

eISSN 2413-9009



TRAEKTORIÂ NAUKI

International Electronic Scientific Journal

Vol. 5, No 9, 2019

AGRIS
CAB Abstract
CEEOL
CEJSH
Dialnet
DOAJ
East View's Universal Database
EBSCO
FSTA®
Index Copernicus
RePEc
Russian Science Citation Index
CNKI Scholar
Ulrich's Periodical Directory

pathofscience.org

TRAEKTORIÁ NAUKI = PATH OF SCIENCE**Vol. 5****No 9****2019**

Founded in August 2015. Publishing monthly.

Publisher

Altezero, s.r.o. & Dialog
 4B, Južná trieda, Košice mestská časť Juh, 04001, Slovak Republic
 Ph.: (421) 905-38-36-97.

Founders:

Altezero, s.r.o., 4B, Južná trieda, Košice mestská časť Juh, 04001, Slovak Republic
 Publishing Center "Dialog", 2 Club Street, Solonitsevka, 62370, Ukraine

The journal is abstracted in the following international databases: AGORA, AGRIS, AiritiLibrary, Baidu Scholar, Bielefeld Academic Search Engine (BASE), CAB Abstract, Central and Eastern European Online Library (CEEOL), Food Science and Technology Abstracts, Index Copernicus (ICV 2018 = 100,0), Google Scholar, J-Gate, OpenAIRE, Polska Bibliografia Naukowa, ResearchBib, Russian Science Citation Index (IF RSCI 2017 = 0.142), ScienceOpen, The Central European Journal of Social Sciences and Humanities (CEJSH), Türk Eğitim İndeksi, Ulrichsweb Global Serials Directory, WorldCat.

Editor in Chief:

Kataev A., PhD (Economics), Ass. Prof.

Editorial Board:

Aksenova E., PhD (Techniques), Ass. Prof.
 Ananchenko K., PhD (Physical Education and Sport), Ass. Prof.
 Bobro N., PhD (Sociology), Ass. Prof.
 Bolotnaya O., PhD (Economics), Ass. Prof.
 Holoborodko K., Doctor of Science (Language), Prof.
 Golubov A., PhD (Law), Ass. Prof.
 Zaytseva M., Doctor of Science (Arts), Prof.
 Zelenskaya L., Doctor of Science (Education), Prof.
 Kolos N., Doctor of Science (Chemistry), Prof.
 Komir L., PhD (Economics), Ass. Prof.
 Malenko E., Doctor of Science (Language), Prof.
 Oberemok S., PhD (Economics), Ass. Prof.
 Palchyk O., PhD (Agricultural Science), Ass. Prof.
 Panfilova A., Doctor of Science (Pharmacy), Prof.
 Podrigalo L., Doctor of Science (Medicine), Prof.
 Rogovoy A., PhD (Economics), Ass. Prof.
 Skrynkovskyy R., PhD (Economics), Ass. Prof.
 Horoshev A., PhD (History), Ass. Prof.
 Shatrovskiy A., PhD (Biology), Ass. Prof.

Editorial office 1:

4B, Južná trieda, Košice mestská časť Juh, 04001, Slovak Republic

Editorial office 2:

2 Club Street, Solonitsevka, 62370, Ukraine

E-mail: editor@pathofscience.org. Site: <http://pathofscience.org>

The journal is an international open-access, peer-reviewed electronic journal created to fully and promptly meet the information needs of the society in the knowledge gained in the course of research and development, research and design, design and technology and production activities of scientists and experts.

The journal publishes original research papers, review articles and short communications papers in the fields of Social, Technical, Natural sciences and Humanities. The scope of problems of articles is not limited.

Responsibility for facts, quotations, private names, enterprises and organizations titles, geographical locations etc. to be barred by the authors. The editorial office and board do not always share the views and thoughts expressed in the articles published.

TABLE OF CONTENTS

SECTION "AGRICULTURE"

Jane Mbolle Chah, Irenonsen Oyaimare Uddin, Ikedichukwu Odoh

Assessment of Organic Fertilizer Usage by Garden Egg Farmers in Enugu State, Nigeria	1001
<i>(Language – English)</i>	1009

SECTION "ECONOMICS"

**Muhammad Usman Adekunle, Maryam Salihu Muhammad, Mathew Oyewole Oluwole,
Hadiza Tijjani Bello, Ibrahim Idris**

Landholders' Involvement in the Compulsory Acquisition of Land and Compensation Process in Bauchi, Nigeria	2001
<i>(Language – English)</i>	2009

Iryna Serniak

Generalization of the Experience of Using Social Tools of Personnel Management at Processing Enterprises of Ukraine	2006
[Узагальнення досвіду використання соціальних інструментів управління персоналом на переробних підприємствах України]	2013
<i>(Language – Ukrainian)</i>	

SECTION "LAW"

Olha Zaiats, Ruslan Skrynkovskyy

Problematic Aspects of Expert Participation in the Civil Procedure of Ukraine	3001
[Проблемні аспекти участі експерта у цивільному судочинстві України]	3011
<i>(Language – Ukrainian)</i>	

SECTION "PHYSICS"

Cliff Orori Mosiori, Walter Kamande Njoroge, Lawrence Otieno Ochoo

Influence of Different Spherical Binary Plasmonic NPs on HTM Layer in Methyl Ammonium Lead Triiodide Solar Cell	4001
<i>(Language – English)</i>	4010

Assessment of Organic Fertilizer Usage by Garden Egg Farmers in Enugu State, Nigeria

Jane Mbolle Chah¹, Irenonsen Oyaimare Uddin¹, Ikedichukwu Odoh¹

¹ *University of Nigeria, Nsukka*

Nsukka Road, 410001, Nsukka, Enugu State, Nigeria

DOI: [10.22178/pos.50-1](https://doi.org/10.22178/pos.50-1)

JEL Classification: Q10

Received 17.07.2019


Accepted 28.09.2019

Published online 30.09.2019

Corresponding Author:

Irenonsen Oyaimare Uddin

uddinirenonsen@gmail.com

© 2019 The Authors. This article is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) 

Abstract. The study was undertaken to assess organic fertilizer usage by garden egg farmers in Enugu State, Nigeria. The multistage sampling technique was used to select 80 garden egg farmers. Descriptive statistics and multiple regression analysis were used to analyse data for the study. The mean age of respondents was 39 years. Fifty-five percent (55 %) of respondents were married. The majority (97.5 %) of the respondents used farmyard manure while the average cost of organic fertilizer was ₦57372.73. A lesser percentage (7.5 %) of respondents in the study applied over 2000 kg of organic fertilizer per hectare with 40 % applying twice per season. The perceived benefit of organic fertilizer was: improvement of soil fertility (2.95 ± 1.12), environment-friendly (2.99 ± 1.23). A constraint identified in the use of organic fertilizer was: slow effect (2.12 ± 1.43), Odorous nature (2.06 ± 1.28) and difficulty in the collection and handling of organic fertilizer (2.72 ± 1.03). The study among other things recommends that farmers be granted credits and extension services that will teach them the required skills in the handling and use of organic fertilizer.

Keywords: garden egg production; organic agriculture; organic fertilizer; soil improvement; soil conservation; vegetables.

INTRODUCTION

Vegetables (leafy and fruits) are broadly cultivated in most parts of sub-Saharan Africa, particularly, in the rural areas, and they constitute the most reasonable and feasible source of micronutrients in diets. Garden egg originated from Tropical Africa [11] and derives its name from the shape of the fruit of some varieties which are white and shaped like chicken eggs [5]. The importance of the garden-egg cannot be overemphasized. It is consumed on daily basis by rural and urban dwellers and also represents the main source of income for producing households in West Africa [6]. Nutritionally, garden egg contains water (92.5 %), protein (1 %), fat (0.3 %), and carbohydrates (6 %). They contain between 30 and 50 % of iron (Fe), fiber, potassium (K), manganese (Mn), copper (Cu) and vitamins; thiamin (vitamin B₁), B₆, folate, magnesium and niacin. Egg-plant also contains phyto-nutrients such as nasunin and chlorogenic acid [19].

Degradation is widely acknowledged as a major factor limiting productivity of the sub-Saharan

African smallholder farming systems [10]. This degradation is particularly predominant in areas of rapid population growth, continuous cropping, restricted use of organic inputs and high application of mineral fertilizers [12]. The seriousness of the soil degradation problem in West Africa has been shown to directly relate to land productivity [8]. Agriculture-based livelihood systems in Nigeria are very vulnerable to food insecurity especially in the low-lying areas of coastal south-south; the flood prone areas of the south-west; the erosion prone areas of the south-east; the flood plain of the Niger-Benue trough, and the semi-arid/sahel drought/desertification prone areas of the north. Land and soil degradation presents a serious threat to the overall attainment of the food production and security in Nigeria. To continue to feed the ever-growing Nigerian population, there is an urgent need for effective soil management practices for optimal crop yields in all the agro-ecological zones of the country.

Enugu agriculture is characterized by soil infertility, due to continuous and over-use of chemicals,

use of inorganic fertilizer, continuous cropping and mixed cropping experienced in the state [21]. Increasingly high inputs of chemical fertilizers during last 50 years have not only left soils degraded, polluted and less productive but have also posed severe health and environmental hazards [17]. Further disadvantages according to them include:

1. Overuse can result in negative effects such as leaching, pollution of water resources destruction of microorganisms and beneficial insects, crop susceptibility to disease attack, acidification or alkalization of the soil, or reduction in soil fertility, all of which cause irreparable damage to the overall ecosystem.
2. Oversupply of nitrogen leads to softening of plant tissue resulting in increased susceptibility to diseases and pests.
3. They reduce the colonization of plant roots with mycorrhizae and inhibit symbiotic nitrogen fixation by *Rhizobia* due to high nitrogen fertilization.
4. They enhance the decomposition of soil, which leads to degradation of soil structure.

Nutrients are easily lost from soils through fixation; leaching or gas emission and can lead to reduced fertilizer efficiency. Alternative sources of plant nutrients have now become highly imperative especially for garden egg production in Enugu State. There is need for use of organic fertilizer that will play a better role in tackling soil infertility and produce food free of harmful chemicals, because, demand for food and agricultural products is increasing as the world's population is growing (to a projected 9.6 billion people in 2050) and incomes are rising in much of the developing world. To satisfy added consumer demand, by 2050 global food production will have to increase by 60 % [3]. From the foregoing, this study was undertaken to assess organic fertilizer usage by garden egg farmers in Enugu State, Nigeria. The specific objectives were to:

- identify varieties of garden egg produced;
- ascertain the types of organic fertilizer used;
- assess pattern of organic fertilizer application;
- identify benefits of organic fertilizer use in garden egg production;
- identify the problem and constraints of using organic fertilizer in garden egg production.

The hypothesis that guided the study is: there is no significance influence of socio-economic characteristics on quantity of organic fertilizer use.

MATERIALS AND METHODS

The study was conducted in Enugu State, Nigeria. The population of the study consisted of all garden egg farmers in Enugu State. A multistage sampling technique was used in selecting respondents. The first involved the random selection of two agricultural zones from the six agricultural zones that make up the state. In the second stage, two blocks were selected from each zone using simple random sampling technique. This gave a total of four (4) blocks. The third stage comprised of the selection of two cells from each of the four blocks through simple random sampling technique giving a total of 8 cells. The fourth stage was the selection of 10 farmers from each cell giving overall respondents of 80 garden egg farmers.

Data for the study was collected using semi-structured interview schedule administered to the respondents. To achieve objective 1, respondents were asked to tick the variety of garden egg they cultivate from a list of garden egg varieties presented to them. Objective 2 was measured by asking respondents to indicate from a list the type of organic fertilizer used by them. Respondents were asked their pattern of application of organic fertilizer application to accomplish objective 3. A five-point Likert scale of; to no extent (0), to a small extent (1), to a moderate extent (2), to a large extent (3) and to a very large extent (4) was used to ascertain perceived benefits of organic fertilizer use in garden egg production. Variables with mean values of ≥ 2 were accepted as perceived benefits of using organic fertilizer in garden egg production while variables with mean values of < 2 were not accepted as perceived benefits of using organic fertilizer in garden egg production. To identify the constraints of using organic fertilizer in garden egg production, a five-point Likert scale of; not serious (0), serious (1), little serious (2), moderately serious (3) and very serious (4) was used. Variables with mean values of ≥ 2 were accepted as constraints in using organic fertilizer in garden egg production while variables with mean values of < 2 were not accepted as constraints in using organic fertilizer in garden egg production.

Percentage, mean and standard deviation were used in the presentation of results. Hypothesis for the study was analysed using multiple regression. The regression equation was:

$$Y = a_1b_1 + a_2b_2 + a_3b_3 + a_4b_4 + a_5b_5 + a_6b_6 + a_7b_7 + U \quad (1)$$

where Y – quantity of organic fertilizer used (dependent variable);

a – constant term;

b – regression coefficients;

x_1 – age of farmers;

x_2 – farming experience;

x_3 – input cost per planting season;

x_4 – income per planting season;

x_5 – household size;

x_6 – marital status;

x_7 – sex of farmers;

U – error term.

Data generated from the interview were analyzed using Statistical Product and Service Solutions (SPSS) version 20 at 5 % level of probability.

RESULTS AND DISCUSSION

Socioeconomic characteristics of garden egg farmers. Table 1 show 58.8 % of the farmers were female, a clear indication that female farmers had interest in garden egg production.

Women represent a crucial resource in agriculture and the rural economy through roles as farmers, labourers and traders [18].

The average age of farmers was 39 years, while 55.0 % of the respondents were married and an average household size of 6 persons. The average age is a reflection that majority of the respondents were still within their economically active age and have the ability to synthesize and utilize information received on garden egg production. Additionally, having a good number of married people engaged in the garden egg production in the study area means that; the farmers could

have more persons in the household to cater for and get help where necessary in carrying out their farm activities.

Table 1 – Socioeconomic characteristics of respondents

Parameters	%	Mean (\bar{x})
Sex		
Male	41.3	
Female	58.7	
Age		
<20	6.3	39
20 – 29	22.5	
30 – 39	26.3	
40 – 49	22.4	
50 – 59	15.0	
60 and above	7.5	
Marital status		
Single	30.0	
Married	55.0	
Divorced	2.5	
Widowed	12.5	
Household size		
1 – 5 persons	37.5	6
6 – 10 persons	56.3	
11 – 15 persons	6.3	
Farming experience (years)		
1 – 5	48.8	7
6 – 10	42.5	
11 – 15	3.8	
16 – 20	3.8	
21 – 25	1.3	
Farm size (hectares)		
< 0.5	31.3	
0.5 – 1	43.7	
> 1	25.0	
Input cost per planting season (N)		
≤ 25,000	51.3	88,026.88*
25,001 – 50,000	13.8	
50,001 – 75,000	6.3	
75,001 – 100,000	3.8	
100,001 – 125,000	6.3	
125,001 – 150,000	5.0	
≥ 150,001	13.8	
Income per planting season (N)		
≤ 25,000	38.8	128,162.50
25,001 – 50,000	18.8	
50,001 – 75,000	1.3	
75,001 – 100,000	18.8	
100,001 – 125,000	2.5	
125,001 – 150,000	3.8	
≥ 150,001	16.3	

Notes: * 1 Naira = 360 USD

However, with an average household size of 6 persons, there would be competition for the available resources in these households because large family size could negatively affect household food security. Moderate household size allows for efficient and effective planning and time management which encourages higher productivity.

An average of 7 years farming experience in the garden egg cultivation reveal that farmers have acquired some measure of knowledge by experience to adequately produce garden eggs and possibly make sales within their locality (see Table 1). On the average, farmers cultivated less than a hectare (0.98 hectare) bringing to light that farmers in the study were smallholder farmers. This agrees with the findings of [9] that Nigerian agriculture is essentially small scale in structure as over 90 % of the farming population are holders of less than 6 hectares of land. This could further attest to the reason while the average input cost per planting season stood at N 88,026.88 while income per planting season stood at N 128,162.50. It can be inferred that these farmers are not having much returns on their investment on garden egg production.

Varieties of garden egg produced. As presented in Table 2, 52.5 % of the respondents cultivate the Kumba specie (*Solanum melongena var. depressum* L.) of garden egg while 47.5 % cultivate the Goli specie (*Solanum melongena var. esculentum* D).

The majority (95.0 %) of respondents cultivated garden egg during the raining season. Rain fed agriculture is dominant in Nigeria agriculture due to poor irrigation infrastructure. An implication that could be drawn from this is that, market value of garden egg may be low due to over production during the wet seasons. Data in Table 2 reveal that 77.5 % of the respondents sourced planting materials personally.

The higher percentage of farmers having their planting materials themselves could be because of proper preservation of seedlings for planting at the end of a production season.

Mixed cropping (75.0 %) was highly upheld by farmers (Table 2). Mixed farming could be of great benefit to farmers because they have the flexibility of cultivating more than one crop. The benefit could be in the maximization of limited land available for cultivation. Also, it is a good way to generate more revenue and be

food/finance secure in the advent of poor performance of a particular crop.

Table 2 – Cultivated varieties of garden egg

Variables	%	Mean (\bar{x})
Varieties of garden egg cultivated		
Goli	47.5	
Kumba	52.5	
Planting season*		
Dry season	8.8	
Raining season	95.0	
Source of planting material*		
Self	77.5	
Market	38.8	
Neighbour	16.3	
Ministry of agriculture	6.3	
Planting system		
Sole cropping	25.0	
Mixed cropping	75.0	
Frequency of harvest		
3-4 days interval	45.0	5
5-6 days interval	55.0	
Suitable time for harvest		
Morning	75.0	
Afternoon	1.3	
Evening	12.5	
Anytime	11.2	
Reasons for harvesting in the morning*		
To avoid working under the sun	62.5	
To meet up with marketers	47.5	
It is a more convenient time	38.8	
Duration for harvesting		
Two months	3.8	
Two and half months	12.5	
Three months	32.4	
Three and half months	21.2	
Four months	28.8	
Five months	1.3	
Post-harvest operation *		
Sorting	37.5	
Bagging	88.8	
Quantity harvested (KG)		
1,000 and below	46.3	4927.38
1,001-2,000	12.5	
2,001-3,000	2.5	
3,001-4,000	2.5	
4,001-5,000	1.3	
Above 5,000	35.0	

Notes: *multiple responses.

Farmers in the study (55.0 %) found it more comfortable to harvest garden eggs on a 5-7 days interval (Table 2). This is contrary to [13] recommendation of 3-4 days harvesting interval. Morning hours (75.0 %) was found to be suitable in the harvesting of garden eggs as most farmers would prefer harvesting in the early hours of the day to avoid working under high intensity of the sun. Furthermore, garden egg marketers preferred early morning trade so they could move their commodities early enough to meet market demands by consumers. Duration for garden egg harvesting was found to peak at 3 months (32.4 %) with the least (1.3 %) at 5 months. Thirty-seven percent of respondents sorted their garden egg fruits after harvesting with 88.8 % bagging afterwards for onward sales to marketers. According to [15], goods produced and sold by farmers must be assembled, stored, transported, processed and delivered in the form needed, at the time and to the places desired by consumers.

On the average, farmers harvested 4,927 kg in a planting season (Table 2). This is rather low. A number of different factors can cause agricultural productivity to increase or decrease. It is important to note that productivity is not an absolute measure, but rather a reflection of the ratio between inputs and outputs. For agricultural productivity innovation is a key factor. If farmers want to increase their productivity, they need to farm smarter, by using innovative farm management systems.

Types of organic fertilizer used. Farmyard manure (97.5 %) ranked highest among the organic fertilizer used by farmers (Table 3). Green manure was less patronized thus it accounted for 7.5 %. Farmyard manure may have been engaged by farmers because it is fast absorbed by plants as opposed to green manure. More so, respondents sourced their organic manure from poultry waste (63.8 %) while green manure stood at seven percent (7.0 %).

