. *Applied Optics*, 28 (24), 5209. 1989.
84. *Ahn H., Um Y.* Post-annealing effects on ZnS thin films grown by using CBD method. *Journal of Korean Physical Society*, 67 (6), P. 1045–1050. 2015.
85. *Nadeem M.Y., Ahmed W.* Optical properties of ZnS thin films. *Turk. J. Phy.*, 24, P. 651–659. 2000.
86. *Mendil R., Ben Ayadi Z., Ben Belgacem J., Djessas K.* The properties of ZnS thin films prepared by rf-magnetron sputtering from nanoparticles synthesized by solvothermal/hydrothermal route. *J. Mater. Sci.: Mater. Electron.*, 27, P. 444–451. 2016.

87. *Babu P., Reddy M. et al.* Chemical bath deposition of Mn-doped ZnS thin films using greener complexing agents: Effect of Mn-doping on the optical properties. *Optik*, 130, P. 608–618. 2017.
88. *Vishwakarma R.* Effect of substrate temperature on ZnS films prepared by thermal evaporation technique. *J. Theor. Appl. Phys.*, 9, P. 185–192. 2015.
89. *Shukla V., Patel A.* Effect of doping concentration on optical and electrical properties of intrinsic n-type ZnO (i-ZnO) and (Cu,Na and K) doped p-type ZnO thin films grown by chemical bath deposition method. *Nanosystems: physics, chemistry, mathematics*, 11 (4), P. 391–400, 2020.
90. *С. Турумавалаван and all* Исследования структуры, морфологии поверхности и оптических свойств тонких пленок сульфида цинка (ZnS), полученных методом химического осаждения в ванне. №8 СВ497Е51660, Т. 10 (6), с. 204 - 209, 2015.

## МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ СЕРО-ГРАВИЙНОГО ИНЕРТНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ДОРОЖНОЙ ОТРАСЛИ ТУРКМЕНИСТАНА

Бегмурадова Б.<sup>1</sup>, Атаханова М.<sup>2</sup>, Аннамядов Х.<sup>3</sup>, Бахтиярова М.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Бегмурадова Бахаргуль – преподаватель,

<sup>2</sup>Атаханова Мая - старший преподаватель,

<sup>3</sup>Аннамядов Хезрет – студент,

<sup>4</sup>Бахтиярова Мяхри – студент,

Туркменский государственный архитектурно-строительный институт,  
г. Ашхабад, Республика Туркменистан

**Аннотация:** в Туркменистане ведутся научные работы по созданию эффективного метода получения серо-гравийного инертного материала за счет переработки отходов серы. Данная инновационная технология направлена на решение экологических проблем по утилизации отходов производства битумного вяжущего и серного бетона.

**Ключевые слова:** дорожные покрытия, инертный материал, серо-гравий, переработка отходов производства.

УДК 625.8

В Туркменистане начаты работы по разработке технологии производства серо-гравийного инертного материала. Основная цель данной разработки заключается в создании эффективного метода получения серо-гравийного инертного материала за счет переработки отходов серы. В рамках этого процесса используется смеситель, в котором происходит модификация компонентов составной смеси [1]. Новая технология направлена на решение экологических проблем по утилизации отходов и охватывает производство битумного вяжущего и серного бетона, предназначенного для устройства дорожных покрытий с использованием серо-гравия.

Отходные материалы, такие как сера с оптимальными характеристиками, могут успешно использоваться при строительстве дорог в условиях жаркого климата Туркменистана. Это позволит повысить устойчивость дорожных покрытий к экстремальным температурам и быстрому износу.

Выделяют следующие основные группы инертных материалов:

1) карьерный, речной, морской, кварцевый песок, повсеместно используемый в гражданском и промышленном строительстве, ремонтно-отделочных, дорожно-строительных работах, при производстве железобетонных изделий. В зависимости от размера частиц выделяют песок крупной и мелкой фракции;

2) гравийный щебень, получаемый за счет дробления горной породы в специальном оборудовании. Если сравнивать с гравием, который получается в результате естественных процессов с последующим просеиванием, то щебень имеет выраженную угловатую поверхность. Данное свойство обеспечивает хорошее сцепление с другими строительными материалами – например, при производстве бетона [2]. Гравийный щебень нашел применение во всех строительных работах, где по проекту прочность бетона не выше класса В25 (М350) из-за малой прочности самого материала;

3) гранитный щебень, получаемый в результате подрыва глыбы, дробления и просеивания на автоматизированном оборудовании. По сравнению с гравийным щебнем гранитный отличается большей прочностью (от М800 до М1600), повышенной морозостойкостью. Соответственно, данные инертные материалы можно использовать там, где бетон испытывает повышенные нагрузки – строительство

аэродромов, многоэтажное строительство, устройство дорог под тяжелую спецтехнику, изготовление железобетонных изделий;

4) керамзитовый гравий или щебень получается посредством обжига глины или сланца. Относится к легким пористым инертным материалам, используемым в качестве утеплителя, при производстве легких бетонов для малоэтажного строительства. Также применяется в качестве дренажного материала при устройстве насыпей дорог [3].

Среди особенностей инертных строительных материалов можно отметить небольшую себестоимость – возможно использование в различных сферах строительства и производства без значительного удорожания работ. Инертные материалы являются неотъемлемыми элементами при изготовлении строительных растворов, бетонов, при производстве железобетонных изделий. Они позволяют придать бетону требуемые физико-механические свойства. Помимо использования в качестве наполнителей материалы нашли применение при выравнивании площадок, устройстве подушек при дорожном строительстве, отделочных работах, при изготовлении плитки.

### *Список литературы*

1. *Фомин А.Ю., Хозин В.Г., Козлов В.С.* К вопросу об эффективности серосодержащих дорожно-строительных материалов: Сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции. Казань, 2008.
2. *Циак Н.* Анализ влияния состава жидких агрессивных сред на коррозионную стойкость цементных бетонов, пропитанных расплавом серы // Строительство и техногенная безопасность: Сборник трудов международной конференции. Симферополь, 2007.
3. *Грушко И.М.* Дорожно-строительные материалы. М.:1991.

---

## MANUFACTURING TECHNOLOGY OF PRECAST REINFORCED CONCRETE PRODUCTS

**Begmuradova B.<sup>1</sup>, Garamammedov G.<sup>2</sup>, Gurbannazarov P.<sup>3</sup>,  
Khadjimuradova O.<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>*Begmuradova Bahargul – lecturer,*

<sup>2</sup>*Garamammedov Garamammed – student,*

<sup>3</sup>*Gurbannazarov Parakhat – student,*

<sup>4</sup>*Khadjimuradova Oguljan – student,*

*TURKMEN STATE ARCHITECTURE AND CONSTRUCTION INSTITUTE  
ASHGABAT, REPUBLIC OF TURKMENISTAN*

**Abstract:** *the analysis of the manufacturing technology of precast reinforced concrete products leads to the conclusion that there is a system of separate technological processes consisting of separate operations, starting from the reception of raw materials and ending with quality control, acceptance and shipment of finished products to the consumer.*

**Keywords:** *technological cycle, building mixes, reinforced concrete products.*

*UDC 691.32*

The technological process of manufacturing precast concrete and reinforced concrete products is a set of separate technological processes consisting of separate operations, starting from the reception of raw materials and ending with quality control, acceptance and

shipment of finished products to the consumer. This general sequence of execution of the entire set of technological operations practically does not depend on the accepted method (technology) of production and is inherent in all practiced methods: bench, conveyor, aggregate-flow and mixed, implemented on the corresponding technological lines. The specifics of performing the element cycles and their constituent technological operations (for example, the reinforcement or molding cycle) depend on the accepted production method (technology) [1].

The same operations (for example, reinforcement tension or laying of concrete and compaction of concrete) can be performed using different equipment, methods and techniques of implementation inherent in the adopted production technology and the corresponding equipment (equipment) of technological lines. The main element cycles are performed in a certain sequence, forming a common technological cycle. Some of them (in particular, the preparation of molds, reinforcement) are carried out mainly in parallel with the preparation of concrete and its transportation to the place of molding products. Each element cycle of the basic technological scheme reflects either the main methods and techniques of its implementation (for example, types of vehicles for the delivery of materials).

The modern version of the technology for the use of cement-based building mixes dates back to 1824, when the British builder D. Aspdin took out the first patent for the manufacture of Portland cement. The name of the material includes the town of Portland, characterized by picturesque terrain and gray rocky mountains, so similar in color to the new building material. Since that time, cement has been widely distributed throughout Europe and the world, constantly gaining popularity and gaining markets.

Depending on the field of use, weather conditions and expected loads, different mixtures in composition and quality are required. Heavy concrete is the most popular and in demand. Today, it is needed in huge quantities for the construction of supporting structures, foundations, monolithic buildings and other critical facilities. For the production of heavy concrete, cement is used, one of the most important components. It is used in all grades of concrete and must meet regulatory requirements [2].

The material has a powdery bulk structure and a gray color. The shades may vary and depend on the raw material and the manufacturer's technology. A large filler performs several functions simultaneously: it reduces the consumption of the most expensive component, reduces the cost, and creates the necessary structure and strength. Most often, small and medium fractions of crushed stone and gravel are used as a filler. To increase the mechanical properties, a filler with sharp corners and edges is better suited. In this case, better adhesion is obtained and the density of the material increases. Crushed stone with a fraction size of 5-20 mm is best suited. The material is extracted mechanically from natural sources. It consists of rocks of different composition and density. Construction technologies are constantly developing and today artificial substitutes are increasingly coming to replace natural crushed stone: prepared slags, expanded clay and others. They reduce the cost of the material, but slightly reduce the strength characteristics. Construction technologies are constantly developing and today artificial substitutes are increasingly coming to replace natural crushed stone: prepared slags, expanded clay and others. They reduce the cost of the material, but somewhat reduce the strength characteristics.