Poultry manure could be sourced more by respondents due to its ready availability and the ease with which it is applied. However, the average amount spent by respondents in the purchase of organic manure in a planting season was ₦ 57,372.73. This shows that respondents did not have enough resources to purchase organic manure. This in the long run could affect their overall yield.

Table 3 – Types of organic fertilizer used

Variables	%	Mean (\bar{x})
Awareness of organic fertilizer		
Yes	100	
Use of organic fertilizer		
Yes	100	
Duration of use of organic fertilizer (years)		
1-5	50.0	6.43
6-10	41.2	
11-15	5.0	
16-20	3.8	
Type of organic fertilizer used*		
Farmyard manure	97.5	
Green manure	7.5	
Source of manure*		
Poultry	63.8	
Sheep and goat	20.0	
Pig	28.8	
Green compost	7.5	
Cost of organic fertilizer/planting season (₦)		
25,000 and below	47.3	57372.73
25,001-50,000	23.6	
50,001-75,000	9.1	
75,001-100,000	7.3	
100,001 and above	12.7	

Notes: * 1 Naira = 360 USD

Pattern of organic fertilizer application. Respondents (52.5 %) applied less than 500 kg quantity of organic fertilizer per planting season with an overall average of 1665 kg (Table 4). By implication, farmers applied far below what is expected. Authors [7] are of the view that 10 tonnes per hectare application of organic fertilizer will ensure optimum growth in vegetable production.

Table 4 – Pattern of organic fertilizer application

Variables	%	Mean (\bar{x})
Quantity of fertilizer applied (kg)		
<500	52.5	1665.62
501-1000	8.8	
1001-1500	13.8	
1501-2000	17.5	
Above 2000	7.5	
Total number of application per season		
1	36.3	
2	40.0	
3	23.8	
Nursery stage		
Once	55.0	

Variables	%	Mean (\bar{x})
Vegetative stage		
Once	65.0	
Twice	8.8	
Thrice	1.3	
Flowering stage		
Once	22.5	
Fruiting stage		
Once	23.8	
Method of application*		
Broadcast method	32.5	
Side-dressing method	7.5	
Ring method	61.3	
Treatment of organic fertilizer		
No	77.5	
Reasons for treating organic fertilizer (n=18)*		
To reduce odorous nature of manure	8.8	
Easy application	13.8	
Avoid pest infection	2.5	
To improve the quality of the manure	5.0	
Treatment method (n=18)*		
Sun dry	77.8	
Mix with wood ash	27.8	
Storage of organic fertilizer		
No storage	22.5	
In bags	50.0	
In an uncompleted building	12.5	
In a kraal pen	12.5	
In pit	2.5	

Notes: *multiple responses.

Their assertion is further corroborated by those of Food and Agriculture Organization (FAO) that 33t/ha of cow dung, 19 t/ha of sheep manure and 11 t/ha of air-dried poultry manure be used by farmers.

A greater proportion (40.0 %) of the respondents applied organic fertilizer twice per planting season in various stages of application (Table 4). Some (55.0 %) respondents applied organic fertilizer at the nursery stage with the highest application of organic fertilizer being at the vegetative state (75.1 %). Methods of organic fertilizer application ranged from broadcasting (32.5 %) to ring method (61.3 %). Ring method of application would have been adopted most because it limits weed access to nutrients released when the organic fertilizer begins to act. Omotosho and Shittu (2007) opined that ring method of fertilizer application is effective for the growth and yield of plant.

Table 4 reveals that 77.5 % of the respondents do not treat organic fertilizer before use. This might

not be unconnected with inadequate knowledge on the need to do so. Further deductions from this outcome could be that the garden egg farmers have poor contact with extension agents as such lack some important knowledge with respect to proper handling and use of organic fertilizers. Furthermore, 50.0 % of the respondents stored organic fertilizer in bags, an indication that farmers in the study used crude storage methods to keep their organic fertilizer. This may be due to the high cost of ideal storage materials. Organic fertilizer could have less effect on crops due to deterioration occasioned from poor storage.

Benefits of organic fertilizer use in garden egg production. Entries in Table 5 reveal major perceived benefits of using organic fertilizer in growing garden egg to be; its environment friendly nature (2.99 ± 1.23) as well as improvement of soil fertility (2.95 ± 1.12). These findings are consistent with previous studies by [16, 20, 22] that application of organic matter to the soil could also improve aggregate stability and resistance to soil compaction, enhanced fertility and reduced nutrient leaching, increased biological activity, enhance water retention capacity and reduction of greenhouse gases by soil carbon sequestration.

Table 5 – Perceived benefit of organic fertilizer in garden egg production

Variables	Mean (\bar{x})	S. D.
Environmental benefit		
Environmental friendly	2.99*	1.23
Improve soil fertility	2.95*	1.12
Reduce soil degradation	2.70*	1.47
Neutralize soil acidity	2.09*	1.43
Reduce environment pollution	2.03*	1.60
Improve water holding capacity	1.36	1.42
Promote growth of beneficial microbes	1.11	1.45
Health benefit		
Organic foods contain higher level of vitamin	3.09*	1.05
Chemical free agricultural product	2.40*	1.27
Highly nutritional value of organic products	2.26*	1.43
Economic benefit		
Attract higher market price	2.83*	1.98
Lowers farm input cost	2.63*	1.05
Profit maximization	2.50*	1.20
Prolong shelf life of garden egg	2.11*	1.52
Increase farmers income	1.61	1.49

Constraints of using organic fertilizer in garden egg production. The most profound problems and constraints affecting garden egg production as identified in the study include slow effect of organic fertilizers on crops (2.12 ± 1.43), odorous nature of organic fertilizer (2.06 ± 1.28), difficulty in collection and handling of organic fertilizer (2.72 ± 1.03), time consuming nature in its use (2.71 ± 1.12), and inadequate skill in handling organic fertilizers (2.04 ± 1.49). Consistent with previous studies by [1, 4], the slow effect of organic fertilizer on crops can be an advantage and disadvantage at the same time because while the slowness may decrease current output, the long lasting effect of organic fertilizer due to the slow release of minerals may help decrease future cost of production and increase future output. Also, author [2] found that offensive odour, difficulty in transporting and doubtful efficacy is the constraints mitigating against the use of organic fertilizer.

Table 6 – Constraints of using organic fertilizer

Variables	Mean (\bar{x})	S. D.
Difficulty in collection and handling of organic fertilizer	2.72*	1.03
Time consuming	2.71*	1.12
Slow effect	2.12*	1.43
Odorous nature	2.06*	1.28
Inadequate skills in handling organic fertilizer	2.04*	1.49
Labour intensive	2.01*	1.18
Difficulty in transporting organic fertilizer	1.75	1.38
Lack of storage facilities	1.59	1.33
Weed emergence	1.28	1.28
Difficult to attain nutrient	1.31	1.21

Influence of socioeconomic characteristics on quantity of organic fertilizer use. The result of the multiple regression analysis presented in Table 7 shows a significant influence ($p < 0.05$) between the socio-economic characteristics of farmers and the quantity of organic fertilizer used.

The R square (R^2) and R square adjusted value were 0.829 and 0.812, respectively. This shows that about 82 % of the variance in the quantity of organic fertilizer applied by farmers was explained by the socio-economic variables included in the model. Variables that had significant influence on organic fertilizer use were: income per planting season ($t = 6.695$; $p < 0.000$), input cost

per season of farmers ($t = 2.365$; $p < 0.021$) and sex ($t = -2.264$; $p < 0.027$). Therefore, the null hypothesis was rejected for these variables.

Table 7 – Influence of socio-economic characteristics on quantity of organic fertilizer use

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	T
	B	Std. Error	Beta	
Constant	793.055	1054.047		0.752
Age of farmer	8.983	24.264	0.024	0.370
Farming experience	-56.621	76.012	-0.051	-0.745
Input cost per planting season	0.008	0.003	0.259	2.365*
Income per planting season	0.012	0.002	0.707	6.695*
Household size	-63.055	106.224	-0.031	-0.594
Marital status	-773.321	536.926	-0.080	-1.440
Sex of farmers	-1335.549	589.968	-0.136	-2.264*

Notes: Predictors (Constant) – Socio-economic characteristics of garden egg farmers; Dependent Variable: quantity of organic fertilizer use; R square – 0.829; R square adjusted – 0.812, F – 49.813, $p < 0.05$.

Deductions from these significant variables would mean the more income and input per planting season, the more quantity of organic fertilizer would be used among garden egg farmers. Farmers tend to increase their input level to have an increased yield when they have more purchasing power. Age and farming experience had no significant influence on the quantity of organic fertilizer used by garden egg farmers. Hence the null hypothesis was accepted for these variables.

CONCLUSIONS

It is evident from the study that garden egg farmers in the study area used organic fertilizers. Organic fertilizer use will adequately enhance the production of garden egg in Enugu State of Nigeria. Nonetheless, the quantity applied was below the recommended rate for optimum yield. Likewise, the pattern of storage of organic fertilizer in

the study area was archaic. Organic fertilizer could have less effect on crops due to deterioration occasioned from poor storage. It is therefore recommended that farmers be granted credits to purchase needed equipment to effectively handle

the storage and use of organic fertilizer. Furthermore, extension services that will teach them the required skills in the handling and use of organic fertilizer should be put in place.

REFERENCES

1. Aderinoye-Abdulwahab, S. A., & Salami, S. T. (2017). Assessment of organic fertilizer usage by vegetable farmers in Asa Local Government area of Kwara State, Nigeria. *Agrosearch*, 17(1), 101. doi: 10.4314/agrosh.v17i1.8
2. Ajewole, O. C. (2010). Farmers' response to adoption of commercially available organic fertilizers in Oyo state, Nigeria. *African Journal of Agricultural Research*, 5(18), 2497–2503.
3. Alexandratos, N., & Bruinsma, J. (2012). *World Agriculture Towards 2030/2050: the 2012 revision*. Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-ap106e.pdf>
4. Alimi, T, Aiewole, O. C., Olubode-Awosola, O. O. & Idowu, E.O. (2006). Economic rationale of commercial organic fertilizer technology in vegetable production in Osun State of Nigeria. *Journal of Applied Horticulture*, 8(2), 159–164.
5. Chen, N. C., (2001). *Eggplant Seed Production*. Retrieved from http://203.64.245.61/web_crops/eggplant/eggplantseed.pdf
6. Danqua-Jones, A. (2000). Variation and correlation among agronomic traits of Garden egg (*Solanum gilo Radii*) in Gana. *International Journal of Science and Nature*, 3(2), 373–379.
7. Ilodibia, C. V., & Chukwuma, M. U. (2015). Effects of Application of Different Rates of Poultry Manure on the Growth and Yield of Tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill.). *Journal of Agronomy*, 14(4), 251–253. doi: 10.3923/ja.2015.251.253
8. Koning, N., Heerink, N., & Kauffman, S. (2001). Food Insecurity, Soil Degradation and Agricultural Markets in West Africa: Why Current Policy Approaches Fail. *Oxford Development Studies*, 29(2), 189–207. doi: 10.1080/13600810124747
9. Law-Ogbomo, K. E., & Osaigbovo, A. U. (2018). Productivity response of garden egg (*Solanum melongena* L.) to plant population and fertilizer. *Acta Horticulturae*, 1225, 145–150. doi: 10.17660/actahortic.2018.1225.19
10. Mairura, F. S., Mugendi, D. N., Mwanje, J. I., Ramisch, J. J., Mbugua, P. K., & Chianu, J. N. (2008). Scientific evaluation of smallholder land use knowledge in Central Kenya. *Land Degradation & Development*, 19(1), 77–90. doi: 10.1002/ldr.815
11. Norman, J. C. (1992). *Tropical Vegetable Crops*. Luyengo: Arthur stockwell Ltd.
12. Ojiem, J. (2006). *Exploring Socio-ecological Niches for Legumes in Western Kenya smallholder farming systems* (Doctoral thesis), Wageningen University. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/40112136_Exploring_socio-ecological_niches_for_legumes_in_western_Kenya_smallholder_farming_systems
13. Ojo, D. (2011). Integrated Harvesting Techniques for African Egg Plant (*Solanum macrocarpon* L., cv. Igbagba). *American Journal of Experimental Agriculture*, 1(4), 458–465. doi: 10.9734/ajea/2011/558
14. Omotosho, S. O. and Shittu, O. S. (2007). Effect of NPK Fertilizer Rates and Method of Application on Growth and Yield of Okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) at Ado-Ekiti Southwestern, Nigeria. *International Journal of Agricultural Research*, 2(7), 614–619. doi: 10.3923/ijar.2007.614.619

15. Onunka, B. N. (2005). *A Survey on the Adoption of Sweet Potato (Ipomoea batatas) Production Technologies in Abia State* (Master's dissertation), Abia State University, Uturu, Nigeria.
16. Overstreet, L. F., & DeJong-Huges, J. (n. d.). *The Importance of Soil Organic Matter in Cropping Systems of the Northern Great Plains*. Retrieved from <https://www.certifiedcropadviser.org/files/certifications/certified/education/self-study/exam-pdfs/154.pdf>
17. Pallabi, M., Debiprasad, D. (2014). *Rejuvenation of biofertilizer for sustainable agriculture and economic development*. *Consilience: The Journal of Sustainable Development*, 11(1), 41–61.
18. Peterman, A., Quisumbing, A., Behrman, J., & Nkonya, E. (2011). Understanding the Complexities Surrounding Gender Differences in Agricultural Productivity in Nigeria and Uganda. *Journal of Development Studies*, 47(10), 1482–1509. doi: 10.1080/00220388.2010.536222
19. Sabo, E., & Dia, Y. Z. (2009). *Awareness and effectiveness of vegetable technology information packages by vegetable farmers in Adamawa State, Nigeria*. *African Journal of Agricultural Research*, 4(2), 65–70.
20. Spaccini, R., Piccolo, A., Mbagwu, J. S. C., Zena Teshale, A., & Igwe, C. A. (2006). Influence of the addition of organic residues on carbohydrate content and structural stability of some highland soils in Ethiopia. *Soil Use and Management*, 18(4), 404–411. doi: 10.1111/j.1475-2743.2002.tb00259.x
21. The Tide. (2017, April 7). *Enugu farmers receive lime for soil fertility*. Retrieved from <http://www.thetidenewsonline.com/2017/04/07/enugu-farmers-receive-lime-for-soil-fertility>
22. Usman, S. & Kundiri, A.M. (2016). Values of organic materials as fertilizers to northern Nigerian crop production systems. *Journal of Soil Science and Environmental Management*, 7(12), 204–211. doi: 10.5897/jssem2015.0532

Landholders' Involvement in the Compulsory Acquisition of Land and Compensation Process in Bauchi, Nigeria

Muhammad Usman Adekunle¹, Maryam Salihu Muhammad¹, Mathew Oyewole Oluwole², Hadiza Tijjani Bello¹, Ibrahim Idris¹

¹ *Abubakar Tafawa Balewa University*

Tawafa Belewa Way, P. M. B. 0248, Bauchi, 740272, Nigeria

² *Obafemi Awolowo University*

P.M.B. 13, Osun, 220282, Nigeria

DOI: [10.22178/pos.50-2](https://doi.org/10.22178/pos.50-2)

JEL Classification: Q15

Received 30.08.2019


Accepted 28.09.2019

Published online 30.09.2019

Corresponding Author:

Muhammad Usman Adekunle

babaucy@gmail.com

© 2019 The Authors. This article is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) 

Abstract. This study aims to assess landholder's involvement in the compulsory acquisition of land on their satisfaction with the compensation process in Bauchi, Nigeria, to identify areas of weakness in the process and propose areas of improvement. The study adopted the use of a quantitative approach and data were collected through a questionnaire survey from 327 landholders affected by the compulsory acquisition and compensation exercise by the Bauchi State Government. The data collected were subjected to descriptive with mean ranking, frequency distribution. The study revealed that before the process of compulsory acquisition landholders were very well involved, during the process of compulsory acquisition they were also involved but at the compensation process, they were not involved at all. It recommended that Landholders should be involved not only in the process of compulsory acquisition but they should be involved in the process of compensation as it will minimize resistance to compulsory.

Keywords: landholders; involvement; compulsory acquisition; compensation process.

INTRODUCTION

Compulsory land acquisition in common law is an inherent power of government to seize private interest in land and landed property, expropriate property without the willingness/consent of the affected landholders [15]. It is also referred to as the rights of government to take possession of property it does not own for overriding public interest [16]. Compulsory land acquisition has different terms in relation to different countries, in the USA it is referred to as eminent domain, while it is being regarded as compulsory acquisition in Austria or expropriation in South Africa and the United Kingdom it is called compulsory purchase.

In India compulsory land acquisition means acquiring land for some public purpose by government or its agencies authorized by the law. The land is then acquired from affected landholders after payment of a fixed compensation

has been made in lieu to the losses incurred by the landholder's [8]. The property compulsorily acquired is usually taken for government use or by delegation to third parties who will in order utilize it for public use in some cases for economic development [8]. In Nigeria, compulsory land acquisition is backed by section 28 of the Land Use Act of 1978 and the Land Use Act Cap L5, Laws of Federal Republic of Nigeria (LFN) 2004, which is the principal legislation guiding compulsory acquisition of land. It provides compulsory acquisition of land by government for overriding public interest.

Some countries laws provide a list that falls within the definition of overriding public interest [13]. Some of these purposes include the development of infrastructures such as roads, canals, airports, housing, dams, and cemeteries etcetera [6]. Compulsory land acquisition is no doubt a necessary government power to make land available for the provision of social amenities.

However it has attracted numerous controversies in practice. This has resulted to the displacement of a whole/part of the community, affects people cohesion, livelihood and their general way of life.

LITERATURE REVIEW

Most legislation involved in compulsory acquisition and compensation all over the world is geared towards making land available to governments for the provision of social infrastructure to its citizens with adequate compensation to be paid to disposed landholder's [5]. The procedures and method employed by most governments are seen as compatible among countries around the globe though it varies in practice base on its implementation.

Compulsory land acquisition is the process which many governments use to obtain land/landed property without the willingness of the disposed landholder's for the provision of infrastructure such as roads, hospitals, schools, airports, sea-ports, etc. for its citizens this is usually done for overriding public interest [7]. Each country or region of the world has legislation which governs the process of land acquisition and the method of valuation for compensation.

Compulsory land acquisition is the most challenging aspect in land management as it affects both the government and the governed, thus the displaced landholders are usually displeased with the process but are entitled to a fair, just and adequate compensation to minimize their loss [5]. Also [7] asserted that compulsory land acquisition is a vital tool of government to acquire land for the development of its citizens, compulsory land acquisition in some countries is done through other means such as by voluntary agreement and even resettlement of the affected landholder's. Where the purpose for compulsorily acquiring people's land is done with the motive of developing infrastructure such as hospitals, schools, roads, etc., is usually accepted with less or no resistant, though accompanied by the payment of just compensation and/or resettlements of the affected landholder's.

However, if the land were compulsorily acquired by the government for private motive/undertaking such as for personal development by those in government and or its associates, then there is bound to be some forms of resistance by the landholders [8]. Author [10]

opined that where landholders are being dispossessed against their will and the amount paid as compensation is unjust or inadequate when compared with their loss, this may result in conflicts between landholders, governments and even resistance against the agency involved in the development of such land.

Principles of Compulsory Acquisition and Compensation

There are some guiding principles the guides compulsory acquisition/compensation of land/landed properties from intending or already disposed of landholder's which is the principle of "equity and equivalence" [5]. This principle is the fulcrum for compensation and its application cannot be overemphasized in determining compensation. The principle states that affected landholders and occupants should not only be involved but should be neither enriched nor impoverished as a result of the compulsory acquisition of their land/landed properties. The finding principle for ensuring equity and equivalence

Equivalence: affected landholders by compulsory acquisition should receive compensation that is no more or less than the loss incurred as a result of the dispossession. Appropriate measures should be used to ensure that the affected landholders and particularly the vulnerable (locals) are not disadvantaged.