### ***References***

1. *Машырыков Э., Оразов А., Овезова А., Бегмурадова Б.* Возможности производства инновационных строительных материалов в Туркменистане // Вестник науки. 2024. № 2 (71).
2. *Трофимов Б.Я.* Технология сборных железобетонных изделий. М.:2021

# FEATURES OF THE CONSTRUCTION SITE DESIGN DURING THE CONSTRUCTION OF BRIDGES

Begmuradova B.<sup>1</sup>, Charyeva C.<sup>2</sup>, Dilmuradova D.<sup>3</sup>, Dovletsakhedov C.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Begmuradova Bahargul – lecturer,

<sup>2</sup>Charyeva Saadat - senior lecturer,

<sup>3</sup>Dilmuradova Dilnoza – student,

<sup>4</sup>Dovletsakhedov Saparmamed – student,

TURKMEN STATE ARCHITECTURE AND CONSTRUCTION INSTITUTE  
ASHGABAT, REPUBLIC OF TURKMENISTAN

**Abstract:** *a detailed analysis of the requirements for the design of the construction site for the construction of bridges has been carried out. It is concluded that it is necessary to comply with these requirements in order to ensure the technical and environmental safety of construction facilities.*

**Keywords:** *design, bridge structures, construction site, technical safety.*

When choosing the location for the construction site, several factors should be taken into account. These include the terrain and its existing infrastructure, fluctuations in the water level during the construction period, climatic conditions, sources and methods for obtaining bulk materials, width and flow of the river, and accepted working methods.

It is often more cost-effective to locate the site on the riverbank with access roads. However, if a significant amount of work is required on the other side of the river, a temporary site can be established.

The creation of an additional site may be particularly beneficial when concrete aggregates are delivered by river or truck to both banks. It is advisable to establish construction sites on both sides when building large and complex bridges with high traffic volumes. It is recommended to locate the construction site as close as possible to the bridge, but outside the base of the approach ramps and outside the area prone to flooding. There may be structures within the flood zone that would not be affected by flooding [1].

Construction sites must meet the following basic requirements:

-temporary buildings, structures and devices should not be located within permanent structures; the distances of transportation of materials and structural elements should be the smallest; the location of warehouses, landfills, concrete plant should be assigned taking into account the accepted vehicles and conditions of receipt of materials for construction;

-power sources for construction with electricity should be located close to consumers; it is not recommended to place long-term used premises and installations within flooded areas; temporary buildings and structures in flooded areas should be fenced with soil bridges; the location of material warehouses and processing workshops and sites should correspond to the technological sequences of the work performed so that the flows of materials are clearly expressed from the warehouse to the place of installation in the building under construction;

-the offices of the sites should be located closer to the center of the main work; temporary buildings and structures should be located at such a distance so as not to interfere with the construction of the bridge and not clutter the approaches to it;

A residential area is being developed outside the production zone of construction and installation work in accordance with sanitary regulations. The main material warehouse and equipment warehouse are located far away from the main production facilities of the construction site. Buildings and structures on the plan must be separated by fire breaks: at least 20 meters between combustible buildings, 30 meters between combustible buildings and wooden warehouses, and 50 meters between buildings and structures [2].

- The complex for the production of concrete should be located near workshops, garages and metal warehouses. The plan of the construction site includes: the contours of the under-construction bridge (approaches, supports and superstructures), communication routes,

storage facilities for crushed stone, sand, cement and timber, as well as fuel and lubricant storage, buildings and structures such as offices, concrete laboratories, boiler rooms, compressor stations, transformer stations or power plants, pumping stations, concrete plants, reinforcement shops, mechanical workshops and carpentry shops, garages, parking areas, a landfill for manufacturing reinforced concrete structures with stands and steam chambers, and communication networks (electricity grid, water supply and steam pipelines). Landfills and sites should be located in such a way that easy access to them from warehouses, as well as from them to the bridge under construction, should be provided; buildings, warehouses and other structures of the following types should be constructed on the construction site: collapsible panel or frame-panel, mobile and container; solutions should be reflected on the construction site, ensuring the safety of the work.

### *References*

1. *Бронитейн Г.Х., Хенкин Л.И.* Разбивка мостовых сооружений. 2010.
2. *Мурадова Д., Гурбанова А.* Масштабные строительные проекты – направление развития сегодняшнего Туркменистана // *Строительство и архитектура Туркменистана.* 2023. 3(35).

---

## **LABORATORY TESTS OF CONCRETE QUALITY** **Begmuradova B.<sup>1</sup>, Charyeva C.<sup>2</sup>, Gurbanov I.<sup>3</sup>, Chishiyev A.<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>*Begmuradova Bahargul – lecturer,*

<sup>2</sup>*Charyeva Saadat - senior lecturer,*

<sup>3</sup>*Gurbanov Ibrahim - senior lecturer,*

<sup>4</sup>*Chishiyev Azatgeldi – student,*

*TURKMEN STATE ARCHITECTURE AND CONSTRUCTION INSTITUTE  
ASHGABAT, REPUBLIC OF TURKMENISTAN*

**Abstract:** *research on the study of concrete quality indicates the need for specialized laboratories to have a complex of specialized measuring and other equipment for testing and measurements. With the help of laboratory equipment, a complete database on the composition of concrete of various grades is created, taking into account all the necessary characteristics.*

**Keywords:** *laboratory, devices, methods of concrete quality control.*

The quality of concrete depends not only on the strength and durability of buildings and structures, but also on the safety of the people who will live in them. Strict requirements are imposed on concrete produced in factories. It is possible to produce building mixes only from the highest quality ingredients that fully comply with existing standards. Special laboratories are being created to control the quality of concrete. After verification, a special certificate is issued to the construction mix, which serves as confirmation that the concrete fully meets the necessary standards and quality requirements [1].

The composition of the concrete is controlled using professional equipment. It represents a whole complex of measuring and other equipment for testing, measurements, and laboratory research. Construction companies that care about the quality of the concrete produced install equipment for the laboratory of the concrete plant right on the construction site in a small room

Concrete laboratories perform the following functions: they carry out daily control of the production process, namely: they check how well the materials used correspond to the selected recipe for the production of concrete mix. Adjust the formulation if necessary. The

ingredients that make up the concrete are tested. The dosage accuracy is monitored. The values of temperature and humidity of fillers are monitored before the start of the production process. The mixing time is monitored, as well as the accuracy of the execution of time cycles at each stage of production. They control the climatic parameters of ingredients, water, and the finished building mix in the cold season. Concrete samples are taken to assess its quality and grade.

The laboratory of the concrete plant controls the production and technological process, namely, the storage conditions of components in warehouses. The correct operation of the measuring and actuating equipment. Measuring the amount of the mixture produced, adjusting the volume of concrete shipped to consumers. Control of concrete strength, compliance with the requirements set by the customer in the terms of reference.

The minimum equipment of the concrete laboratory includes 10 basic elements: A vibrating platform for determining the characteristics of the building mix. Devices with which concrete is tested for delamination, mortar, and water separation.

Special scales are an accurate device for determining the strength, density of concrete, humidity level, and ingredients included in its composition. A sieve that disperses crushed stone and sand. A dryer is a cabinet in which the degree of humidity of inert substances is determined. A set of special measuring instruments – rulers, hydrometers, measuring cylinders. A device that determines the degree, at what speed and how much the concrete thickens and sets. A device that determines the level of stiffness. A cone-shaped device that determines the degree of mobility of the building mix. An air meter that measures the amount of air contained in concrete. High-tech concrete quality control methods guarantee precise compliance with the technology at every production stage [2].

With the help of laboratory equipment, a complete database of concrete recipes of different brands is created, taking into account all the necessary characteristics. Laboratory tests of concrete take place right on the production site. Due to this, it is possible to notice any inaccuracies in time and make the necessary adjustments to the production process. Our own laboratory research equipment allows us to develop technical maps of new recipes. Thanks to this, it is possible to greatly expand the range of products. Factories equipped with their own concrete laboratories make not only concrete, but also concrete rings, paving slabs, curbs, and various concrete blocks. Research and testing of concrete can only be carried out by specially trained highly qualified specialists who have passed certification. The costs associated with the maintenance of the equipment must be paid, even when the company is not operating.

### *References*

1. *Баженов Ю.М.* Технология бетона. М.:1997
2. *Машырыков Э., Оразов А., Овезова А., Бегмурадова Б.* Возможности производства инновационных строительных материалов в Туркменистане // Вестник науки. 2024. № 2 (71).

# TECHNOLOGY FOR CREATING SATELLITE GEODETIC NETWORKS

Charyeva C.<sup>1</sup>, Kakabayeva M.<sup>2</sup>, Balzhayev P.<sup>3</sup>, Babayev D.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>*Charyeva Saadat - senior lecturer,*

<sup>2</sup>*Kakabayeva Myakhri – lecturer,*

<sup>3</sup>*Balzhayev Perkhata – student,*

<sup>4</sup>*Babayev Davut – student,*

*TURKMEN STATE ARCHITECTURE AND CONSTRUCTION INSTITUTE  
ASHGABAT, REPUBLIC OF TURKMENISTAN*

**Abstract:** *the features of data collection for GPS surveys are considered. The main methods of transformation of coordinates from the WGS-84 ellipsoid into user coordinate systems have been studied. The main stages of the geodetic GPS network compilation are investigated.*

**Keywords:** *mathematical ellipsoid WGS-84, baseline, satellite data acquisition technologies, geodetic GPS networks.*

The main method of data collection for all GPS surveys is by observing baselines. One receiver is placed at a known location, and the other at a location whose spatial position needs to be determined. Over a period of time, which depends on the specific shooting type, the baseline is observed, after which the receiver is moved to the next location. One of the main differences between GPS surveys and traditional geodetic surveys is that coordinates are calculated using the WGS-84 ellipsoidal model, rather than in a planned coordinate system. This means that the relative positions of the surveyed points are calculated relative to a set of base stations, which are transformed to the desired ellipsoid and projection system, such as the Krasovsky ellipsoid in a rectangular Gauss projection. There are several methods for converting coordinates from the WGS-84 ellipsoid to custom coordinate systems. The most common methods include the Molodensky method, the "7 parameter" method, and the method of spatial rotation of the network, as well as polynomial regression [1].

All calculations in GPS are performed in a geocentric coordinate system using the parameters of the WGS-84 mathematical ellipsoid, whose center coincides with the center of gravity of Earth. Unlike the lines used in traditional geodesy, the vector, also known as the BaseLine, is the result of processing GPS data. It is a line connecting the base station and the defined station relative to the center of the Earth on the WGS-84 mathematical ellipsoid. Several vectors together form a geodetic GPS network that covers the surface of the mathematical ellipsoid.