Balance of interest: the procedure should ensure the security of the rights of people who were dispossessed of the ownership rights of their land/landed properties while ensuring that the public interest is not jeopardized.

Flexibility: the law should be specific enough to provide clear guidelines, but also flexible enough to allow for the determination of appropriate equivalent compensation. Compensation should be able to address both Defacto and Dejura's rights equitably following the principle of equivalence. This means that compensation should take into consideration the legal rights of the dispossessed landholders as well as the rights of occupants who are not recognizable legal rights.

Fairness and transparency: the negotiating powers of government and landholders should be as equal as possible. Negotiation should be anchored on an open basis of exchange of information and the legislation should ensure a fair

process for determining the value and compensation payable.

Fair and adequate: compensation of compulsory acquisition of land/landed property should be fair and adequate, it should restore dispossessed landholder's to a state where they are neither better nor worse off at the end of the revocation exercise [12]. He further stated that the methods of assessment used by the government to determine compensation must sustain the principle of equity under which landowner is to be left a whole in terms of naira and that the requirement for the payment of compensation on acquired lands includes the right to compensation and social equity.

However, a study by [1] stated that the Nigerian compensation practice does not comply with the above-stated principles thus. The inequity embedded in the Nigerian compensation practice.

METHODOLOGY

For the purpose of this research, the non-probabilistic sampling technique using snowball will be adopted. Snowball sampling is especially useful when a researcher is trying to identify samples of a population that are difficult to locate. The use of scale was adopted because, according to [9], it ensures that questions or statements are posed in a fair and balanced way especially in measuring the strength of attitude and perception. Similarly, limiting the scale points at 5 points was considered appropriate because it gives respondents a reasonable range of options to choose from. The questionnaire for this research was self-administered.

The research will be analyzed using the mean ranking for the variables, in order to achieve this, descriptive test will be carried out to ensure the mean will be entered correctly; for objective iv regression analysis will be used to establish the effect between the research constructs, using the SPSS version 21 software package to carry out the analysis.

This study adapted the mean score decision interval based on the works of [14] from which the following interval decisions were deduced. (1-1.80) = Very low (1.81-2.60) = Low (2.61-3.40) = Moderate (3.41-4.20) = High (4.21-5.0) Very high.

RESULTS AND DISCUSSION

Reliability is a measure of how the scale is free from random error. Internal consistency measures the degree to which measurement scale responses are consistent across constructs [2, 3] stated that the most common measure of reliability is the Cronbach's alpha. The recommended minimum value of Cronbach's alpha for scales is 0.7 [11, 4]. The reliability of the measurement scale was assessed using the recommended minimum of Cronbach's alpha coefficient of 0.7.

The test revealed that both awareness and involvement have good internal consistency with Cronbach's Alpha of 0.79 each while satisfaction has an excellent internal consistency with Cronbach's Alpha of 0.87 (Table 1)

Table 1 – Cronbach's Alpha Value of questionnaire constructs

No	Variables	Item Statistics / No. of construct	Cronbach's Alpha Value	Reliability status
1	Awareness	10	0.79	Acceptable
2	Involvement	9	0.79	Acceptable
3	Satisfaction	14	0.87	Good

Similarly, the aim of the research to determining Landholders' involvement in the compulsory acquisition of land and compensation process in the study area was analysis using Likert scale level 1 – 5 stressing on various variables of landholders' involvement which are found in related literature. The scale questions used are: Not involved at all = 1, Partially involved = 2, Neutral = 3, Involved = 4 and Very well involved= 5. Data regarding this were collected and presented in table 2 below.

As revealed in table 3 above landholders were highly involved in process of compulsory land acquisition and the entire process of land acquisition with mean score of 4.7593 and 4.6407 ranked 1st and 2nd respectively, neutral in the process of compensation for the compulsorily acquired land with mean score of 2.1556 ranked 3rd, landholders were not involved at all in receiving of award for compensation, in receiving of compensation money, In signing of statement for acceptance/rejection of compensation award, in the computation of land and economic trees during actual valuation, in the submission of claims for compensation for land acquired in the actual valuation of your assets prior to compensation with mean score of 1.7889, 1.6741, 1.6704, 1.2407, 1.2370 and 1.1963 ranked 4th, 5th, 6th, 7th, 8th, 9th, and 10th respectively.

Table 2 – Landholders Involvement in Compulsory Acquisition of Land and Compensation Process

Variables	Mean	Std. Deviation	Ranking	Remark
Involvement in the process of compulsory land acquisition	4.7593	.42833	1st	Very High
Involvement in the entire process	4.6407	.48067	2nd	Very High
Process of compensation for the compulsory acquired land	2.1556	.47290	3rd	Low
Involvement in receiving of award for compensation	1.7889	1.35648	4th	Very Low
Involvement in receiving of compensation money	1.6741	1.28375	5th	Very Low
In signing for acceptance/rejection of compensation award	1.6704	1.28425	6th	Very Low
Involvement in the computation of land and economic trees	1.2407	.42833	7th	Very Low
The submission claims for compensation for land	1.2370	.42605	8th	Very Low
The actual valuation of your assets prior to compensation	1.1963	.39793	9th	Very Low

The above result revealed the level of landholder's involvement in the compulsory acquisition of land and compensation process is very high, low and very low respectively.

CONCLUSION

This study aimed to assess landholder's awareness and involvement in the compulsory acquisition of land on their satisfaction with the com-

pensation process in Bauchi to identify areas of weaknesses in the process.

The study came at a time when the government compulsorily acquires land for overriding public interest to provide infrastructural facilities.

Likewise, the findings from the survey carried out indicated that landholders were very well involved in the process of compulsory acquisition but dissatisfied with the compensation process.

REFERENCES

1. Akujuru, V. A., & Ruddock, L. (2014). *The Determination of Compensation Payable in the Niger Delta for Compulsory*. *Journal of Sustainable Development in Africa*, 16(2), 1–13.
2. Awang, Z. (2014). *Research methodology and data analysis* (2nd ed.). Selangor: UiTM press.
3. Creswell, J. W. (2014). *Research design: qualitative, quantitative and mixed method approaches* (4th ed.) Thousand Oaks: Sage Publications.
4. DeVellis, R. F. (2016). *Scale development: theory and applications* (4th ed.). California: Sage publications.
5. Food and Agricultural Organization. (2009). *Good governance in land administration*. Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-ak375e.pdf>
6. Gyasi, V. L. (2016). *Compulsory Land Acquisition and Payment of Compensation in Ghana* (Master's thesis). Retrieved from http://ir.knust.edu.gh/bitstream/123456789/10401/1/vida%27s_thesis%20new.%20%200244855230.pdf
7. Kakulu, I. I., Byrne, P. & Viitanen, K. (2009). *Phenomenological Research in Compulsory Land Acquisition and Compensation*. Retrieved from

https://www.researchgate.net/publication/237469342_Phenomenological_Research_in_Compu lsory_Land_Acquisition_and_Compensation

8. Larbi, W. O. (2008). Compulsory Land Acquisition and Compensation in Ghana: Searching for Alternative Policies and Strategies. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/252919695_Compulsory_Land_Acquisition_and_Co mpensation_in_Ghana_Searching_for_Alternative_Policies_and_Strategies
9. Mathers, N., Fox, N., & Hunn, A. (2009). *Survey and questionnaires*. Nottingham: The NIHR RDS for East Midlands.
10. Ndjovu, C. (2016). Understanding causes of dissatisfactions among compensated landowners in expropriation programs in Tanzania. *International Journal of Scientific and Technology Research* 5(1), 1–7.
11. Nunnally, J. O. (1978). *Psychometric analysis*. New York: McGraw-Hill.
12. Olusegun, K. (2009). *Principles and Practice of Property Valuation in Nigeria*. Ibadan: Atlantis Book.
13. Onuoha, R. A. (2016). An exposition on the concept and legality of compulsory. *Sacha Journal of Policy and Strategic Studies*, 5(1), 1–14.
14. Ramli, L., Mohamed, Z., Abdullahi, A. M., Jaafar, H. I., & Lazim, I. M. (2017). Control strategies for crane systems: A comprehensive review. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 95, 1–23. doi: [10.1016/j.ymssp.2017.03.015](https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2017.03.015)
15. Udoekanem, N. B., Adoga, D. O., & Onwumere, V. O. (2014). Land Ownership in Nigeria : Historical Development , Current Issues and Future Expectations. *Journal of Environment and Earth Science*, 4(21), 182–189.
16. Yue, L. (2009, March). Analyzing effects of Land Use Rights on Urbanization in P. R. China. Retrieved from https://webapps.itc.utwente.nl/librarywww/papers_2009/msc/gimla/yuelv.pdf

Узагальнення досвіду використання соціальних інструментів управління персоналом на переробних підприємствах України

Generalization of the Experience of Using Social Tools of Personnel Management at Processing Enterprises of Ukraine

Ірина Серняк¹
Iryna Serniak

¹ *Ivano-Frankivsk State College of Technology and Business*
Yevhena Konovaltsia Street, Ivano-Frankivsk, Ukraine

DOI: [10.22178/pos.50-5](https://doi.org/10.22178/pos.50-5)

JEL Classification: M12

Received 20.08.2019
Accepted 25.09.2019
Published online 30.09.2019

Corresponding Author:
ira_sernyak@ukr.net

© 2019 The Author. This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 License 

Анотація. У статті описано сучасний стан вітчизняної переробної промисловості, що характеризується позитивною динамікою зростання сумарного обсягу виробленої продукції та частки цієї галузі в структурі валового внутрішнього продукту. Наголошено, що загальнонаціональна політика держави у сфері людських ресурсів і правильно розставлені пріоритети кадрової політики підприємств, зокрема щодо використання соціальних інструментів управління персоналом, дозволяють наростити трудовий потенціал для інтенсивного промислового розвитку. Подано авторський підхід до визначення соціального інструментарію управління персоналом підприємства та виокремлено десять його компонентів.

Висунуто гіпотезу, що використання комплексу соціальних інструментів управління персоналом тісно пов'язане з розвитком підприємства загалом і дозволяє цілеспрямовано використовувати зусилля працівників з метою підвищення ефективності та результативності діяльності організації. Для перевірки цієї гіпотези проведено аналіз офіційної статистичної інформації щодо динаміки кількості найманих працівників, витрат на персонал, обсягів виробленої продукції та доданої вартості, впровадження інновацій і витрат на них у переробній промисловості України в період з 2014 по 2017 рр. На підставі статистичного дослідження зроблено висновок, що кількість трудових ресурсів, їх матеріальна мотивація, технологія та організація виробництва не є визначальними чинниками зростання обсягів виробленої продукції у переробній промисловості України та збільшення доданої вартості у цій галузі.

Висловлено припущення, що такими чинниками можуть бути підприємницькі здібності й ефективність управління людськими ресурсами, зокрема на основі використання соціального інструментарію управління персоналом. Приклад п'яти досліджуваних переробних підприємств України показав, що рівень використання соціального інструментарію управління персоналом підприємствами переробної промисловості за визначеною нами методикою є середній. При цьому домінуючими соціальними інструментами управління персоналом є забезпечення добробуту працівників і якості трудового життя, планування та розвиток кар'єри працівника, управління ефективністю, мінімізація та управління конфліктами. Натомість низький рівень використання соціальних інструментів участі працівників в управлінні підприємством, налагодження ефективного соціального партнерства, зворотного зв'язку, консультування та коучингу віддзеркалюють застаріле розуміння персоналу як робочої сили, а не як найважливішого ресурсу підприємства. Запропоновано переробним підприємствам України системно використовувати соціальний інструментарій управління персоналом як дієвий механізм формування людського капіталу, що сприяє промислового й інноваційному розвитку галузі.

Ключові слова: управління персоналом; соціальний інструментарій управління персоналом; переробна промисловість; людський капітал; інновації; ефективність.

Abstract. The article describes the current state of the domestic processing industry, which is characterized by the positive dynamics of growth of the total volume of manufactured goods and the share of this industry in the structure of gross domestic product. It is emphasized that the country's national human resources policy and properly prioritized HR policies of enterprises, in particular with regard to the use of social tools of personnel management, allow to increase the labor potential for intensive industrial development.

The author's approach to defining the social toolkit for managing the personnel of the enterprise is presented and ten of its components are distinguished. It is hypothesized that the use of a set of social personnel management tools is closely linked to the development of the enterprise as a whole and allows the purposeful use of employees' efforts in order to increase the efficiency and effectiveness of the organization. To test this hypothesis, the analysis of official statistical information on the dynamics of the number of employees, personnel costs, output and value, the introduction of innovations and their costs in the processing industry of Ukraine in the period from 2014 to 2017 is added. On the ground of the statistical study, it has been concluded that the quantity of labor resources, their material motivation, technology and organization of production are not determinants of the increase in the volume of manufactured products in the processing industry of Ukraine and increasing the added value in this area.

It is suggested that such factors may be entrepreneurial skills and effectiveness of human resource management, in particular, on the basis of the use of social tools of personnel management. The example of the five surveyed processing enterprises in Ukraine showed that the level of using the social tool of personnel management by the enterprises of the processing industry, according to the method we defined, is average. At the same time, the dominant social tools of personnel management are to ensure the well-being of employees and the quality of their life, to plan and develop an employee's career, to manage efficiency, to minimize and manage conflicts. Instead, the low level of using the social tools for employees' involvement in managing an enterprise, establishing effective social partnership, feedback, counseling and coaching reflect the outdated understanding of the staff as the working force rather than as the critical resource of the enterprise. It is suggested that processing enterprises of Ukraine systematically use the social toolkit of personnel management as an effective mechanism of human capital formation, which contributes to the industrial and innovative development of the industry.

Keywords: personnel management; social toolkit of personnel management; processing industry; human capital; innovation; efficiency.

ВСТУП

Сучасний стан вітчизняної переробної промисловості характеризується позитивною динамікою зростання сумарного обсягу виробленої продукції та частки цієї галузі в структурі валового внутрішнього продукту (ВВП) протягом 2010-2018 рр. Разом із торгівлею переробна промисловість залишається основним драйвером економіки України. Про це свідчать дані дослідження показників ВВП, його структури за різними методами розрахунку та валової доданої вартості, проведеного Офісом з фінансового та економічного аналізу у Верховній Раді України. Так, частка переробної промисловості у структурі валової доданої вартості, розрахованої як різниця між випуском в основних цінах та проміжним

споживанням, складала 14,7 % у 2017 р., що відповідає показнику 2010 р. (14,9 %), але майже на 2 % перевищує показник 2013 р. [1, с. 12]. У фактичних цінах переробна промисловість за перший квартал 2018 р. згенерувала у ВВП України 84 млрд. грн., що суттєво перевищує результат за аналогічний період у 2016 (55,1 млрд. грн.) і у 2017 (69,2 млрд. грн.) роках [1, с. 24–25].

Однак, в Україні досі спостерігається низька у порівнянні з європейськими країнами частка технологічних та високотехнологічних галузей у доданій вартості переробної промисловості. За цим показником наша країна поступається Німеччині, Франції, Словаччині, Великобританії та Польщі. Однією з причин такої ситуації є низька інноваційна активність.

Так, за даними Всесвітнього економічного форуму (*World Economic Forum*) за рівнем витрат на дослідження та розробки Україна посідає 50-те місце зі ста аналізованих країн, а за обсягами впровадження бізнесу нових технологій – 71 місце, значно відстаючи від країн-сусідів. Крім того, до гальмування інноваційного розвитку призводить і низька позиція щодо державних закупівель високотехнологічних товарів (72 місце) та залучення іноземних інвестицій (46-те місце). За показником надходження прямих іноземних інвестицій Україна посідає передостаннє місце у групі референтних країн – 59-те місце, а обсяг залучених іноземних інвестицій у переробну промисловість України становить лише 12% обсягу російських прямих іноземних інвестицій [2, с. 10–12].

При цьому переробна промисловість традиційно демонструє високий рівень розвитку людського капіталу, що зумовлено насамперед якістю вищої освіти в Україні, якістю викладання природничо-наукових дисциплін, наявністю вчених та інженерів, розвитком навичок роботи з цифровими пристроями в населення. Гірша ситуація на вітчизняних переробних підприємствах зі здатністю залучати й утримувати таланти (90 місце) та показниками підвищення кваліфікації на робочих місцях (65 місце). Водночас, українські університети перебувають на досить високому – 38 – місці за якістю освіти, але при цьому якість професійної освіти оцінюється експертами Всесвітнього економічного форуму на нижчому рівні – 43 позиція [2, с. 12].

За показником кадрового забезпечення промисловості Україна має досить високий ступінь залучення населення у промисловість – 12,6 % усього працездатного населення, що відповідає середнім значенням показника у групі досліджуваних країн. Приклади країн з потужним промисловим потенціалом – Словаччини, Туреччини, Польщі – свідчать про важливість нарощення трудового потенціалу для інтенсивного промислового розвитку. І тут потрібна як загальнонаціональна політика держави у сфері людських ресурсів, так і правильно розставлені пріоритети кадрової політики підприємств, зокрема щодо використання соціальних інструментів управління персоналом. Тому проблема ефективності управління людськими ресурсами на промислових підприємствах України є особливо актуальною сьогодні.

Наукові публікації В. Лисак, Л. Лутай, Т. Панюк, О. Письменної, В. Шпандарук та інших вітчизняних вчених доводять, що найбільших успіхів в економічному розвитку досягають ті підприємства, де створені сприятливі умови для реалізації творчих здібностей працівників та впроваджуються передові інноваційні технології управління людським капіталом. Водночас, система соціальних інструментів управління персоналом, що спрямовані на максимальне використання людського потенціалу, його постійний розвиток і капіталізацію знань, умінь та навичок працівників підприємства, донині не була предметом комплексного наукового дослідження.

Метою роботи є узагальнення досвіду використання соціального інструментарію управління персоналом на переробних підприємствах України. Для цього нами запропоновано й апробовано методику оцінювання рівня використання соціальних інструментів управління персоналом на прикладі п'яти підприємств переробної промисловості.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Допомогти працівникам стати ефективнішими у їх діяльності є одним із фундаментально важливих завдань соціальних інструментів управління персоналом. Роботодавці залежать від якості роботи своїх працівників у процесі досягнення організаційних цілей і завдань, а співробітники мають мотиваційні потреби розвитку, визнання, статусу та досягнень, які можуть і повинні бути реалізовані за рахунок задоволеності працею та за рахунок трудових успіхів. Увага науковців і практиків до соціального інструментарію роботи з персоналом на підприємствах пояснюється, з одного боку, зростанням ефективності застосування нематеріальних засобів мотивування працівників в умовах мобільності персоналу та високої конкуренції на ринку праці. З іншого боку, глобальна економія усіх видів ресурсів, насамперед фінансових, спонукає підприємства до пошуку нових шляхів підвищення управлінської результативності.

В економічній літературі досі немає єдиного підходу до визначення соціальних інструментів управління персоналом. На нашу думку, вони ґрунтуються на соціально-психологічних методах менеджменту та спрямовані на забезпечення співробітникам

умов для поліпшення їх працездатності і, як наслідок, підвищення успішності підприємства. Незважаючи на те, що соціальний інструментарій управління персоналом не включає методи матеріального заохочення, в працівників з'являються інші механізми трудової мотивації, а саме: сприятливий морально-психологічний клімат у колективі, можливість участі в управлінні підприємством, постійний соціальний розвиток персоналу на основі зростання соціальних нормативів, підтримка ініціативності та творчого ставлення до виконання службових і громадських обов'язків [3, с. 77].