With the help of specialized software, the network can be accurately aligned. In some programs, it is even possible to combine GPS measurements with traditional geodetic measurements, and transform the coordinates of identified points into the Krasovsky Ellipsoid using an accepted cartographic projection. There are several technologies used to monitor vectors in a geodetic GPS network. These methods of collecting data from satellites differ in the accuracy of determining coordinates, observation time, and performance. However, there are some conditions that must be met for successful execution of any type of GPS survey: to perform geodetic GPS vector observations, it is necessary to ensure simultaneous operation of at least two GPS receivers, followed by combining their accumulated data. Simultaneous reception of a satellite radio signal from at least four satellites is required, which can be difficult in built-up or wooded areas. It is also important to avoid the presence of powerful working TV and radio broadcasting devices, especially those with a periscopic radio signal amplification scheme, as they can drown out or distort the satellite signal.

As a general rule, all GPS receivers have a navigation mode. In this mode, the receiver's display or controller continuously shows data about the spatial position, speed, and direction

of movement of the receiver. It is also possible to enter coordinates of a destination point, which will show the distance, direction, and time to arrive if the receiver keeps moving at a constant speed [2, 3]. The operator can mark a standing point as special, which the receiver will remember in its internal memory. This method of navigation has the lowest accuracy but is useful for finding objects with known coordinates, such as the centers of geodetic points with destroyed signs, wells, and other underground utilities. Kinematic real-time surveying is used in situations where it is necessary to obtain coordinates directly on the ground. It can be used for making design decisions on terrain, conducting topographic surveys by drawing a plan on the spot, and other tasks. Static and fast-static surveys are the traditional and most common types of GPS surveys. These types of surveys provide very high accuracy in determining coordinates.

### *References*

1. Антонович К.М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии. М.: 2006.
2. Гучельдиев А., Ходжамов Т., Хемраев Н. Основные пути совершенствования картографического образования // Студенческий журнал. 2024. № 2(256).
3. Kerimov K., Khodzhimuradov R., Azadova A. Implementation of the concept of modern educational space in the projects of construction of new buildings of technical universities of Turkmenistan // Модели и методы повышения эффективности инновационных исследований. 2023 - Уфа.

---

## **ACHIEVEMENTS IN THE FIELD OF CONSTRUCTION OF CHEMICAL INDUSTRY ENTERPRISES IN TURKMENISTAN** **Charyeva S.<sup>1</sup>, Begmuradova B.<sup>2</sup>, Gurbanov I.<sup>3</sup>, Bayramdurdyev N.<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>*Charyeva Saadat - senior lecturer,*

<sup>2</sup>*Begmuradova Bahargul – lecturer,*

<sup>3</sup>*Gurbanov Ibragim - senior lecturer,*

<sup>4</sup>*Bayramdurdyev Nuryagdy – student,*

*TURKMEN STATE ARCHITECTURE AND CONSTRUCTION INSTITUTE  
ASHGABAT, REPUBLIC OF TURKMENISTAN*

**Abstract:** *the conducted research indicates the accelerated development of the construction of facilities in the chemical industry of Turkmenistan. Much attention is paid to low-carbon technological processes with a minimum level of carbon dioxide emissions into the atmosphere, that is, the formation of production facilities for the production of "blue ammonia". Promising areas for further development of the chemical industry include projects for the construction of hydrogen production complexes.*

**Keywords:** *chemical enterprises, raw materials base, environmental safety.*

One of the priorities of the chemical industry of Turkmenistan is the full and effective use of national natural resources. The solution of this strategic task implies not only their extraction, but also deep processing using the most modern technologies that allow us to produce high-quality products that are widely in demand both in the domestic and foreign markets. Special attention of industry specialists is focused on the growth of production of mineral fertilizers [1]. The country's resource capabilities make it possible to produce all types of mineral fertilizers in volumes that meet the domestic needs of the country, as well as to increase export potential. Currently, ammonia-carbamide complexes are successfully operated in the cities of Tejen and Mary.

The presence of large reserves of natural gas in Turkmenistan makes it promising to build additional capacities for the production of nitrogen fertilizers, in particular, carbamide. Turkmenistan occupies one of the leading places in the world in terms of reserves of hydromineral raw materials, and in particular iodine and its derivatives. There are five deposits of iodine-bromine waters with already approved reserves on the territory of the state, as well as their numerous manifestations, the reserves of which have yet to be approved. In accordance with the program for the development of the chemical industry, the State Concern Turkmenhimiya intends to begin construction of new plants for the production of iodine, bromine and their derivatives in the Balkan province in the near future [2]. Another enterprise of the concern, the Guvlyduz combine on the shore of the Caspian Sea, where iodized food salt and technical salt are produced for industrial enterprises of the country, is implementing a project to build a new workshop for the production of high-quality food iodized salt and technical tableted salt.

Garabogazgol, the largest deposit of sodium sulfate and other minerals on the globe, plays an important role in the development of the mineral resource base. In particular, the gulf is an inexhaustible source of raw materials for the production of a number of magnesium, sodium salts, bromine, boron and lithium compounds. Here, under normal natural conditions, these salts crystallize on an industrial scale. Currently, the Garabogaz Sulfate production association produces sodium sulfate and magnesium chloride.

In addition, Turkmenistan pays great attention to low-carbon technological processes with a minimum level of carbon dioxide emissions into the atmosphere. In particular, we are talking about the production of so-called blue ammonia - the technology provides for almost complete capture of carbon dioxide released in the production process. Another promising direction for the development of the chemical industry is the production of hydrogen. The topic is very relevant today – many countries are gradually abandoning fossil fuels, and environmentally friendly energy sources should replace them [3].