Проаналізувавши вітчизняні та зарубіжні дослідження з проблематики управління людськими ресурсами і практичний досвід провідних компаній у цій сфері, нами виокремлено такі соціальні інструменти управління персоналом [3, с. 77]:

- управління ефективністю;
- мінімізація та управління конфліктами;
- розвиток лідерства та побудова команди;
- планування та розвиток кар'єри працівника;

- посилення участі працівників в управлінні підприємством;
- забезпечення добробуту працівників і якості трудового життя;
- впровадження інноваційних форм навчання та розвитку персоналу;
- зворотній зв'язок, консультування та коучинг;
- налагодження ефективного соціального партнерства;
- розвиток інформаційної системи людських ресурсів.

Використання комплексу соціальних інструментів управління персоналом тісно пов'язане з розвитком підприємства загалом і дозволяє цілеспрямовано використовувати зусилля працівників з метою підвищення ефективності та результативності діяльності організації. Для підтвердження цієї гіпотези ми проаналізували офіційну статистичну інформацію щодо динаміки кількості найманих працівників, витрат на персонал, обсягів виробленої продукції та доданої вартості у переробній промисловості України в період з 2014 по 2017 рр. (табл. 1).

Таблиця 1 – Динаміка кількості найманих працівників, витрат на персонал, обсягів виробленої продукції та доданої вартості у переробній промисловості України в період з 2014 по 2017 рр.

Рік	Кількість найманих працівників у суб'єктів господарювання, тис. осіб	Витрати на персонал, млн. грн.	У тому числі:		Частка відрахувань на соціальні заходи у витратах на персонал, %	Обсяг виробленої продукції (товарів, послуг) суб'єктів господарювання, млн. грн.	Додана вартість за витратами виробництва у суб'єктів господарювання, млн. грн.
			Витрати на оплату праці, млн. грн.	Відрахування на соціальні заходи, млн. грн.			
2014	1696,9	96122,4	70433,8	25688,6	26,7	978699	281305,7
2015	1542,4	104785,7	78831,3	25954,4	24,8	1191295,6	309613,7
2016	1506,8	113326,9	93296,5	20030,4	17,7	1357839	344454,6
2017	1535,9	149667,1	123482,8	26184,3	17,5	1774332,5	459713,5

Джерело: розроблено автором на основі [4, 5, 6, 7].

За результатами аналізу даних Державної служби статистики України встановлено, що при загальному зниженні кількості найманих працівників у переробній промисловості на 9,5 % і зменшенні частки витрат на соціальні заходи у витратах на персонал з 26,7 % у 2014 р. до 17,5 % у 2017 р., обсяг виробленої продукції у цій галузі зріс на 81,3 %, а додана вартість – на 63,4 %. Таким чином, витрати на соціальні заходи, які містять суму єдиного внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування працівників підприємс-

тва, що сплачує роботодавець, не впливають на продуктивність праці. Щодо зростання витрат на персонал загалом, які за 4 роки збільшилися на 55 %, то їх динаміка зумовлена не управлінським рішенням щодо підвищення матеріальної мотивації працівників, а законодавчим зростанням удвічі розміру мінімальної заробітної плати з 1 січня 2017 р. Тому вони також не можуть бути чинником зростання обсягів виробленої продукції та доданої вартості.

Ефективність використання основних факторів економічного зростання будь-якого суб'єкта господарювання об'єктивно залежить від його можливості та вміння організувати процес виробництва на основі передових технологій. Саме організація виробництва на основі новітніх технологій забезпечує найбільш повне й ефективне використання трудових, матеріальних і фінансових ресурсів суб'єктів господарювання, зниження собівартості та підвищення якості продукції, зрос-

тання продуктивності праці, істотне скорочення тривалості циклу «дослідження – проектування – виробництво – реалізація», підвищення темпів відновлення продукції та розвиток науково-технічного прогресу [8, с. 36]. Аналіз впливу цього чинника на зростання обсягів виробленої продукції та доданої вартості в переробній промисловості України проводився на основі офіційних статистичних даних за 2014-2018 рр. (табл. 2).

Таблиця 2 – Динаміка впровадження інновацій і витрат на них у переробній промисловості України протягом 2014-2018 рр.

Рік	Частка кількості підприємств, що впроваджували інновації (продукцію та/або технологічні процеси), в загальній кількості промислових підприємств, %	Впроваджено нових технологічних процесів, од.	Впроваджено виробництво інноваційних видів продукції (товарів, послуг), од.	Витрати на інновації, млн. грн.	У тому числі, придбання машин обладнання та програмного забезпечення, млн. грн.
2014	12,1	1743	3661	7695,9	5115,3
2015	15,2	1217	3136	13813,7	11141,3
2016	16,6	3489	4139	23229,5	19829,0
2017	14,3	1831	2387	9117,5	5898,8
2018	15,6	2002	3843	12180,1	8291,3

Джерело: розроблено автором на основі [9, 10].

З табл. 2 помітно, що частка кількості підприємств, що впроваджували інновації, зростає за 5 років на 29 %, кількість впроваджених нових технологічних процесів – майже на 15 %, кількість впроваджених виробництв інноваційних видів продукції – на 5 %, витрати на інновації загалом – на 58,3 %, а витрати на придбання машин обладнання та програмного забезпечення – на 62 %. Розвиток інновацій може частково слугувати чинником зростання обсягів виробленої продукції та доданої вартості у переробній промисловості за період 2014-2017 рр., але через специфіку довгострокової віддачі від таких інвестицій ефекту варто очікувати, як правило, через 5-10 років. Тобто результати 2017 р. можуть бути наслідком інноваційної активності підприємств 2013-2014 рр., а дані 2014 р. виглядають не надто обнадійливими.

З проведеного аналізу статистичної інформації 2014-2018 рр. робимо висновок, що кількість трудових ресурсів, їх матеріальна мотивація, технологія та організація виробництва не є визначальними чинниками зростання

обсягів виробленої продукції у переробній промисловості України та збільшення доданої вартості у цій галузі. Припускаємо, що такими чинниками можуть бути підприємницькі здібності й ефективність управління людськими ресурсами, зокрема на основі використання соціального інструментарію управління персоналом.

Аналіз стану використання комплексу соціальних інструментів управління персоналом на підприємствах переробної промисловості проводився нами на прикладі таких підприємств: ТзОВ «Зірка» (м. Копичинці Тернопільської обл.), ТзОВ «Самбірська птахофабрика», ТзОВ «Молокозавод «Самбірський», ПФ «Білаки» (с. Стрільковичі Львівської обл.), ТзОВ «Батіг» (с. Суходіл Тернопільської обл.). Для оцінювання політики підприємств у цій сфері запропоновано керівникам кадрових служб або менеджерам з персоналу визначати рівень застосування у практичній діяльності кожного з 10-ти соціальних інструментів управління персоналом за 10-бальною шкалою, де 1 – найнижчий бал, 10 – найвищий

бал, 0 – відсутність конкретного соціального інструменту. Запропоновано таку сумарну шкалу рівня використання соціального інструментарію управління персоналом підприємства: 21-40 балів – низький рівень; 41-60 балів – середній рівень; 61-80 балів – достат-

ній рівень; 81-100 балів – високий рівень. Ця методика пройшла успішну апробацію на згаданих вище п'яти переробних підприємствах. Її узагальнені результати відображено в табл. 3.

Таблиця 3 – Рівень використання соціальних інструментів управління персоналом досліджуваними підприємствами (2018-2019 рр.)

Підприємства	Використання соціальних інструментів управління персоналом, бали										Сумарний бал
	управління ефективністю	мінімізація та управління конфліктами	розвиток лідерства та побудова команди	планування та розвиток кар'єри працівника	посилення участі працівників в управлінні підприємством	забезпечення добробуту працівників і якості трудового життя	впровадження інноваційних форм навчання та розвитку персоналу	зворотній зв'язок, консультування та коучинг	налагодження ефективного соціального партнерства	розвиток інформаційної системи людських ресурсів	
ТзОВ «Зірка»	7	7	4	5	3	6	5	0	2	4	43
ТзОВ «Самбірська птахофабрика»	6	6	5	6	4	8	7	1	3	6	52
ТзОВ «Молокозавод «Самбірський»	7	6	7	7	4	7	7	3	4	6	58
ПФ «Білаки»	5	6	6	7	3	8	5	2	1	4	47
ТзОВ «Батіг»	5	5	6	6	3	7	4	0	1	4	41

Джерело: власна розробка.

За результатами оцінювання встановлено, що рівень використання соціального інструментарію управління персоналом підприємствами переробної промисловості визнано як середній (41–58 балів). Домінуючими соціальними інструментами управління персоналом на досліджуваних підприємствах є забезпечення добробуту працівників і якості трудового життя, планування та розвиток кар'єри працівника, управління ефективністю, мінімізація та управління конфліктами. Низький рівень використання соціальних інструментів участі працівників в управлінні підприємством, налагодження ефективного соціального партнерства, зворотного зв'язку, консультування та коучингу віддзеркалюють застаріле розуміння персоналу як робочої сили, а не як найважливішого ресурсу підприємства. Тому вітчизняним підприємствам варто більше уваги звертати на використання

соціального інструментарію управління персоналом, використовуючи, зокрема, досвід успішних зарубіжних компаній.

ВИСНОВКИ

Соціальний інструментарій управління персоналом ґрунтується на соціально-психологічних методах менеджменту та спрямований на забезпечення співробітникам умов для поліпшення їх працездатності і, як наслідок, підвищення успішності підприємства. Результати аналізу офіційних статистичних даних по переробній промисловості України свідчать, що соціальні інструменти в комплексі з підприємницькими здібностями та ефективністю управління людськими ресурсами загалом можуть забезпечити зростання обсягів виробленої продукції та збіль-

шення доданої вартості. Приклад п'яти досліджуваних переробних підприємств України показав, що рівень використання соціального інструментарію управління персоналом підприємствами переробної промисловості за визначеною нами методикою є середній. При цьому домінуючими соціальними інструментами управління персоналом є забезпечення добробуту працівників і якості трудового життя, планування та розвиток кар'єри працівника, управління ефективністю, мінімізація та управління конфліктами. Натомість низький рівень використання соціальних інструментів участі працівників в управлінні підприємством, налагодження ефективного соціального партнерства, зворотного зв'язку,

консультування та коучингу віддзеркалюють застаріле розуміння персоналу як робочої сили, а не як найважливішого ресурсу підприємства.

Отже, несистемне використання соціального інструментарію управління персоналом як дієвого механізму формування людського капіталу підприємства та суспільства загалом знижує промисловий та інноваційний розвиток переробних підприємств. Тому подальші дослідження мають бути спрямовані на формування практичного механізму розвитку комплексу соціальних інструментів управління персоналом у контексті забезпечення загального економічного зростання галузі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ / REFERENCES

1. Office of Financial and Economic Analysis in the Verkhovna Rada of Ukraine. (2018). *Valovyi vnutrishnii produkt u 2010-2018 rr.* [Gross Domestic Product in 2010–2018]. Kyiv (in Ukrainian) [Офіс з фінансового та економічного аналізу у Верховній Раді України. (2018). *Валовий внутрішній продукт у 2010–2018*. Київ].
2. Deineko, L. (Ed.). *Rozvytok promyslovosti dlia zabezpechennia zrostannia ta onovlennia ukraïnskoi ekonomiky* [Industry Development for Growth and Renewal of the Ukrainian Economy]. Kyiv (in Ukrainian) [Дейнеко, Л. (Ред.). (2018). *Розвиток промисловості для забезпечення зростання та оновлення української економіки*. Київ].
3. Serniak, I. (2019). Rol sotsialnykh instrumentiv upravlinnia personalom u rozvytku liudskykh resursiv orhanizatsii [The role of social tools of personnel management in the development of human resources of the organization]. *Galician Economic Bulletin*, 59(4), 75–83 (in Ukrainian) [Серняк, І. (2019). Роль соціальних інструментів управління персоналом у розвитку людських ресурсів організації. *Галицький економічний вісник*, 59(4), 75–83].
4. State Statistics Service of Ukraine. (2019). Kilkist naimanykh pratsivnykiv u subiektiv hospodariuvannia za vydamy ekonomichnoi diialnosti u 2010-2017 [Number of employees in economic entities by type of economic activity in 2010-2017]. Retrieved April 21, 2019, from https://ukrstat.org/uk/operativ/menu/menu_u/sze.htm (in Ukrainian) [Державна служба статистики України. (2019). *Кількість найманих працівників у суб'єктів господарювання за видами економічної діяльності у 2010-2017*. Актуально на 21.04.2019. URL: https://ukrstat.org/uk/operativ/menu/menu_u/sze.htm].
5. State Statistics Service of Ukraine. (2019). *Vytraty na personal subiektiv hospodariuvannia za vydamy ekonomichnoi diialnosti u 2013-2017* [Personnel costs of economic entities by type of economic activity in 2013-2017]. Retrieved April 21, 2019, from https://ukrstat.org/uk/operativ/menu/menu_u/sze.htm (in Ukrainian) [Державна служба статистики України. (2019). *Витрати на персонал суб'єктів господарювання за видами економічної діяльності у 2013-2017*. Актуально на 21.04.2019. URL: https://ukrstat.org/uk/operativ/menu/menu_u/sze.htm].
6. State Statistics Service of Ukraine. (2019). *Obsiah vyroblenoi produktsii (tovariv, posluh) subiektiv hospodariuvannia za vydamy ekonomichnoi diialnosti u 2013-2017* [Volume of output of products (goods, services) of economic entities by types of economic activity in 2013-2017]. Retrieved April 21, 2019, from https://ukrstat.org/uk/operativ/menu/menu_u/sze.htm (in Ukrainian) [Державна служба статистики України. (2019). *Обсяг виробленої продукції (товарів,*

послуг) суб'єктів господарювання за видами економічної діяльності у 2013-2017.

Актуально на 21.04.2019. URL: https://ukrstat.org/uk/operativ/menu/menu_u/sze.htm].

7. State Statistics Service of Ukraine. (2019). *Dodana vartist za vytratamy vyrobnytstva subiektiv hospodariuvannia za vydamy ekonomichnoi diialnosti u 2013-2017* [Added value by cost of production of economic entities by type of economic activity in 2013-2017]. Retrieved April 21, 2019, from https://ukrstat.org/uk/operativ/menu/menu_u/sze.htm (in Ukrainian) [Державна служба статистики України. (2019). *Додана вартість за витратами виробництва суб'єктів господарювання за видами економічної діяльності у 2013-2017*. Актуально на 21.04.2019. URL: https://ukrstat.org/uk/operativ/menu/menu_u/sze.htm].
8. Venher, V. (2016). *Pokaznyky ekonomichnoho zrostantia: haluzevyi aspekt* [The economic growth: industry-specific aspects]. *Black Sea Economic Studies*, 7, 33–37 (in Ukrainian) [Венгер, В. (2016). Показники економічного зростання: галузевий аспект. *Причорноморські економічні студії*, 7, 33–37].
9. State Statistics Service of Ukraine. (2019). *Zahalnyi obsiah vytrat za napriamamy innovatsiinoi diialnosti promyslovykh pidpriemstv (2000-2018)* [Total expenditures by industrial enterprises (2000–2018)]. Retrieved April 21, 2019, from https://ukrstat.org/uk/operativ/menu/menu_u/ni.htm (in Ukrainian) [Державна служба статистики України. (2019). *Загальний обсяг витрат за напрямками інноваційної діяльності промислових підприємств (2000–2018)*. Актуально на 21.04.2019. URL: https://ukrstat.org/uk/operativ/menu/menu_u/ni.htm].
10. State Statistics Service of Ukraine. (2019). *Vprovadzhennia innovatsii na promyslovykh pidpriemstvakh (2000-2018)* [Implementing Innovation in Industrial Enterprises (2000–2018)]. Retrieved April 21, 2019, from https://ukrstat.org/uk/operativ/menu/menu_u/ni.htm (in Ukrainian) [Державна служба статистики України. (2019). *Впровадження інновацій на промислових підприємствах (2000–2018)*. Актуально на 24.04.2019. URL: https://ukrstat.org/uk/operativ/menu/menu_u/ni.htm].

Проблемні аспекти участі експерта у цивільному судочинстві України

Problematic Aspects of Expert Participation in the Civil Procedure of Ukraine

Ольга Заяць¹, Руслан Скриньковський²
Olha Zaiats, Ruslan Skrynkovskyi

¹ Lviv State University of Internal Affairs

26 Horodotska Street, Lviv, 79007, Ukraine

² Lviv University of Business and Law

99 Kulparkivska Street, Lviv, 79021, Ukraine

DOI: [10.22178/pos.50-3](https://doi.org/10.22178/pos.50-3)

JEL Classification: K40

Received 20.08.2019


Accepted 25.09.2019

Published online 30.09.2019

Corresponding Author:

Olha Zaiats

zaiats.olha@ukr.net

© 2019 The Authors. This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 License 

Анотація. У статті досліджено проблемні аспекти участі експерта у цивільному судочинстві України на основі вивчення та аналізу питань, що стосуються: 1) розмежування правового становища (статусу) експерта та правового становища спеціаліста; 2) проблемних аспектів розрізнення понять (правових категорій) «експертиза» та «судова експертиза»; 3) проблемних аспектів призначення експертизи судом; 4) питання юридичної відповідальності судового експерта; 5) висновку експерта в судовому засіданні (при розгляді справи); 6) тривалості проведення судової експертизи як чинника невинуватого тривалого (довгих строків) розгляду справи судом.

За результатами проведеного дослідження сформульовано висновки та рекомендації теоретичного і практичного характеру, зокрема такі:

1. Судовий експерт – це особа, яка володіє спеціальними (професійними) знаннями, необхідними для з'ясування відповідних (конкретних) обставин справи, а також має право на проведення судової експертизи, яка має особливе значення для матеріалів конкретної (визначеної) справи у суді і письмовий висновок (висновок експерта) щодо якої (на стадії розгляду справи) є самостійним (окремим) джерелом доказів поряд (нарівні) з іншими існуючими (наявними) доказами (письмовими, речовими і електронними доказами, показаннями свідків).

2. Законодавець України повинен приділити належну увагу проблемним аспектам участі судового експерта у цивільному судочинстві з метою їх вирішення (або вдосконалення). Зокрема, це стосується питань щодо процесуального становища (статусу) судового експерта та його юридичної відповідальності, оскільки точність (правильність, безпомилковість) і глибина (обґрунтованість, об'єктивність) експертних висновків є такою, що в деяких (окремих) випадках, як свідчить практика, висновок експерта (за результатами проведення судової експертизи) може стати основним (базовим) та чи не єдиним (можливим) достовірним джерелом доказу у цивільних справах.

3. Судова експертиза проводиться тільки на підставі ухвали суду і з метою надання висновку (обґрунтованого, об'єктивного) з досліджуваних питань, що є або будуть предметом судового розгляду.

4. Судовий експерт (відповідно до чинного законодавства України) повинен розглядатися в 3-х аспектах (як суб'єкт відповідальності) і може бути притягнутий до юридичної відповідальності, а саме: дисциплінарної відповідальності (як фахівець – 1 аспект), матеріальної відповідальності (як суб'єкт цивільних (господарських) правовідносин – 2 аспект), адміністративної та кримінальної (як суб'єкт процесуальної діяльності – 3 аспект).

Ключові слова: судовий експерт; судова експертиза; висновок експерта; суд; призначення та проведення експертизи в цивільному судочинстві; цивільне судочинство.

Abstract. The article studies the problematic aspects of the expert's participation in the civil procedure of Ukraine on the basis of research and analysis of the issues related to: 1) the delineation of the legal position (status) of the expert and the legal position of the specialist; 2) problematic aspects of distinguishing between the concepts (legal categories) of "expertise" and "judicial expertise"; 3) problematic aspects of judicial review; 4) the issue of legal liability of a court expert; 5) expert's opinion at the court session (during the case); 6) the duration of the forensic examination as a factor of unjustifiably long (long-termed) court proceedings.

According to the results of the research, conclusions and recommendations of theoretical and practical nature were formulated, in particular the following:

1. A forensic expert is a person who possesses special (professional) knowledge, necessary to clarify the relevant (specific) circumstances of the case, as well as the right to conduct forensic examination, which is of particular importance for the materials of a specific (determined) case in court and a written opinion (expert opinion), which (at the stage of the case) is an independent (separate) source of evidence, along with other existing (available) evidence (written, physical and electronic evidence, testimony of witnesses).

2. The legislator of Ukraine must give due consideration to the problematic aspects of the participation of a judicial expert in civil proceedings in order to resolve (or improve) them. In particular, this concerns the issues of the judicial position (status) of a forensic expert and his legal responsibility, since the accuracy (validity, error) and depth (validity, objectivity) of expert opinions is such that, in some (individual) cases, as practice shows, the expert's opinion (as a result of the forensic examination) may be the main (basic) and perhaps the only (possible) reliable source of evidence in civil cases.

3. Forensic examination shall be conducted only on the basis of the court order and for the purpose of making conclusion (substantiated, objective) on the investigated issues that are or will be the subject of judicial review.

4. The judicial expert (in accordance with the current legislation of Ukraine) must be considered in 3 aspects (as the subject of liability) and can be held liable, namely: disciplinary liability (as the specialist - aspect 1), financial liability (as the subject of civil (economic) legal relations - aspect 2), administrative and criminal (as the subject of procedural activity - aspect 3).

Keywords: forensic expert; forensic examination; expert opinion; court; appointment and examination of civil proceedings; civil proceedings.

ВСТУП

Слово (змістове наповнення терміну) «експерт» походить від латинського *expertus* – до-свідчений (обізнаний) [1, 2]. Поряд з тим варто також відмітити, що сучасні правові системи світу по-різному регламентують (визначають) правове становище (статус) експерта. Зокрема, англо-американська доктрина визначає правовий статус експертів як свідків, а європейська континентальна розглядає експертів як помічників судді [1, 3].

З огляду на це, тут доцільно погодитись з думкою науковців [1] про те, що тут прикладом можуть бути англійські Правила цивільного судочинства (англ. *Civil Procedure Rules*) [4]:

1) в яких для позначення (визначення) експерта вживається така правова категорія, як *expert witness*, що дослівно перекладається [1,

5]: а) експерт, що виступає в суді в якості свідка; б) експерт-свідок;

2) які визначають 3-и типи (види) експертів-свідків [1, 4]: а) експерт, який призначається виключно судом для надання певних (належних) доказів; б) експерт, який обирається (на власний розсуд і за своїм бажанням) однією із сторін у справі і який виступає на її боці та надає певні (відповідні) докази (за результатами експертних досліджень) на користь цієї сторони; в) експерт, який обирається за участю обох сторін (або спільно обома сторонами) у справі.

Водночас, підтримуючи думку науковців [1, 6, 7], доцільно зазначити, що сьогодні в Україні згідно чинного законодавства правове становище (статус) судового експерта у цивільно-

му судочинстві визначено зовсім по-іншому (має свої особливості).

Так, особливою рисою судового експерта (як суб'єкта процесуальної діяльності) є те, що він не є стороною процесу і немає вмотивованої заінтересованості в кінцевому результаті вирішення цивільної справи на користь однієї із сторін у конкретній (визначеній) справі, оскільки його функцією (головним обов'язком) відповідно до законодавства України (у цьому напрямі) є провести повне дослідження і надати належний (обґрунтований, об'єктивний) письмовий експертний висновок (за поставленими перед ним запитаннями), який (тобто висновок експерта) є самостійним (окремим) джерелом доказів у суді.

Станом на сьогодні права та обов'язки судового експерта у цивільному судочинстві України визначені Законом України «Про судову експертизу» від 25.02.1994 р. № 4038-XII [8], Цивільним процесуальним кодексом України від 18.03.2004 р. № 1618-IV [9], Інструкцією про призначення та проведення судових експертиз та експертних досліджень [10].

За результатами аналізу останніх досліджень і публікацій (у цьому напрямі) з'ясовано, що особливості діяльності експерта (судового експерта) у цивільному судочинстві України досліджували такі вчені-юристи та практики, як Н. Алексєєва [11], С. Бичкова [12], Л. Буряк [13], Ж. Васильєва-Шаламова [6], А. Дудич [14], А. Кравченко [1], О. Кравченко [15], Т. Кучер [16], А. Лозовий [17], В. Петрик [18], Ю. Прут [19], Т. Степанова [20], В. Шапіро [7], М. Шепітько [21], А. Штефан [22] та інші. Водночас слід зазначити, що об'єктом гострих дискусій залишається питання, що є предметом дослідження – проблемні аспекти участі експерта у цивільному судочинстві України. Все це обумовило актуальність дослідження у цьому напрямі, важливість і доцільність його проведення (за окресленою проблемою), а також визначило тему та мету статті.

Метою статті є дослідження проблемних аспектів участі експерта у цивільному судочинстві України на основі вивчення та аналізу питань, що стосуються: 1) розмежування правового становища (статусу) експерта та правового становища спеціаліста – (1 аспект); 2) проблемних аспектів розрізнення понять (правових категорій) «експертиза» та «судова

експертиза» – (2 аспект); 3) проблемних аспектів призначення експертизи судом – (3 аспект); 4) питання юридичної відповідальності судового експерта – (4 аспект); 5) висновку експерта в судовому засіданні (при розгляді справи) – (5 аспект); 6) тривалості проведення судової експертизи як чинника невинуватого тривалого (довгих строків) розгляду справи судом – (6 аспект).

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Що стосується першого (1) аспекту дослідження (щодо розмежування правового становища (статусу) експерта та правового становища (статусу) спеціаліста), то тут варто погодитись з думкою А. Кравченка та І. Зеленкової [1], що якщо судовий експерт – це особа, яка володіє спеціальними (професійними) знаннями, необхідними для з'ясування відповідних (конкретних) обставин справи, а також має право на проведення судової експертизи, яка має особливе значення для матеріалів конкретної (визначеної) справи у суді і письмовий висновок (висновок експерта) щодо якої (на стадії розгляду справи) є самостійним (окремим) джерелом доказів, то спеціаліст – це особа, яка за допомогою своїх спеціальних знань і вмінь (професійних навичок) надає суду (у разі потреби) певну технічну допомогу, відповідні консультації та роз'яснення під час вчинення окремих (процесуальних) дій, спрямованих на виявлення, вилучення і/або закріплення доказів (ст. 72–74 Цивільного процесуального кодексу України (надалі – ЦПК України) від 18.03.2004 р. № 1618-IV [9]).

У цьому контексті варто також відмітити, що відповідно до п. 2 ст. 74 ЦПК України [9] професійна допомога (юридична, технічна тощо) та консультації спеціаліста не замінюють висновок судового експерта.

Крім того, слід взяти до уваги те, що результати своїх досліджень (конкретних питань, обставин, фактів тощо) експерт обов'язково закріплює в експертному висновку (у письмовій формі), який відповідно до ст. 102 ЦПК України [9] має свою чітко визначену процесуальну форму (вимоги до висновку експерта) і згідно ст. 76 ЦПК України [9] має силу доказу нарівні з іншими існуючими (наявними) доказами (письмовими, речовими і електронними доказами, показаннями свідків).

Своєю чергою дії спеціаліста [1]: 1) ніде не закріплюються у письмовій формі; 2) в окремих випадках (на вимогу суду у разі потреби) деякі питання можуть оформлятися у вигляді документів (довідки або пояснювальної записки). При цьому з'ясовано, що документація, яка складена спеціалістом, доказової сили (значення) не має.

Розкриваючи питання про розмежування правового становища (статусу) експерта та правового становища (статусу) спеціаліста, тут необхідно також звернути увагу на те, що сьогодні Законами України не визначено вимог до спеціаліста обов'язково мати вищу освіту відповідного (конкретного) професійного спрямування за освітнім ступенем магістра (або спеціаліста) відповідно до Закону України «Про вищу освіту» від 01.07.2014 р. № 1556-VII [23], проходити атестацію на право брати участь у проведенні конкретних дій і/або мати відповідний стаж професійної діяльності, враховуючи відповідну (спеціальну) підготовку, перепідготовку та підвищення кваліфікації спеціаліста, тоді як для експерта в ст. 10 Закону України «Про судову експертизу» від 25.02.1994 р. № 4038-XII [8] чітко визначаються вимоги, а саме:

- 1) мати відповідну вищу освіту з освітньо-кваліфікаційним рівнем не нижче спеціаліста;
- 2) пройти відповідну підготовку, а також отримати кваліфікацію судового експерта з певної (конкретної) спеціальності;
- 3) бути внесеним до державного Реєстру атестованих судових експертів відповідно до Наказу Міністерства юстиції України від 29.03.2012 № 492/5 «Про затвердження Порядку ведення державного Реєстру атестованих судових експертів» [24], на виконання ст. 9 Закону України «Про судову експертизу» [8].

Поряд з тим, у ст. 11 Закону України «Про судову експертизу» [8] визначено перелік осіб, які не можуть бути судовими експертами. Це питання потребує додаткового вивчення.

З огляду на вищезазначене, на особливу увагу заслуговують наукові праці [1, 6, 25, 26, 27, 28], за результатами аналізу яких можна стверджувати, що принципу професіоналізму (при розгляді і вирішенні цивільних справ) належить важлива роль і йому (поданому принципу) необхідно надати (відвести) особливе місце в цивільному процесуальному законодавстві в системі основних засад (прин-

ципів) цивільного судочинства (тобто закріпити на законодавчому рівні). Це, перш за все, доведено судовою практикою і обумовлено тим, що: 1) на суд та адвокатів покладається виконання конституційної функції держави щодо захисту прав людини і громадянина [26, 27, 29]; 2) експерти та спеціалісти відіграють надзвичайно важливу роль у цивільному судочинстві [1, 6, 12, 18, 19].

За результатами досліджень [1] (А. Кравченко В., І. Зеленкова) з'ясовано, що деякі юристи-практики дотримуються думки про те, що необхідно надати висновку спеціаліста статусу висновку експерта. З огляду на це, враховуючи мету законодавця надати певний (особливий) процесуальний статус саме експерту (судовому експерту) з підвищеними (конкретними) вимогами до такої особи, встановлено, що такі пропозиції (рекомендації) не можна підтримати.

Водночас слід погодитись з думкою науковця [6] (Ж. Васильєва-Шаламова), що в даній ситуації, яка склалась, при певних обставинах під час призначення експертизи судом (судової експертизи) доцільно і необхідно в окремих випадках попередня консультація (консультаційно-довідкова допомога) спеціаліста (як фахівця у галузі спеціальних знань за проблемою), який міг би компетентно (конструктивно, фахово) визначити галузь або напрям знань, з яких суду необхідно залучити судових експертів для проведення дослідження, а також надати допомогу суду технічного характеру (фотографування, складання певних планів, окремих спеціальних схем (органіграм, топограм, хронограм, діаграм тощо), креслень, відбору зразків для проведення експертизи тощо) під час вчинення процесуальних дій.

Таким чином, виходячи з аналізу судової практики та чинного цивільного процесуального законодавства України (за проблемою), можна стверджувати, що сьогодні в юридичній практиці існують проблемні аспекти щодо розмежування правового становища експерта та спеціаліста. Подане вище дослідження (щодо основних відмінних рис між цими суб'єктами процесуальної діяльності), підтримуючи думку авторів [1], допоможе розрізняти їх на практиці (під час розгляду і вирішенні цивільних справ) в будь-якому випадку.

Що стосується другого (2) аспекту дослідження (щодо проблемних аспектів розріз-

нення понять (правових категорій) «експертиза» та «судова експертиза»), то тут доцільно зазначити, що невизначеність (у юридичній доктрині (науковій, навчальній, навчально-методичній та спеціальній довідковій юридичній літературі за проблемою) та чинному процесуальному законодавстві України) щодо чіткого розмежування таких понять, як «експертиза» та «судова експертиза», часто призводить до помилкового розуміння їх сутності і, як наслідок, до помилкового їх отождолення [1, 6].

В цьому аспекті, підтримуючи думку науковців [1], на особливу увагу заслуговує наукова праця Ж. Васильєвої-Шаламової «Судова експертиза в цивільному процесі» [6], в якій визначено сутність поняття «судова експертиза». А також – сформовано систему ознак (особливостей), які дають можливість відмежувати судову експертизу у цивільному судочинстві (процесі) України від інших експертиз (несудових) за такими ознаками (у практичній юридичній площині), які повністю відповідають поняттю судової експертизи, приведеного у ст. 1 чинного Закону України «Про судову експертизу» [8], а саме [6]:

1) судова експертиза (як дослідження конкретних питань за проблемою на основі спеціальних знань у галузі науки, техніки, мистецтва, ремесла тощо певних об'єктів, явищ і/або процесів) характеризується чітко визначеною процесуальною формою з метою надання експертного висновку (висновку експерта відповідно до вимог);

2) судова експертиза проводиться тільки на підставі ухвали суду і з метою надання висновку (обґрунтованого, об'єктивного) з досліджуваних питань, що є або будуть предметом судового розгляду;

3) судова експертиза здійснюється особливим суб'єктом – експертом (судовим експертом);

4) судова експертиза має на меті одержання нових фактів (отримання нового доказу) та оформлення матеріалів за результатами досліджень (у вигляді висновку експерта [13, 22], що у дослідницькій частині включає експертну оцінку результатів дослідження);

5) висновок експерта (як результат проведення судової експертизи та експертних досліджень) є засобом доказування у цивільному процесі [13, 21, 22];

6) результати (матеріали) судової експертизи (дослідження) використовує тільки суд (відповідно до вимог чинного законодавства України).

З огляду на це, враховуючи при цьому також аналіз діючої судової та експертної практики в Україні, можна зробити висновок, що судова експертиза має відмінні (конкретні) характерні риси (специфічні особливості), що визначають її окреме (визначене) місце і становище відносно інших несудових експертиз.

Поряд з тим, переходячи до третього (3) аспекту дослідження (щодо проблемних аспектів призначення експертизи судом), потрібно відмітити, що у ст. 103 ЦПК України (про призначення експертизи судом) [9] зазначено, що для з'ясування обставин, що мають значення для справи і потребують спеціальних знань у сфері іншій, ніж право, суд призначає експертизу, у тому числі додаткову, повторну, комісійну чи комплексну експертизу (або декілька експертиз) у разі необхідності, за заявою осіб, які беруть участь у справі. Тут (стосовно цього положення), підтримуючи думку науковців [1], відразу виникає ряд (комплекс) проблемних аспектів (питань) на практиці, зокрема в частині таких аспектів – сукупність умов призначення експертизи судом; питання, з яких має бути проведена експертиза (судова експертиза), що призначається судом, визначаються судом.

Так, призначення судової експертизи (з урахуванням конкретних обставин, фактів тощо) ініціюється (на основі клопотань, за заявою у разі дійсної потреби) не інакше як однією зі сторін (або обома сторонами) у справі, на власний розсуд і добровільно (тобто за своїм бажанням). Якщо сторони у справі не просять про проведення експертизи, то суд не має права призначати експертизу з власної ініціативи, але має право поставити це питання на обговорення і з'ясувати думку (позицію) сторін у справі щодо доцільності і важливості проведення експертизи (судової експертизи) в контексті всебічного і повного з'ясування обставин справи.

Тут варто також зазначити, що згідно п. 5 ст. 103 ЦПК України [9]: 1) сторони (учасники справи) мають право запропонувати суду перелік питань, роз'яснення яких, на їхню думку, потребує висновку експерта; 2) у разі зміни або відхилення питань, запропонованих сторонами (учасниками справи), суд зо-

бов'язаний мотивувати таку зміну або відхилення. Це, на нашу думку, досить важливий аспект у сфері судочинства України, який потребує додаткового вивчення, певних (конкретних) уточнень і відповідного (належного) обґрунтування у цьому напрямі, виходячи з того, що підставою для проведення судових експертиз та експертних досліджень у цивільному судочинстві України є наявність спеціального процесуального акта – ухвали суду про призначення експертизи (ст. 104 ЦПК України [9]).

З огляду на викладене, розглянемо ситуацію (з правової точки зору), що досить часто виникає на практиці: позивачі додають до позову вже готові висновки незалежного експерта. Звідси виникає питання про те, а чи повинен суд (відповідно до вимог чинного законодавства України) розглядати та враховувати такі висновки (як джерело доказів) нарівні з тими висновками, які складені експертом (судовим експертом) під час судового розгляду справи?

В контексті цього з'ясовано, що відповідь на подане питання має бути негативним. Це обумовлено тим, що станом на сьогодні висновки експерта (незалежного експерта), які додаються до позовної заяви, отримані з порушенням вимог чинного законодавства України про проведення судових експертиз, а саме – порядку призначення експертизи (ст. 103 ЦПК України [9]) з обов'язковим винесенням ухвали суду про призначення такої експертизи (ст. 104 ЦПК України [9]). А звідси очевидно, що висновки експерта (незалежного експерта) в даному випадку не можуть розглядатися судом як джерело доказів. Такі ситуації є не лише в Україні, законодавство країн-членів Європейського Союзу (ЄС) також містить аналогічні правові норми щодо призначення експертизи судом, хоча професійна адвокатська спільнота наголошує на проблемі, яка заслуговує на особливу увагу. Тут варто також зазначити, що інститут адвокатури в Україні, виходячи із ст. 59 Конституції України (Основного Закону) [30], реалізує таку ключову конституційну функцію держави, як право кожного на професійну правничу (правову) допомогу на незалежній основі [26, 27, 28, 29].

Що стосується четвертого (4) аспекту дослідження (щодо питання юридичної відповідальності судового експерта), то за результата-

ми аналізу наукових праць та чинного законодавства України про проведення судових експертиз, з'ясовано, що:

1) Ж. Васильєва-Шаламова [6] обґрунтовує думку, що на законодавчому рівні необхідно виокремити і закріпити матеріальну відповідальність експерта за (у випадку) вчинення ним (його діями) майнової шкоди під час проведення експертизи. Подане питання також розглядалось і в іншій юридичній літературі, включаючи також такі види юридичної відповідальності судового експерта, як дисциплінарна та адміністративна відповідальність. З огляду на це, доцільно відмітити, що у ст. 14. чинного Закону України «Про судову експертизу» [8] зазначено: «Судовий експерт на підставах і в порядку, передбаченими законодавством, може бути притягнутий до юридичної відповідальності». Поряд з тим, Положення про експертно-кваліфікаційні комісії та атестацію судових експертів, затвердженого наказом Міністерства юстиції України від 03.03.2015 р. № 301/5 [31], більш детально розкриває поняття відповідальності судового експерта.

2) В теорії цивільного процесуального права також є дослідження, наприклад [11, 12, 14, 17], які присвячені питанням (окремим аспектам, проблемам тощо) щодо кримінальної відповідальності судового експерта за дачу (надання) завідомо неправдивого висновку (висновку експерта) та за відмову без поважних причин від виконання покладених на нього обов'язків, включаючи розголошення даних, що стали відомі йому (експерту) під час проведення судових експертиз чи експертних досліджень. В цьому аспекті на особливу увагу заслуговує наукова праця (дисертація) С. Бичкової «Експертиза в цивільному процесі України» [12], в якій зазначено, що попередження судового експерта про юридичну (кримінальну) відповідальність (відповідно до вимог чинного законодавства України) обов'язково повинне міститися (бути передбачене) в ухвалі суду про призначення судової експертизи, а не у висновку експерта, оскільки підставою для проведення дослідження є ухвала суду, в ній визначаються питання (обставини, проблемні аспекти тощо), на які належить дати відповідь судовому експерту. А це означає, що судовий експерт повинен обов'язково з нею ознайомитися і нести юридичну відповідальність як фахівець, як суб'єкт цивільних (господарських) право-

відносин і як суб'єкт процесуальної діяльності [12, 15, 20].