A promising direction for the development of the industry - production of household chemicals, organic polymers such as polypropylene, polyethylene, polyvinyl chloride, as well as urea-formaldehyde, melamine-formaldehyde resins and various paints, adhesives, building, structural and other materials based on them. The implementation of these projects will significantly strengthen the country's economic potential and expand its export opportunities.

### *References*

1. *Машырыков Э., Оразов А., Овезова А., Бегмурадова Б.* Возможности производства инновационных строительных материалов в Туркменистане // Вестник науки. 2024. № 2 (71).
2. *Шагулыев А.* Отечественная стройиндустрия на современном пути развития // Строительство и архитектура Туркменистана. 2023. 3(35).
3. *Москвичев Ю.А.* Теоретические основы химической технологии. М.: 2021.

# ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

## МЕТОДИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ «ПОИГРАЕМ В БУКВЫ И ЗВУКИ»

Кузьминская В.А.

Кузьминская Вера Александровна - учитель-логопед,  
Муниципальное бюджетное дошкольное образовательное учреждение  
детский сад № 26 «Петушок»,  
г. Туапсе

**Аннотация:** образовательная ситуация, направленная на закрепление у дошкольников умения дифференцировать гласные и согласные звуки и буквы.

**Ключевые слова:** гласный, согласный, звук, буква.

**Возраст воспитанников:** старший дошкольный возраст (седьмой год жизни).

**Цель:** создание условий для закрепления представлений о буквах и звуках в игровой деятельности.

**Задачи:**

1. Закрепить представления детей о понятии гласный и согласный звук и буква.
2. Развивать звуковое внимание, концентрацию, умение слышать и вычленять звуки в словах.

3. Воспитывать умение взаимодействовать в коллективной игре, осуществлять взаимопроверку и взаимопомощь, действовать по заданным игровым правилам.

**Образовательные области:** речевое развитие, социально-коммуникативное развитие, познавательное развитие.

**Виды деятельности:** игровая, коммуникативная, двигательная.

**Методы и приемы:** словесный, наглядный, игровой.

**Оборудование:** чек-лист с обозначением игр, карточки с буквами, картинки, кубик с буквами, фломастеры, магниты.

Таблица 1. I этап. Способствуем формированию у детей внутренней мотивации к деятельности.

Содержание	Обратная связь на высказывание детей/примечание
- Ребята, как думаете, что обозначают эти картинки? - Верно. Это игры. - А цифры? - Порядок проведения игры. - Кто любит играть, хлопните в ладоши. - Отлично! Поиграем! - Давайте выберем того, кто будет ставить отметку о том, что игра проиграна. - Какая игра первая? Посмотрите, где в группе обозначение с цифрой 1.	У педагога карточки с обозначением игр.  Лист с обозначением игр помещается на магнитной доске.

Таблица 2. II этап. Способствуем реализации детского замысла.

Содержание	Обратная связь на высказывание детей/примечание
<p>- <b>Первая игра «Подбери картинку»</b></p> <p>- Ребята, перед вами карточки с буквами, обозначающими согласные звуки и разные картинки.</p> <p>- Как думаете, что нужно делать?</p> <p>- Верно вы догадались. Каждый выберет по три картинки, которые начинаются на тот, звук, который обозначен буквой в карточке.</p> <p>- Скажите, на какие звуки вы подбирали картинки? (согласные)</p> <p>- Ребята, проверьте друг друга, все ли правильно выполнили это задание.</p> <p>- Игровое задание выполнено, поставим отметку на листе.</p> <p>- Какая игра следующая?</p> <p><b>Игра «Кто первый?»</b></p> <p>- Где удобно будет поиграть в эту игру?</p> <p>- Что нужно, чтобы поиграть?</p> <p>- Ребята, чего не хватает на ваших карточках?</p> <p>- Верно, букв. Выберите тот звук, который есть на кубике и обозначьте его на своей карточке в каждой клетке.</p> <p>- Если звук согласный, каким цветом его нужно напечатать? А если гласный?</p> <p>- Возьмите все необходимое.</p> <p>- Ну вот, теперь все готово. И можно начинать игру.</p> <p>- Правила такие: каждый подбрасывает кубик, у кого выпала буква, обозначенная на его карточке, тот отрывает одну клеточку с этой буквой. У кого первого закончатся все клетки, тот и считается победителем.</p> <p>- Ребята, как еще можно назвать эту игру?</p> <p>- Замечательно поиграли. Сделаем отметку в чек-листе.</p> <p>- Какая игра осталась?</p> <p><b>Игра «Буква-картинка-фишка»</b></p> <p>- Кто помнит, что нужно, чтобы поиграть в эту игру?</p> <p>- Найти себе пару.</p> <p>- Расскажите правила игры.</p> <p>- Игра начинается.</p>	<p><i>На листе игра с цифрой 1.</i></p> <p><i>Дети располагаются на ковре.</i></p> <p><i>- Какие вы догадливые.</i></p> <p><i>- Отлично у вас получается.</i></p> <p><i>- Все здорово справились и правильно выполнили это задание.</i></p> <p><i>На листе с играми обозначение игры с цифрой 2.</i></p> <p><i>Дети играют за столом.</i></p> <p><i>Дети договариваются между собой, кто какую букву будет печатать на своей карточке.</i></p> <p><i>- Дружно поиграли и буквы вспомнили.</i></p> <p><i>- Отличная игра.</i></p> <p><i>В таблице обозначение игры с цифрой 3.</i></p> <p><i>Каждый находит себе пару.</i></p> <p><i>Один ребенок выбирает букву, напечатанную на листе бумаги и ставит на неё конус. Другой находит картинку, которая начинается с заданного звука и тоже отмечает ее конусом. Затем дети меняются.</i></p>