Отже, судовий експерт (відповідно до чинного законодавства України) повинен розглядатися в 3-х аспектах (як суб'єкт відповідальності) і може бути притягнутий до юридичної відповідальності, а саме [7, 15, 20]: дисциплінарної відповідальності (як фахівець – 1 аспект), матеріальної відповідальності (як суб'єкт цивільних (господарських) правовідносин – 2 аспект), адміністративної та кримінальної (як суб'єкт процесуальної діяльності – 3 аспект).

Такий підхід (щодо юридичної відповідальності судового експерта у цивільному судочинстві), виходячи з прикладів європейських країн (ЄС) у цьому напрямі, відповідає загально визнаним європейським практикам та міжнародним стандартам у сфері судочинства. Водночас встановлено, що в даний час існує нагальна необхідність впровадження (внесення певних змін) в законодавчі (нормативно-правові) акти України відповідних (належних) законодавчих ініціатив у цьому напрямі, особливо в частині кримінальної відповідальності за злочини проти правосуддя, що вчиняються експертами або щодо них. Це обумовлено, перш за все, реформуванням судової системи України, особливостями (специфікою) діяльності інституту адвокатури (правової допомоги), який сьогодні зазнає конкретних (суттєвих) змін (за різними напрямками), зокрема на конституційному рівні, відповідно до суспільних очікувань і європейських стандартів (цінностей) та задоволення суспільного запиту на незалежний та справедливий суд [11, 26, 32, 33, 34].

Що стосується п'ятого (5) аспекту дослідження (щодо висновку експерта в судовому засіданні), то у п. 1 ст. 239 ЦПК України [9] зазначено, що висновок експерта (судового експерта) оголошується в судовому засіданні за клопотанням учасника справи. Водночас з'ясовано, що сьогодні на практиці, як правило, оголошення такого висновку (висновку експерта) переважно здійснюється судом. Поряд з тим, у п. п. 2–4 ст. 239 ЦПК України [9] також зазначено, що для роз'яснення і доповнення поданого висновку експерту можуть бути поставлені додаткові (уточнюючі) питання (з метою з'ясування правильного розуміння суті самої відповіді експерта), а викладені письмово і підписані судовим експер-

том додаткові роз'яснення і доповнення до цього висновку (висновку експерта) обов'язково долучаються до матеріалів справи.

В контексті цього, тут варто підтримати думку А. Кравченка та І. Зеленкової [1] про те, що в цій частині чинне процесуальне законодавство України потребує певних уточнень, оскільки більш доцільним було б, щоб висновок судового експерта оголошувався і пояснювався в судовому засіданні виключно самим експертом. Це обумовлено тим, що тільки судовому експертові відомі певні особливості (специфічні моменти), які він з'ясував під час дослідження (судової експертизи та експертних досліджень), тільки він (судовий експерт) може правильно (безпомилково, об'єктивно) їх розтлумачити і обґрунтовано пояснити, бо не всі важливі моменти можна викласти так конкретно чи зрозуміло у експертному висновку, як він це може розтлумачити (пояснити) усно.

Що стосується тривалості проведення судової експертизи як чинника невинувато тривалого (довгих строків) розгляду справи судом, то в рамках дослідження поданого аспекту (6) з'ясовано, що для вирішення поданого питання доцільним було б на законодавчому рівні закріпити [1, 7]:

- 1) обов'язок суду негайно розглядати (під час судового розгляду) усі клопотання (заяви, звернення, пропозиції тощо) судового експерта, що стосуються питань (окремих аспектів), які досліджуються та мають значення для справи;
- 2) обов'язок судового експерта негайно та невідкладно розглядати (досліджувати) ті питання (окремі аспекти), які направляються йому в порядку призначення і проведення судової експертизи.

ВИСНОВКИ

Здійснений аналіз проблемних питань (аспектів) правового становища (статусу) судового експерта в цивільному судочинстві України не претендує на абсолютну повноту вивчення усіх питань, які виникають на практиці, проте виконане дослідження дає можливість стверджувати, що:

- 1) судовий експерт (як суб'єкт цивільного судочинства України) є досить вагомою фігу-

рою (особою) у цивільному процесі (судочинстві), оскільки володіє спеціальними (професійними) знаннями та здійснює судову експертизу;

2) законодавець України повинен приділити належну увагу проблемним аспектам участі судового експерта у цивільному судочинстві з метою їх вирішення (або вдосконалення), зокрема це стосується питань щодо його процесуального становища (статусу) та юридичної відповідальності (як фахівця, як суб'єкта ци-

вільних (господарських) правовідносин і як суб'єкта процесуальної діяльності), оскільки точність (правильність, безпомилковість) і глибина (обґрунтованість, об'єктивність) експертних висновків є такою, що в деяких (окремих) випадках, як свідчить практика, висновок експерта (судової експертизи) може стати основним (базовим) та чи не єдиним (можливим) достовірним джерелом доказу у цивільних справах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ / REFERENCES

1. Kravchenko, A., & Zelenkova, I. (2011). *Problemni pytannia uchasti eksperta v tsyvilnomu sudochynstvi* [The problem questions of expert's participation in civil procedure]. *Advokat*, 12, 43–45 (in Ukrainian)
[Кравченко, А., & Зеленкова, І. (2011). Проблемні питання участі експерта в цивільному судочинстві. *Адвокат*, 12, 43–45].
2. Melnychuk, O. (Ed.) (1975). *Slovnnyk inshomovnykh sliv* [Dictionary of foreign words]. Kyiv: Holovna redaktsiia Ukrainskoi Radianskoi Entsyklopedii AN URSR (in Ukrainian)
[Мельничук, О. (Ред.) (1975). *Словник іношомовних слів*. Київ: Головна редакція Української Радянської Енциклопедії АН УРСР].
3. Vasylev, S. (2015). *Porivnialnyi tsyvilnyi protses* [Comparative civil process]. Kyiv: Alerta (in Ukrainian)
[Васильєв, С. (2015). *Порівняльний цивільний процес*. Київ: Алерта].
4. The National Archives. (1998). *The Civil Procedure Rules*. Retrieved from <http://www.legislation.gov.uk/uksi/1998/3132/contents/made>
5. Panaskov, A. (2010). *Paradyhmatychni vidnosyny nominatsii sudochynstva v anhliiskii movi* [Paradigmatic relations of judicial nominations in English]. *Naukovi pratsi Kamianets-Podilskoho natsionalnoho universytetu imeni Ivana Ohiiienka. Filolohichni nauky*, 22(2), 76–80 (in Ukrainian)
[Панаськов, А. (2010). Парадигматичні відносини номінацій судочинства в англійській мові. *Наукові праці Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Філологічні науки*, 22(2), 76–80].
6. Vasylieva-Shalamova, Zh. (2009). *Sudova ekspertyza v tsyvilnomu protsesi* [Legal expertise in civil process] (Doctoral thesis); Kyivskiy natsionalnyi universytet imeni Tarasa Shevchenka. Kyiv (in Ukrainian)
[Васильєва-Шаламова, Ж. (2009). *Судова експертиза в цивільному процесі* (Кандидатська дисертація); Київський національний університет імені Тараса Шевченка. Київ].
7. Shapiro, V. (2018). *Problemni aspekty uchasti eksperta v tsyvilnomu protsesi* [Problematic aspects of expert participation in the civil process]. *Pravovi horyzonty*, 13(26), 24–28 (in Ukrainian)
[Шапіро, В. (2018). Проблемні аспекти участі експерта в цивільному процесі. *Правові горизонти*, 13(26), 24–28].
8. Pro sudovu ekspertyzu [On forensic examination] (Ukraine), 25 February 1994, No 4038-XII. Retrieved August 1, 2019, from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4038-12> (in Ukrainian)
[Про судову експертизу (Україна), 25 лютого 1994, № 4038-XII. Актуально на 01.08.2019. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4038-12>].
9. Tsyvilnyi protsesualnyi kodeks Ukrainy [The Civil Procedural Code of Ukraine] (Ukraine), 18 March 2004, No 1618-IV. Retrieved April 1, 2019, from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1618-15> (in Ukrainian)

- [Цивільний процесуальний кодекс України (Україна), 18 березень 2004, № 1618-IV. Актуально на 01.04.2019. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1618-15>].
10. Instruktsiia pro pryznachennia ta provedennia sudovykh ekspertyz ta ekspertnykh doslidzhen (Ukraine), 08 October 1998, No 53/5. Retrieved October 1, 2019, from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0705-98> (in Ukrainian)
[Інструкція про призначення та проведення судових експертиз та експертних досліджень (Україна), 08 жовтня 1998, № 53/5. Актуально на 01.08.2019. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0705-98>].
 11. Alieksieieva, N. (2015). *Kryminalna vidpovidalnist za zlochyny proty pravosuddia, shcho vchyniautsia svidkami, ekspertamy, perekladachamy abo shchodo nykh* [Criminal liability for crimes committed against witnesses, experts, translators or against them] (Doctoral thesis); Instytut derzhavy i prava im. V. M. Koretskoho NAN Ukrainy. Kyiv (in Ukrainian)
[Алексеева, Н. (2015). *Кримінальна відповідальність за злочини проти правосуддя, що вчиняються свідками, експертами, перекладачами або щодо них* (Автореферат кандидатської дисертації); Інститут держави і права ім. В. М. Корецького НАН України. Київ].
 12. Bychkova, S. (2003). *Ekspertyza v tsyvilnomu protsesi Ukrainy* [Expertise in civil procedure] (Doctoral thesis); Instytut derzhavy i prava im. V. M. Koretskoho NAN Ukrainy. Kyiv (in Ukrainian)
[Бичкова, С. (2003). *Експертиза в цивільному процесі України* (Автореферат кандидатської дисертації); Інститут держави і права ім. В. М. Корецького НАН України. Київ].
 13. Buriak, L. (2014). *Pravova pryroda vysnovku eksperta yak zasobu dokazuvannia v tsyvilnomu protsesi* [The legal nature of an expert's opinion as a means of proof in a civil process]. *Kryminalistychnyi visnyk, 1*, 75–80 (in Ukrainian)
[Буряк, Л. (2014). *Правова природа висновку експерта як засобу доказування в цивільному процесі*. *Криміналістичний вісник, 1*, 75–80].
 14. Dudych, A. (2015). *Vidpovidalnist eksperta u kryminalnomu provadzhenni Ukrainy* [Responsibility expert in criminal proceedings Ukraine]. *Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho natsionalnoho universytetu. Serii: Pravo, 30(2)*, 132–136 (in Ukrainian)
[Дудич, А. (2015). *Відповідальність експерта у кримінальному провадженні України*. *Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія: Право, 30(2)*, 132–136].
 15. Kravchenko, O. (2015). *Vydy yurydychnoi vidpovidalnosti sudovoho eksperta v Ukraini* [Types of Legal Responsibility Court Expert in Ukraine]. *Pravo ta derzhavne upravlinnia, 2*, 69–72 (in Ukrainian)
[Кравченко, О. (2015). *Види юридичної відповідальності судового експерта в Україні*. *Право та державне управління, 2*, 69–72].
 16. Kucher, T. (2012). *Spivvidnoshennia vysnovkiv eksperta ta spetsialista yak zasobiv dokazuvannia v tsyvilnomu protsesi: pytannia teorii ta praktyky* [Correlation of conclusions of expert and specialist yak of facilities of proving in civil procedure: questions of theory and practice]. *Visnyk Vyshchoi rady yustytzii, 2(10)*, 31–40 (in Ukrainian)
[Кучер, Т. (2012). *Співвідношення висновків експерта та спеціаліста як засобів доказування в цивільному процесі: питання теорії та практики*. *Вісник Вищої ради юстиції, 2(10)*, 31–40].
 17. Lozovyi, A., & Simakova-Yefremian, E. (2013). *Kryminalnyi protsesualnyi kodeks Ukrainy: problemy zastosuvannia okremykh norm pid chas zaluchennia sudovoho eksperta* [Code of Criminal Procedure of Ukraine: Problems of application of separate rules when involving a court expert]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho universytetu imeni V. N. Karazina. Serii: Pravo, 1082(16)*, 204–206 (in Ukrainian)
[Лозовий, А., & Сімакова-Єфремян, Е. (2013). *Кримінальний процесуальний кодекс України: проблеми застосування окремих норм під час залучення судового експерта*.

Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія: Право, 1082(16), 204–206].

18. Petryk, V. (2012). *Protsesualno-pravovyi status eksperta yak peredumova prava na vidvid u tsyvilnomu protsesi* [Procedural and Legal Status of the Expert as the Right to Challenge in Civil Proceedings Precondition]. *Forum prava, 2*, 558–562 (in Ukrainian)
[Петрик, В. (2012). Процесуально-правовий статус експерта як передумова права на відвід у цивільному процесі. *Форум права, 2*, 558–562].
19. Prut, Yu. (2015). *Tsyvilno-protsesualnyi status eksperta pry zdiisnenni tsyvilnoho sudochynstva* [Civil procedural status of an expert in civil litigation]. *Naukovyi visnyk Khersonskoho derzhavnoho universytetu. Seriya: Yurydychni nauky, 3(3-2)*, 45–47 (in Ukrainian)
[Прут, Ю. (2015). Цивільно-процесуальний статус експерта при здійсненні цивільного судочинства. *Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія: Юридичні науки, 3(3-2)*, 45–47].
20. Stepanova, T. (2013). *Shchodo vidpovidalnosti sudovoho eksperta* [On the responsibility of a forensic expert]. Retrieved from <http://dspace.onu.edu.ua:8080/handle/123456789/5185> (in Ukrainian)
[Степанова, Т. (2013). *Щодо відповідальності судового експерта*. URL: <http://dspace.onu.edu.ua:8080/handle/123456789/5185>].
21. Shepitko, M. (2015). *Zasoby protydii nadanniu sudovym ekspertom zavidomo nepravdyvoho vysnovku* [Means of counteracting the provision of an intentionally misleading conclusion by an expert]. *Teoriia ta praktyka sudovoi ekspertyzy i kryminalistyky, 15*, 180–188 (in Ukrainian)
[Шепітько, М. (2015). Засоби протидії наданню судовим експертом завідомо неправдивого висновку. *Теорія та практика судової експертизи і криміналістики, 15*, 180–188].
22. Shtefan, A. (2018). *Vysnovok eksperta u tsyvilnomu sudochynstvi* [Statement of expert in civil proceedings]. *Teoriia i praktyka intelektualnoi vlasnosti, 2*, 16–28 (in Ukrainian)
[Штефан, А. (2018). Висновок експерта у цивільному судочинстві. *Теорія і практика інтелектуальної власності, 2*, 16–28].
23. Pro vyshchu osvitu [About higher education] (Ukraine), 01 July 2014, No 1556-VII. Retrieved August 1, 2019, from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-18> (in Ukrainian)
[Про вищу освіту (Україна), 01 липня 2014, № 1556-VII. Актуально на 01.08.2019. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-18>].
24. Pro zatverdzhennia Poriadku vedennia derzhavnoho Reiestru atestovanykh sudovykh ekspertiv [On Approval of the Procedure for Keeping the State Register of Certified Forensic Experts] (Ukraine), 29 March 2012, No 492/5. Retrieved August 1, 2019, from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0484-12> (in Ukrainian)
[Про затвердження Порядку ведення державного Реєстру атестованих судових експертів (Україна), 29 березня 2012, № 492/5. Актуально на 01.08.2019. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0484-12>].
25. Tkachenko, N. M. (2018). Improvement of professional training of forensic expert is important factor for development of expert didactic. *Theory and Practice of Forensic Science and Criminalistics, 18*, 203–214. doi: 10.32353/khrife.2018.22
26. Antoniuk, S. (2019). *Osoblyvosti diialnosti advokata u tsyvilnomu sudochynstvi* [Features of the lawyer's activity in civil proceedings] (Doctoral thesis); Lvivskiy universytet biznesu ta prava. Lviv (in Ukrainian)
[Антонюк, С. (2019). *Особливості діяльності адвоката у цивільному судочинстві* (Автореферат кандидатської дисертації); Львівський університет бізнесу та права. Львів].
27. Antoniuk, S. (2019). The Court and the Lawyer in Ukraine: the Realities of Today and the Problems of Ethics of Relationship. *Path of Science, 5(7)*, 1001–1014. doi: 10.22178/pos.48-1

28. Antoniuk, S. (2019). The Principle of Professionalism of a Lawyer as the Basis for Providing Qualified Legal Assistance to a Client in Civil Legal Proceedings of Ukraine. *Path of Science*, 5(6), 1001–1011. doi: 10.22178/pos.47-1
29. Sopilnyk, R., Sopilnyk, L., & Skrynkovskiy, R. (2019). Rol advokatury u demokratychnomu suspilstvi [The role of the bar in a democratic society]. *Perspectives of science and education* (pp. 389–395). Retrieved from <https://zenodo.org/record/3473414#XbWEkpl7TDA> (in Ukrainian)
[Сопільник, Р., Сопільник, Л., & Скриньковський, Р. (2019). Роль адвокатури у демократичному суспільстві. *Perspectives of science and education* (pp. 389–395). URL: <https://zenodo.org/record/3473414#XbWEkpl7TDA>].
30. Konstytutsiia Ukrainy [The Constitution of Ukraine] (Ukraine), 28 June 1996. Retrieved April 1, 2019, from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/254%D0%BA/96-%D0%B2%D1%80> (in Ukrainian)
[Конституція України (Україна), 28 червня 1996 р. Актуально на 01.04.2019. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/254%D0%BA/96-%D0%B2%D1%80>].
31. Polozhennia pro ekspertno-kvalifikatsiini komisii ta atestatsiiu sudovykh ekspertiv [Regulations on expert-qualification commissions and certification of judicial experts] (Ukraine), 03 March 2015, No 301/5. Retrieved August 1, 2019, from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0249-15#n14> (in Ukrainian)
[Положення про експертно-кваліфікаційні комісії та атестацію судових експертів (Україна), 03 Марта 2015, № 301/5. Актуально на 01.08.2019. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0249-15#n14>].
32. Stratehiia reformuvannia sudoustroiu, sudochynstva ta sumizhnykh pravovykh instytutiv na 2015–2020 roky [Strategy for Reform of Judiciary, Judiciary and Related Legal Institutions for 2015–2020] (Ukraine), 20 May 2015, No 276/2015. Retrieved August 1, 2019, from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/276/2015> (in Ukrainian)
[Стратегія реформування судоустрою, судочинства та суміжних правових інститутів на 2015–2020 роки (Україна), 20 травня 2015, № 276/2015. Актуально на 01.08.2019. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/276/2015>].
33. Sopilnyk, L., Sopilnyk, R., & Skrynkovskiy, R. (2019). Deiaki aspekty porushennia advokatskoi taiemnytsi cherez pryzmu pryiniattia zakonodavchykh aktiv [Some aspects of breaching a lawyer's secrecy through the lens of adoption of legislation]. In *Science and society* (pp. 6–9)].
[Сопільник, Л., Сопільник, Р., & Скриньковський, Р. (2019). Деякі аспекти порушення адвокатської таємниці через призму прийняття законодавчих актів. В *Science and society* (с. 6–9)].
34. Sopilnyk, L., Skrynkovskiy, R., & Sopilnyk, R. (2019). Pro porushennia prava na konfidentsiine spilkuvannia kliienta z advokatom [About violation of the right to confidential communication of the client with the lawyer]. In I. Shutak (Ed.), *Problemy normotvorennia, realizatsii ta tлумачennia norm prava u svitli zahalnovyznanoho pryntsyphu verkhovenstva prava* (pp. 86–89). Kharkiv: Pravo (in Ukrainian)
[Сопільник, Л., Скриньковський, Р., & Сопільник, Р. (2019). Про порушення права на конфіденційне спілкування клієнта з адвокатом. В І. Шутак (Ред.), *Проблеми нормотворення, реалізації та тлумачення норм права у світлі загально визнаного принципу верховенства права* (с. 86–89). Харків: Право].