Таблица 3. III этап. Способствуем проведению детской рефлексии по итогам деятельности.

Содержание	Поддержка детских высказываний/примечание
<p>- Ребята, чем мы сегодня занимались?</p> <p>- Кто заметил, чем похожи все эти игры?</p> <p>- Верно. Все игры были про звуки и буквы.</p> <p>- Какая игра вам понравилась больше?</p> <p>- Предлагаю взять магниты и отметить ту, игру, которая вам понравилась больше.</p> <p>- Кого бы вы могли научить поиграть в эти игры?</p>	<p><i>- Сегодня все были внимательными.</i></p> <p><i>- Все постарались.</i></p> <p><i>- Молодцы!</i></p>

### ***Список литературы***

1. *Миронова Н.М.* Развиваем фонематическое восприятие у детей подготовительной логогруппы. – М.: ООО «Издательство ГНОМ и Д.», 2009 г.

## ASSISTED REPRODUCTIVE TECHNOLOGIES FOR WOMEN WITH REPRODUCTIVE DYSFUNCTION

**Soliyeva R.B.**

*Soliyeva Ranokhon Bokhodirjon kizi - PhD, Assistant,  
DEPARTMENT OF OBSTETRICS AND GYNECOLOGY,  
ANDIJAN STATE MEDICAL INSTITUTE,  
ANDIJAN, REPUBLIC OF UZBEKISTAN*

**Abstract:** *assisted reproductive technology (ART) includes fertility treatment in which either eggs or embryos are handled outside a female's body to promote successful pregnancies and healthy offspring. Current ART procedures encompass in vitro fertilization with or without intracytoplasmic sperm injection.*

**Keywords:** *ovarian stimulation, oocyte retrieval, fertilization, embryo culture, and embryo transfer, genetic testing.*

The most common complication of ART is related to the consequences of multiple pregnancy, which can be prevented or minimized by reducing the number of embryos transferred to the uterus, commonly single embryo transfer. ART has been shown to be variably associated with adverse short- and long-term perinatal outcomes, including cerebral palsy, autism, neurodevelopmental imprinting disorders, and cancer. However, there is uncertainty as to whether reported problems are related to the ART procedure itself, to factors related to infertility, to other medical and environmental factors, or a combination thereof. From a pathophysiological perspective, whether ART alters epigenetic mechanisms of gene expression, leading to later developmental, medical, and behavioral disorders, is an area of active investigation. With the meticulously conducted short- and long-term outcome studies completed so far, overall, and after controlling for multiple gestations and preterm delivery, the results suggest that ART is a safe procedure, offering hope to many parent(s) wishing for a healthy child. This paper highlights ART methods and the risk factors and confounders in the interpretation of short- and long-term outcome data, providing the reader with a means to evaluate findings and conclusions of outcome studies. The crucial components of the female anatomy in understanding ART are the ovaries, fallopian tubes, and uterus. The ovaries are the third component of the hypothalamic-pituitary-ovarian axis (HPO), which is a complex feedback loop that controls the female menstrual cycle. The ovaries are the female gonads, paired oval-shaped structures that embryologically derive from the mesonephric ridge before descending in the pelvis. The ovaries are where oocytes mature and develop. Production of estradiol and progesterone also derive from the ovary. The ovaries have two peritoneal attachments – the ovarian ligament and the suspensory ligament of the ovary. The ovarian ligament attaches the ovary to the uterus. The suspensory ligament of the ovary attaches the ovary to the pelvic sidewall and contains the neurovascular supply to the ovary. Understanding this anatomy is important in understanding the transvaginal approach to oocyte retrieval.

The uterus responds to the fluctuating hormones produced by the HPO axis. It lies in the pelvis, between the bladder and rectum. It consists of the corpus (the body of the uterus) and the cervix, which connects the uterus to the vagina. The uterine body consists of three layers – the perimetrium, myometrium, and endometrium. The endometrium is composed of two layers, the functionalis, and the basalis. The functionalis layer undergoes cyclical hormonal changes to prepare for implantation with each menstrual cycle. Increasing estrogen levels during the follicular phase of the menstrual cycle results in endometrial glandular proliferation. During the luteal phase, progesterone levels rise, causing the endometrium to undergo secretory changes. If an embryo does not implant during the cycle, estrogen and

progesterone levels fall, resulting in degradation of the functionalism layer, which then sloughs off with menses. [2]