Influence of Different Spherical Binary Plasmonic NPs on HTM Layer in Methyl Ammonium Lead Triiodide Solar Cell

Cliff Orori Mosiori¹, Walter Kamande Njoroge¹, Lawrence Otieno Ochoo¹

¹ *Kenyatta University*

P. O. Box 43844-00100, Nairobi, Kenya

DOI: [10.22178/pos.50-4](https://doi.org/10.22178/pos.50-4)

LCC Subject Category: [TP155-156](#)

Received 03.09.2019

Accepted 27.09.2019

Published online 30.09.2019

Corresponding Author:

Cliff Orori Mosiori

corori@tum.ac.ke

© 2019 The Authors. This article is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 License](#)



Abstract. Methylammonium lead triiodide perovskite solar cells have attracted huge research interest. Its optoelectronic properties are competing with those of silicon wafers. It is a hybrid absorber with a direct band gap of about 1.53 eV with good light-absorption capability appropriate for optoelectronic applications. A typical perovskite solar cell HTML layer rarely incorporates ZnO or Cu₂O or TiO₂ nanoparticles to increase charge carrier transport. These ZnO, Cu₂O, TiO₂ nanoparticles can be introduced into the HTM layer to modify its PSCs efficiency and performance. These nanoparticles are direct band gap binary semiconductors with a wide band gap energy range of 2.17 eV to 3.37 eV respectively which can lead to higher transport mobility and enhanced HTM nanostructured layer. In this paper, two model solar cell having a ITO/TiO₂/CH₃NH₃PbI₃/P3HT/Ag and ITO/TiO₂/Ag:CH₃NH₃PbI₃/P3HT/Ag structures were proposed, geometrically modelled and simulated using SCAPS-1D software. Their HTM layer (composed of P3HT) was doped with ZnO, Cu₂O, and TiO₂ nanoparticles respectively to determine their influence on PCEs of this solar cells. It was revealed that starting from undoped P3HT layer all through the Cu₂O, ZnO to TiO₂ doped layers, efficiency reduced from 13.123 % and 9.071% respectively; fill factor (FF) also reduced from 69.4% to 48.9 % for the doped CH₃NH₃PbI₃ perovskite solar cell while efficiency of doped CH₃NH₃PbI₃ perovskite solar cell reduced from 13.033 % and 9.091%, the fill factor (FF) also reduced from 66.4% to 52.9 % respectively. It was noted that the solar cell employing P3HT undoped layer had the best performance and concluded that introducing nanoparticles onto P3HT layer has a negative impact on the performance of CH₃NH₃PbI₃ perovskite solar cell.

Keywords: Plasmonic Oscillations; hybrid perovskite; SCAPS-1D software; photon absorption; Computer Simulation Technology.

INTRODUCTION

Modern thin-film solar cells have reduced material consumption [2] and fabrication costs. However, a major limitation facing hybrid perovskite thin-film solar cells is its poor photon absorption [1]. It is documented that light-trapping can be increased by increasing the optical path length inside a film, but how to implement it remains a mirage [4]. Plasmonic structures can modify the excitations of localized surface plasmon to improve photon absorption [5]. Surface plasmon is a collective oscillation of free exciting electrons of metallic nanoparticles [5, 7, 9] which can be used to enhance optical absorption through scattering and near-field concentration photons depending on particle shape [11], size [15], inter-particle distance [22], optical resonance [25], material nature [34] and type of coupled systems avail-

able [29]. However, plasmon coupling only occurs when closely spaced nanoparticles have their associated electron oscillations influencing its local field affect electron oscillations of neighbouring particles [28, 31, 33]. Many noble metallic nanoparticles have been tested for plasmonic coupling. These include gold (Au), copper (Cu), silver (Ag) and aluminium (Al) nanoparticles [9, 12, 18]. Their dipole and quadrupole plasmon resonances can be described qualitatively using spherical nanoparticles [20, 26]. They have already shown a red-shift in total absorption flux enhancement and tunable localized surface plasmon resonance. The role of near-field coupling, resonance, scattering and transmission of light have been investigated too using Ag nanoparticles [6, 11, 27]. An enhancement factor of 2.3 in external quantum efficiency

at 1100 nm wavelength, a sevenfold enhancement of light absorption and a 16-fold enhancement for 1250 nm using Ag nanoparticles have been reported by some publications [14, 18, 25, 33]. This paper focuses on the doping the HTM layer and its influence on the efficiency of methylammonium lead triiodide solar cells as simulated using SCAPS-1D software at AM1.5G solar radiation that employs FDTD, FEM, and FIT methods.

SCAPS-1D simulation software. SCAPS-1D is a one-dimensional solar cell simulation software that employs three coupled differential equations. The first equation is the Poisson's equation given as (1):

$$\frac{\partial}{\partial x} \left((-\varepsilon(x)) \frac{d\varphi}{dx} \right) = q \left[p(x) - n(x) - N_{d(x)}^+ - N_{a(x)}^- + p_t(x) - n_t(x) \right], \quad (1)$$

where ψ is electrostatic potential, q is electron charge, p is free holes, n is free electrons, p_t is trapped holes, n_t is trapped electrons, N_{a^-} is ionized acceptor-like doping concentration, and N_{d^+} is ionized donor-like doping concentration [24, 30].

The second equation (2) is the continuity equation for holes as [2, 5, 11]:

$$\frac{dp_n}{dt} = G_p - \frac{p_n - p_{no}}{\tau_p} - p_n \mu_p \frac{d\xi}{dx} - \mu_p \xi \frac{dp_n}{dx} + D_p \frac{\partial^2 p_n}{\partial x^2} \quad (2)$$

while the 3 equations is the continuity equation for electrons as:

$$\frac{dn_p}{dt} = G_n - \frac{n_p - n_{po}}{\tau_n} - n_p \mu_n \frac{d\xi}{dx} - \mu_n \xi \frac{dn_p}{dx} + D_n \frac{\partial^2 n_p}{\partial x^2} \quad (3)$$

where G is generation rate, ξ is permittivity while D is the diffusion coefficient.

Computer Simulation Technology. Computer Simulation Technology (CST) is a 3D simulation software used to numerically calculate optical properties required for many applications that include plasmonic solar cells, electromagnet metamaterials and antennas when exposed to an electromagnetic field. It is a 3D EM solver that solves Maxwell's equation in the time domain with Finite integration method (FIT) and frequency domain with the Finite element method (FEM) by incorporating FDTD and FDFD techniques. CST software is a Multiphysics software that employs FIT, FEM, FDTD and FDFD to simulate designed plasmonic nanostructures of various PV devices. CST is a 3D simulation software used in order to attain accurate simulation results under the absorption profile and internal quantum efficiency as a function spatial position, photon density and frequency. It employs FDTD technique to evaluate electron transport, series resistance and fill factor enhancement, distribution profile of the photons absorbed and also electron-hole pair recombination rate. It is a time domain technique used to solve Maxwell's equations in differential form over a grid-based domain in a single simulation by calculating electric field, E , and magnetic field, B for time irrespective of the designed 1D, 2D and 3D models expressed as [14, 15, 23]:

$$\frac{\partial}{\partial t} B(\hat{R}, t) = -\nabla \times E(\hat{R}, t) - J_m(\hat{R}, t) \quad (4)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} D(\hat{R}, t) = \nabla \times H(\hat{R}, t) - J_e(\hat{R}, t) \quad (4)$$

It reveals nano-structural shapes, material types, dielectric environments, array pitches and particle locations for the source of light scattering. Its optical computational power provides the final power conversion efficiency of plasmonic solar cells. FEM available in CST software and it is used to calculate solutions to partial differential and integral Maxwell's equations. It is suitable for simulating irregular shaped geometrical models for optical devices as it provides information even of large dtime and frequency domains small elements in regions where fields may abruptly change. It can also simulate larger elements in less important and unexpected electromagnet regions.

METHODOLOGY

Device Structures. A plasmonic model solar cell was designed containing silver nanoparticle doped and undoped methylammonium lead triiodide ($\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$) as a perovskite absorber layer. The solar cell had five layers as a glass cover (*protection purposes*), an anode (*transparent conducting film*), substrate (*glass*), *n*-type compact layer, absorber layer (*Ag:CH₃NH₃PbI₃ and/or CH₃NH₃PbI₃*), P3HT (*p*-type hole transport layer) and a cathode (*silver*) designed according to [35] as shown in Figure 1.

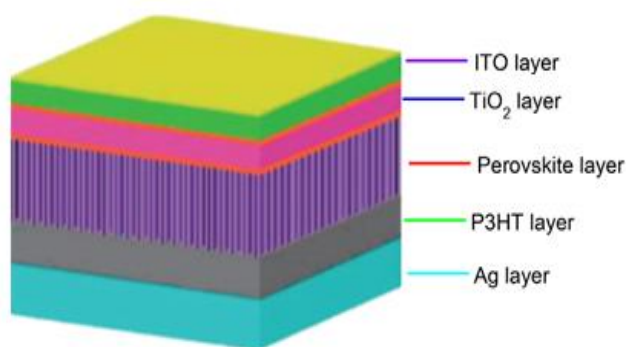


Figure 1 – $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ device structure

It was modeled as shown in Figure 2. All the models were considered to be solid-state planar heterojunction *p-i-n* solar cells with low *p*-type-doped $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ sandwiched between the *n*-type ETM (compact TiO_2) and *p*-type HTM (P3HT) layers according to [15].

Simulations were performed using light that propagated along *z* direction, through TiO_2 , $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ and entering P3HT hole transporting layer in that order.

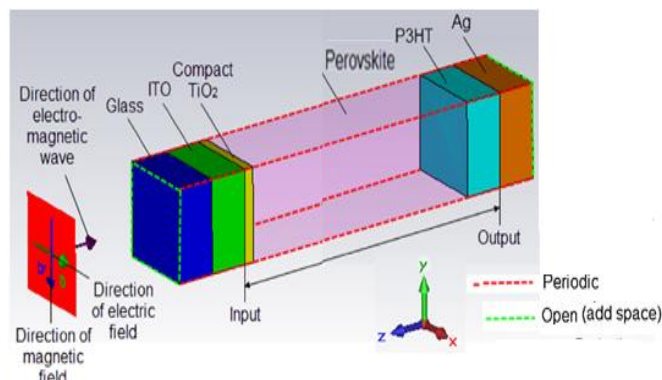


Figure 2 – $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ device structure

The same design was maintained for the one with or without the silver nanoparticle in its perovskite layer. The *p*-type hole transport (P3HT) layer also modelled as doped with ZnO , Cu_2O and TiO_2 nanoparticles separately and simulated using CST (microwave studio). Numerical simulation using SCAPS-1D simulation software was carried out to analysed the electrical parameters and the PCEs of the resulting solar cells. Table 1 and Table 2 shows the model parameter of the solar cells that were simulated.

Table 1 – Layer arrangement in $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ device structure

No	Dopant NPs	Dopant on (HTM)	Device layer structure
A1		P3HT	<i>ITO/TiO₂/CH₃NH₃PbI₃/P3HT/Ag</i>
A2	ZnO	P3HT:ZnO	<i>ITO/TiO₂/CH₃NH₃PbI₃/P3HT:ZnO/Ag</i>
A3	Cu ₂ O	P3HT:Cu ₂ O	<i>ITO/TiO₂/CH₃NH₃PbI₃/P3HT:Cu₂O/Ag</i>
A4	TiO ₂	P3HT:TiO ₂	<i>ITO/TiO₂/CH₃NH₃PbI₃/P3HT:TiO₂/Ag</i>

Table 2 – Layer arrangement in $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ device structure

No	Dopant NPs	Dopant on (HTM)	Device layer structure
B1	-	P3HT	<i>ITO/TiO₂/Ag:CH₃NH₃PbI₃/P3HT/Ag</i>
B2	ZnO	P3HT:ZnO	<i>ITO/TiO₂/Ag:CH₃NH₃PbI₃/P3HT:ZnO/Ag</i>
B3	Cu ₂ O	P3HT:Cu ₂ O	<i>ITO/TiO₂/Ag:CH₃NH₃PbI₃/P3HT:Cu₂O/Ag</i>
B4	TiO ₂	P3HT:TiO ₂	<i>ITO/TiO₂/Ag:CH₃NH₃PbI₃/P3HT:TiO₂/Ag</i>

Device Simulation. Two simulation software were used in this work. The SCAPS-1D simulation software was used to numerically simulate

photovoltaic cell analysis while other parameters were simulated using Computer Simulation Technology (CST) software. These are easy to use software's available from authorized vendors.

The solar cell models in Table 1 and Table 2 were simulated.

Choice of simulation parameters. The material optical parameters used in SCAPS-1D simulation were selectively picked from published articles by [35] and a number of supporting optoelectronic theories. The other optical constant and absorption coefficients for both $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ and $\text{Ag}:\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ were obtained from [16]. A summary of some of these optical parameters are as tabulated in tables 1. It was adopted that the defect density of $1 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$, electron hole and thermal velocity of $1.0 \times 10^7 \text{ cm/s}$, donor density, (N_D) of zero (0), defect reference energy level was taken above E_v while energy level reference to $0.7e \text{ V}$ respectively. Finally, energetic distribution and reference point for defect energy level (E_t) were assumed to be single and above the highest E_v respectively when simulating the active layers ($\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$, $\text{Ag}:\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$) and perovskite/P3HT interface layers. Numerical simulation was finally performed.

Table 3 – Parameters for SCAPS-1D simulation

Parameters	Unit	$\text{Ag}:\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$	$\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$
Bandgap	eV	1.662	1.711
Thickness	nm	420	420
Dielectric constant		4.446	10
Electron affinity	eV	4.20	4.11
Density of States (CB)	$1/\text{cm}^3$	1.0×10^{18}	2.25×10^{18}
Density of States (VB)	$1/\text{cm}^3$	1.0×10^{18}	1.0×10^{18}
Electron mobility	cm^2/Vs	1.6	2.20
Hole mobility	cm^2/Vs	1.6	2.20
Acceptor density, (N_A)	$1/\text{cm}^3$	3.2×10^{15}	1.0×10^{18}
Electron cross-section	cm^2	1.0×10^{-16}	1.0×10^{-13}
Hole cross section area	cm^2	1.0×10^{-14}	1.0×10^{-13}
Uniform total (N_t)	$1/\text{cm}^3$	4.5×10^{16}	1.0×10^{12}

Limitation on Simulations. All simulations were limited to either thickness, defect at hole transporting (HTM) layer, the density of states (DOS) and different nanoparticles on P3HT host HTM layer. As a result, thermal velocity of electrons and holes were taken as equal at $1 \times 10^7 \text{ cm/s}$ while an illumination of $1000\text{W}/\text{m}^2$, temperature of

25°C , and an air mass of 1.5G were adopted and the simulation software was limited to by SCAPS-1D simulation software to determine to short-circuit current density, J_{sc} , open-circuit voltage, V_{oc} , fill factor, FF, and power conversion efficiency, η , for different doped HTM layer. All other simulations were subjected to CST (microwave studio) software.

RESULTS AND DISCUSSIONS

Influence of $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ and $\text{Ag}:\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ layer thickness. Figure 3 shows the variation of thickness of $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ and $\text{Ag}:\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ absorber layers with respect to open-circuit voltage.

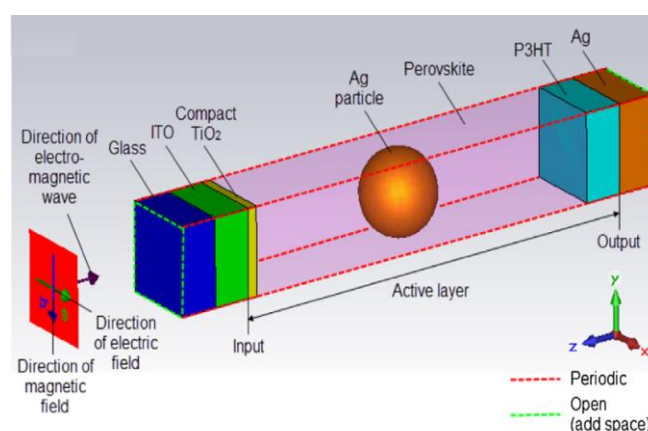


Figure 3 – $\text{Ag}:\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ perovskite solar cell model

It can be noted that the open-circuit voltage of $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ layer increases gradually as thickness increases to a certain peak point. This in effect implies that the efficiency increases up to a certain value which can be considered as the optimum at a specific thickness. Therefore, with increasing thickness, the short circuit current (J_{sc}) increases and therefore a thicker absorber layer will absorb more photons which in turn, will relatively create more electron-hole pairs resulting in higher open-circuit voltage values. From figure 3 also, it can be observed that a thickness of 320–440 nm is appropriate for $\text{Ag}:\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ perovskite layer for optimal photon absorption based on the AM 1.5G simulation radiation. The optimum thickness that recorded the highest V_{oc} for both $\text{Ag}:\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ and $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ layers was 420 nm. The gradual increase in V_{oc} from 280–420 nm was attributed to the plasmonic contributions due to silver nanoparticles with a maximum localized surface plasmonic effect attained at 420 nm. Beyond this thickness, chances of recombination of electron-holes increase as

the charge carriers traverse the longer distance in thick films and therefore diffusion is hampered. Thickness is a major parameter that plays a vital role in the overall performance of the solar cell. It could be the thickness for the absorber layer, HTM layer or the back contact. However, the efficiency of a perovskite solar cell depends largely on its response to the solar spectrum as influenced by thickness.

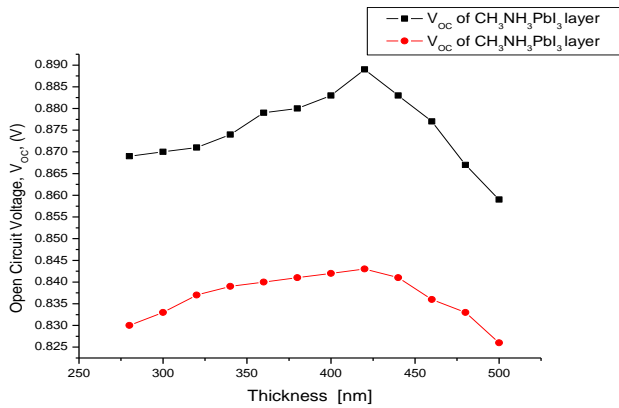


Figure 4 – Influence of thickness on open-circuit voltage perovskite layer

The thickness of Ag:CH₃NH₃PbI₃ absorber layer was varied from 280 nm to 500 nm while that of the HTM layer was varied between 28 nm to 50 nm. The simulated V_{OC} was tabulated as shown in figure 1 using table 3. Thin photovoltaic absorber layers are held responsible for less electron-hole recombination. In such cases, dark saturation current remains very low. This means that open-circuit voltage will remain relatively high. In cases where the thickness is increased, the dark saturation current also increases and as a result, open-circuit voltage decreases and in turn efficiency decreases. Normally, for ideal solar cells, the open-circuit voltage is obtained from (5):

$$V_{OC} = \left(\frac{AkT}{q}\right) \ln\left(\frac{I_L}{I_0} + 1\right), \tag{5}$$

where I₀ and I_L are dark saturation current and light-generated current, while kT/q and A are the thermal voltage and the photodiode ideality factor [31].

It also implies that the fill factor of this solar cell will decrease as thickness increase and the consequence will be that the cell internally consumes power reducing efficiency after a certain peak thickness. Similar observations were re-

ported by the experimental result by [16], who concluded that recombination expedites with increasing thickness.