The fallopian tubes are muscular tubes that extend on both sides laterally from the uterus towards the ovaries. They aid in the transfer of the ovum to the uterus, often with fertilization happening within the tube itself. The tubes aid in this transfer by sweeping up the ovum at their fimbriated ends, with smooth muscle contractions and ciliated columnar epithelial cells transferring the ovum or embryo to the uterus where it can implant if fertilized. Before initiation of ART, maternal risks of the ART techniques and pregnancy itself are discussed with the patient. Certain maternal conditions, particularly cardiopulmonary conditions such as pulmonary hypertension and heart failure, are relatively contraindicated conditions for pregnancy. Pre-conception counseling and evaluation to screen for such conditions should be conducted. Even in such patients, gestational carrier options can be utilized. The vitro fertilization is the most commonly utilized assisted reproductive technology. It involves the collection of oocytes from the ovary, followed by fertilization in vitro, and is completed with transferring the resulting embryo into a uterus. It involves various steps outlined below, including controlled ovarian stimulation, oocyte retrieval, fertilization, embryo culture, and embryo transfer. Additionally, preimplantation genetic testing and intracytoplasmic sperm injection may also be included in the process. Cryopreservation with vitrification is then used to freeze excess embryos or for fertility preservation of eggs or embryos. The most common complication of ART is the risk of multifetal pregnancies. In 2009, 41.1% of infants conceived via ART were of multifetal pregnancies (compared to 3.5% of infants in the general population). The effort to reduce multifetal gestation via reducing the number of embryos transferred at once has resulted in a significant reduction—by 2017, 73.6% of ART-conceived infants were from singleton pregnancies.

Multifetal gestation pregnancies have both maternal and fetal consequences. Pregnancies have a higher likelihood of being complicated by various antenatal conditions, including hyperemesis gravidarum, gestational diabetes, and hypertensive diseases of pregnancy. Multifetal gestation pregnancies also have worse fetal and neonatal outcomes than singleton pregnancies, with a significant increase in preterm birth and the associated increase in the risk of stillbirth (fivefold) and neonatal death (sevenfold).

IVF providers limit multifetal gestation pregnancies through several avenues, including low-dose stimulation regimens, close hormone and follicle monitoring during stimulated cycles, and limiting the number of embryos transferred per cycle. Once a multifetal gestation is diagnosed, appropriate counseling regarding the increased risks in pregnancy should be discussed with the patient, and the option of multifetal reduction, when appropriate, should be offered.

Beyond multifetal gestation, singleton IVF pregnancies are also possibly associated with various increased risks compared to naturally conceived pregnancies. These risks include perinatal mortality, preterm delivery, low birth weight, cesarean section, placenta previa, placental abruption, and preeclampsia. These possible risks should also be discussed when counseling patients, but with caution, as the quality of data is limited by the existing study designs. Standardized tracking of outcomes of ART pregnancies to include these outcomes would improve the quality of evidence for or against these potential risks of IVF-conceived pregnancies. There is also limited evidence of a low-level increased risk of birth defects in patients undergoing IVF, particularly with ICSI, though again quality of evidence is low. It is reasonable to offer ultrasonographic surveillance during IVF-conceived pregnancies, such as with fetal echocardiography.

## References

1. *Steptoe P.C., Edwards R.G.* Birth after the reimplantation of a human embryo. *Lancet*. 1978 Aug 12; 2(8085):366.
2. *Critchley H.O., Saunders P.T.* Hormone receptor dynamics in a receptive human endometrium. *Reprod Sci*. 2009 Feb; 16(2) – p. 191-9.
3. *Van Eekelen R., van Geloven N., van Wely M., Bhattacharya S., van der Veen F., Eijkemans M.J., McLernon D.J.* IVF for unexplained subfertility; whom should we treat? *Hum Reprod*. 2019 Jul 08; 34(7):1249-1259.
4. *Noyes N., Labella P.A., Grifo J., Knopman J.M.* Oocyte cryopreservation: a feasible fertility preservation option for reproductive age cancer survivors. *J Assist Reprod Genet*. 2010 Aug; 27(8):495-9.
5. Practice Committee of the American Society for Reproductive Medicine and Practice Committee of the Society for Assisted Reproductive Technology. Electronic address: [ASRM@asrm.org](mailto:ASRM@asrm.org); Practice Committee of the American Society for Reproductive Medicine and Practice Committee of the Society for Assisted Reproductive Technology. Recommendations for practices utilizing gestational carriers: a committee opinion. *Fertil Steril*. 2017.



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ»  
HTTP://SCIENTIFICPUBLICATIONS.RU  
EMAIL: INFO@SCIENTIFICPUBLICATIONS.RU


 РОСКОМНАДЗОР  
СВИДЕТЕЛЬСТВО ПИ № ФС 77-62928

 doi®  
INTERNATIONAL  
DOI FOUNDATION



CYBERLENINKA



НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ  
БИБЛИОТЕКА  
 LIBRARY.RU

 Google™  
scholar

Российская  
книжная палата  
 TACC



Вы можете свободно делиться (обмениваться) — копировать и распространять материалы на любом носителе в любом формате и адаптировать (создавать производные материалы) — делать ремиксы, видоизменять и создавать новое, опираясь на эти материалы. С указанием авторства.

Вы должны обеспечить соответствующее указание авторства, предоставить ссылку на лицензию, и обозначить изменения, если таковые были сделаны.

<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.ru>



ЦЕНА СВОБОДНАЯ