Influence of Defect State at HTM / perovskite Interface Layer. Methyl ammonium lead triiodide films have a number of defects. These include point defects. A defect layer on the Ag:CH₃NH₃PbI₃/HTM interface layer was considered during simulations which took into account the interface recombinations. The simulation parameters used are shown in Table 4.

Table 4 – Parameters simulating perovskite / HTM layer interface layer

Interface layer	Unit	Value/quantity
Capture cross section electrons	cm ²	1.0 × 10 ⁻¹⁸
Capture cross section holes	cm ²	1.0 × 10 ⁻¹⁶
Energy with respect to reference	eV	0.050
Integrated total density	1/cm ²	1.0 × 10 ⁺¹²

Figure 5 shows the effect of interface defect density versus efficiency curves for three different nanoparticle dopants on the HTM layer. From figure 5, it can be noted that there was a negligible effect on efficiency above defect density of 1.12 × 10¹² cm⁻³. When defect density went below 1.01 × 10¹² cm⁻³, a notable decrease in PCEs was recorded.

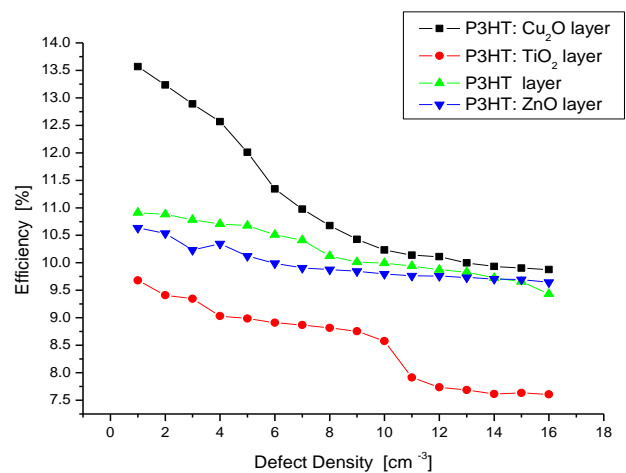


Figure 5 – Defect density of Ag:CH₃NH₃PbI₃/HTM interface layer versus efficiency

With an increase in defect density, the recombination rate increases and as a result efficiency decreases. It was noted that doping P3HT layers with binary impurities reduced its potential as a

HTM layers for hybrid perovskite solar cells. Such attempts have not been carried out through attempts to practically implemented this are on progress. HTM layer can be deposited by sputtering [10], copper oxidation [12, 15], spin coating, atomic layer deposition and even more expensive techniques like molecular beam epitaxial technique.

Influence of Density of State of perovskite Layer. Figure 6 shows the variation of density of state (DOS) with thickness.

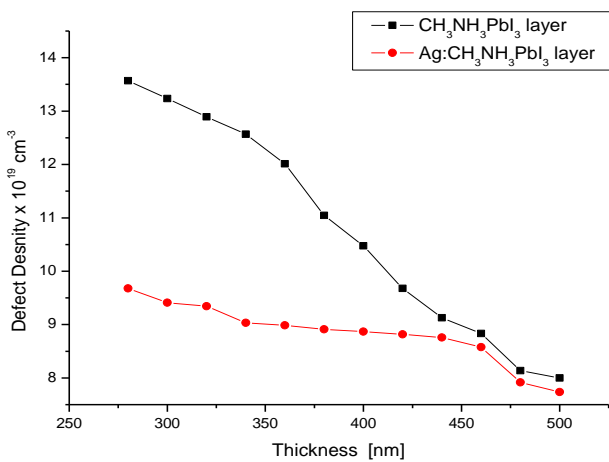


Figure 6 – Defect density of the perovskite layer versus thickness

The effect of DOS of the CH₃NH₃PbI₃ perovskite absorber layer was simulated with respect to thickness without accounting on the influence of the doped HTM layers. It can be observed from figure 6 that the density of state (N_v) varied from 13.76 × 10¹⁹ cm⁻³ to 7.5 × 10¹⁹ cm⁻³ for CH₃NH₃PbI₃ layer and from 9.75 × 10¹⁹ cm⁻³ to 7.79 × 10¹⁹ cm⁻³ for Ag:CH₃NH₃PbI₃ layer. This suggested that as thickness increases, the rate of recombination increases and this introduces multiple parasitic capacitances that negative affect solar cell efficiency.

Influence of Valance band effective density of state on efficiency. Figure 7, 8 show the curves of valance band effective density of state versus efficiency for CH₃NH₃PbI₃ and Ag:CH₃NH₃PbI₃ layers. From the curves in figure 6, it can be noted that in general, the cell efficiency of CH₃NH₃PbI₃ absorber layer decreases with the increase in valance band effective density (N_v). As the number of holes increases in the CH₃NH₃PbI₃ absorber layer. Their possibility of taking part in reverse saturation current once the solar cell circuit is completed also increases. Consequently, the open-circuit

voltage declines which leads to low electric conversion efficiency and hence poor solar cell performance.

Since low electron affinity of the HTM layer usually has a great significance on charge carrier mobility low affinity safeguards high-hole mobility. As a consequence, carrier mobility in P3HT as a hole transporting layer increases it as a reliable hole transport material (HTM) for hybrid perovskite heterojunction devices.

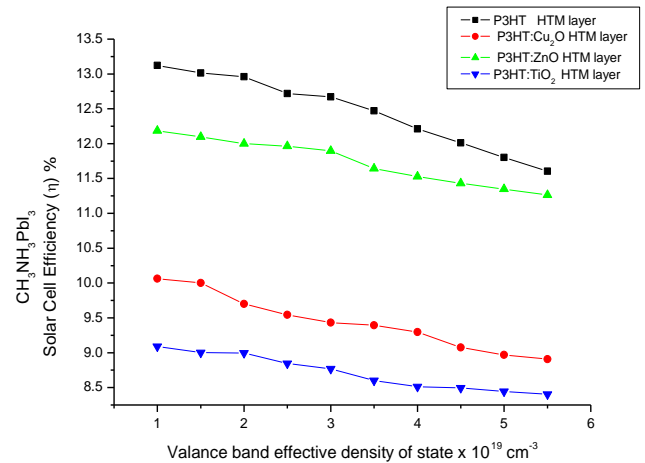


Figure 7 – Valance band effective density of state in CH₃NH₃PbI₃ versus cell efficiency

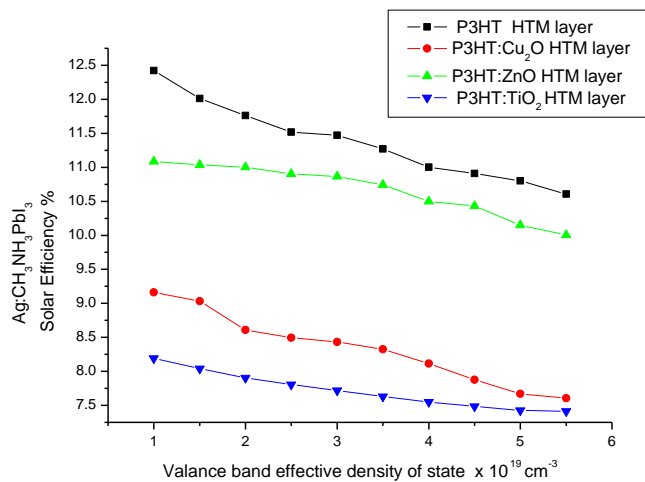


Figure 8 – Valance band effective density of state in Ag:CH₃NH₃PbI₃ versus cell efficiency

Influence of silver Back Contacts. Simulations were carried out using the silver metal paste as a prospective back contact for methyl ammonium lead triiodide perovskite solar cells to determine the effect of doping P3HT as its hole transport layer. Parameters used in simulating the back contact are as shown in Table 5 while Table 4 illustrates the simulation result of efficiency. It was ob-

served that the performance of the solar cells decreased depending on the type of nanoparticle material used. Cu_2O dopant had the highest efficiency while TiO_2 dopant had the least efficiency. This showed that doped P3HT was energetically unfavourable for holes to travel towards the silver electrode with an opposing electric field within or close to HTM since the back contact becomes negative.

Table 5 – Parameters for simulating silver back contact

Parameters	Unit	Value/quantity
Surface recombination velocity of electrons	cm/s	1.0×10^5
Surface recombination velocity of holes	cm/s	1.0×10^7
Metal work function	eV	4.736
Majority carrier barrier height relative to E_f	eV	0.40
Majority carrier barrier height relative to E_v	eV	0.3251

The decrease in efficiency was also attributed to the back contact as shown in Table 6.

Table 6 – Influence of (Ag) back contact

HTM Layer	Thickness (nm)	PCE (%)	% PCE Decrease
P3HT	40	13.123	-
P3HT:ZnO	40	10.062	3.061
P3HT: Cu_2O	40	12.184	2.939
P3HT: TiO_2	40	9.091	4.032

When compared to Au contact used elsewhere [17, 18, 21, 28], it was anticipated that the lower work function of silver metal contact was attributed to the lower efficiency. It was recommended that Au should be given a priority when developing hybrid perovskite solar cells.

Numerical Analysis open-circuit voltage. Figure 4 shows a plot of the variation of open-circuit voltage curves for ZnO, Cu_2O , and TiO_2 nanoparticle dopants against P3HT HTM layer varied between 28–50 nm. For purposes of simulation, the thickness of HTM layer was varied between 28–50 nm at intervals of 2 nm. This thickness is the common thickness is used in many solar cells. The HTM layer containing ZnO, Cu_2O , and TiO_2 nanoparticle dopants in HTM layer were simulated to obtain open voltage currents. Their open-circuit voltages (V_{oc}) were determined as well as their efficiencies. During a simulation,

theoretical constants used to estimate open-circuit voltages (V_{oc}) included the fundamental parameters like bandgap, electron affinity, dielectric permittivity, electron, and hole mobility and how they can influence the HTM layers. The optimum open-circuit voltage obtained was as shown in Figure 4.

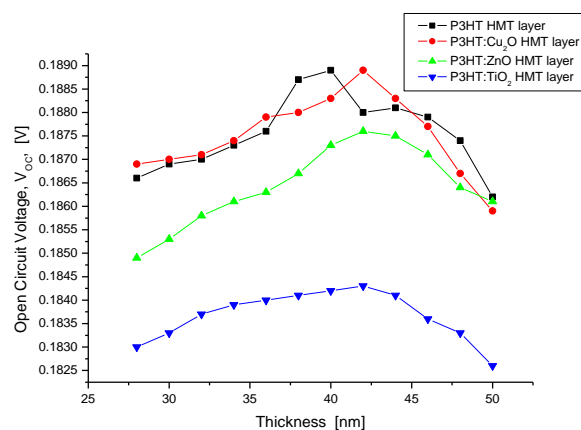


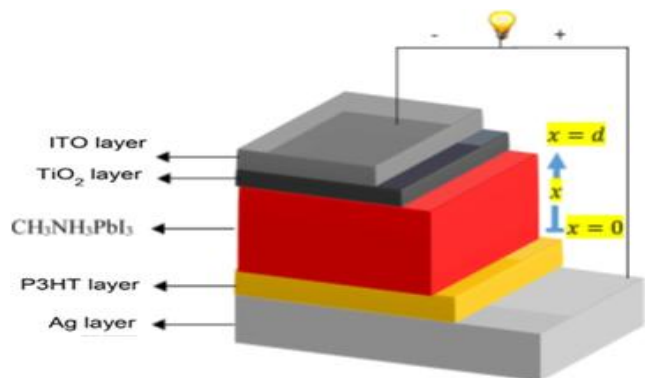
Figure 9 – Influence of HTM thickness on open-circuit voltage

It was observed from Figure 9 that Cu_2O had a very small significant contribution to the open-circuit voltage on P3HT layer as V_{oc} values were relatively close to those of P3HT layer. This suggested that in the presence of P3HT layer, there is no need of introducing Cu_2O nanoparticles. Its plasmonic contributions can be neglected. The presence of ZnO nanoparticles relatively reduced the contribution of P3HT layer to open-circuit voltages of the perovskite layer. The reduction was attributed to the higher recombination within the HTM layer as a result of plasmonic effects due to ZnO nanoparticles. Similarly, TiO_2 registered the highest relative reduction of V_{oc} as compared to all nanoparticles used. This suggested that its plasmonic contribution acted negatively in P3HT hole transport layer and should be neglected at all costs when developing a perovskite solar cell. These observations were attributed to the unique plasmonic properties of the plasmonic particles used.

Model $\text{Ag}:\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ perovskite solar cell. For modelling and performing simulation using the SCAPS-1D simulator, structure by doping $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ using silver nanoparticles and also by doping the P3HT hole transport material interfaced with a silver (Ag) metal back contact. Parameters for simulation were adopted from literature, experimental work and simulation using CST (microwave studio) software.

Table 7 – PC Efficiency of $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ perovskite solar cell

HTM Layer	V_{oc} (V)	Fill Factor	PCE (%)
P3HT	0.889	69.4	13.123
P3HT:ZnO	0.881	57.6	10.062
P3HT:Cu ₂ O	0.885	65.3	12.184
P3HT:TiO ₂	0.837	52.9	9.091

Figure 10 – Model device structure of $\text{Ag}:\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ perovskite solar cellTable 8 – PC Efficiency of $\text{Ag}:\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ perovskite solar cell

HTM Layer	V_{oc} (V)	Fill Factor	PCE (%)
P3HT	0.843	66.4	13.033
P3HT:ZnO	0.841	53.6	10.002
P3HT:Cu ₂ O	0.842	60.3	12.114
P3HT:TiO ₂	0.836	48.9	9.071

The HTM layer structure suggested here is different from that proposed by other researches where $\text{Ag}:\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ absorber perovskite layer instead of $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ absorber layer. In all model structures, Cu_2O , ZnO , and TiO_2 were considered as dopant in HTM layer. It was concluded that Cu_2O ensures the highest performance among dopant nanoparticles slightly lower than P3HT layer. This was attributed to the properties of Cu_2O since it is a 2.17 eV direct bandgap *p*-type binary inorganic absorber solar cell material

REFERENCES

1. Atwater, H., & Polman, A. (2010). Plasmonics for improved photovoltaic devices. *Nature Materials*, 9, 205–213.
2. Barnes, W. L., Dereux, A., & Ebbesen, T. W. (2003). Surface plasmon subwavelength optics. *Nature*, 424(6950), 824–830. doi: [10.1038/nature01937](https://doi.org/10.1038/nature01937)
3. Beck, F. J., Polman, A., & Catchpole, K. R. (2009). Tunable light trapping for solar cells using localized surface plasmons. *Journal of Applied Physics*, 105(11), 114310. doi: [10.1063/1.3140609](https://doi.org/10.1063/1.3140609)
4. Cao, J., Sun, T., & Grattan, K. T. V. (2014). Gold nanorod-based localized surface plasmon resonance biosensors: A review. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 195, 332–351. doi: [10.1016/j.snb.2014.01.056](https://doi.org/10.1016/j.snb.2014.01.056)

[23]. Starting from P3HT layer through Cu_2O , ZnO to TiO_2 doped layers, the efficiency of 13.123 % and 9.071% FF range of 69.4% to 48.9 % for $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ perovskite solar cell and 13.033 % and 9.091% FF range of 66.4% to 52.9 % $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ perovskite solar cell.

CONCLUSION

As compared to other simulated perovskite solar cell efficiencies, the I-V characteristics obtained in this work reflect the performance outcome expected by this perovskite layer of 450 nm thickness exhibited by a valance band density of states of $3.2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ and interface defect density of $1.12 \times 10^{12} \text{ cm}^{-3}$ respectively. ITO/ TiO_2 / $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ /P3HT/Ag perovskite structure gave the best performance among all the PSCs simulated. From the findings of this study, it was revealed that among all the simulated solar cells, the solar cell employing P3HT undoped HTM layer had the best performance. Open-circuit voltage and short circuit current changes were significant. This finding shows that we can modify the performance of a hybrid solar cell by modifying its organic HTM layer using binary inorganic plasmonic nanoparticles. It was therefore concluded that these findings can be used to justify the model in this paper as a potential alternative way to developing conventional hybrid perovskite solar cells. It was recommended that experimental investigation was required to determine its viability. It was concluded that binary inorganic nanoparticles hamper the performance of P3HT HTM layer for solar cell applications.

ACKNOWLEDGEMENT

The authors acknowledge the Department of Physics of Kenyatta University and Technical University of Mombasa.

5. Catchpole, K. R., & Polman, A. (2008). Plasmonic solar cells. *Optics Express*, 16(26), 21793. doi: [10.1364/oe.16.021793](https://doi.org/10.1364/oe.16.021793)
6. Derkacs, D., Lim, S. H., Matheu, P., Mar, W., & Yu, E. T. (2006). Improved performance of amorphous silicon solar cells via scattering from surface plasmon polaritons in nearby metallic nanoparticles. *Applied Physics Letters*, 89(9), 093103. doi: [10.1063/1.2336629](https://doi.org/10.1063/1.2336629)
7. Duche, D., Torchio, P., Escoubas, L., Monestier, F., Simon, J.-J., Flory, F., & Mathian, G. (2009). Improving light absorption in organic solar cells by plasmonic contribution. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 93(8), 1377–1382. doi: [10.1016/j.solmat.2009.02.028](https://doi.org/10.1016/j.solmat.2009.02.028)
8. Ghosh, B., Espinoza, G. (2017). Plasmonics for Improved Photovoltaic Devices. *Juniper Online Material Science*, 1(2): 555–558. doi: [10.19080/JOJMS.2017.01.555558](https://doi.org/10.19080/JOJMS.2017.01.555558)
9. Hu, M., Chen, J., Li, Z.-Y., Au, L., Hartland, G. V., Li, X., ... Xia, Y. (2006). Gold nanostructures: engineering their plasmonic properties for biomedical applications. *Chemical Society Reviews*, 35(11), 1084. doi: [10.1039/b517615h](https://doi.org/10.1039/b517615h)
10. Kelly, K. L., Coronado, E., Zhao, L. L., & Schatz, G. C. (2003). The Optical Properties of Metal Nanoparticles: The Influence of Size, Shape, and Dielectric Environment. *The Journal of Physical Chemistry B*, 107(3), 668–677. doi: [10.1021/jp026731y](https://doi.org/10.1021/jp026731y)
11. Kumar, S., Wittenberg, N. J., & Oh, S.-H. (2012). Nanopore-Induced Spontaneous Concentration for Optofluidic Sensing and Particle Assembly. *Analytical Chemistry*, 85(2), 971–977. doi: [10.1021/ac302690w](https://doi.org/10.1021/ac302690w)
12. Lamprecht, B., Schider, G., Lechner, R. T., Ditlbacher, H., Krenn, J. R., Leitner, A., & Aussenegg, F. R. (2000). Metal Nanoparticle Gratings: Influence of Dipolar Particle Interaction on the Plasmon Resonance. *Physical Review Letters*, 84(20), 4721–4724. doi: [10.1103/physrevlett.84.4721](https://doi.org/10.1103/physrevlett.84.4721)
13. Maier, S. A., Brongersma, M. L., Kik, P. G., Meltzer, S., Requicha, A. A. G., Koel, B. E., & Atwater, H. A. (2003). Plasmonics—A Route to Nanoscale Optical Devices (Advanced Materials, 2001, 13, 1501). *Advanced Materials*, 15(78), 562–562. doi: [10.1002/adma.200390134](https://doi.org/10.1002/adma.200390134)
14. Mansoor, R., & AL-Khursan, A. H. (2018). Numerical modelling of surface plasmonic polaritons. *Results in Physics*, 9, 1297–1300. doi: [10.1016/j.rinp.2018.04.052](https://doi.org/10.1016/j.rinp.2018.04.052)
15. Moreno, F., García-Cámara, B., Saiz, J. M., & González, F. (2008). Interaction of nanoparticles with substrates: effects on the dipolar behaviour of the particles. *Optics Express*, 16(17), 12487. doi: [10.1364/oe.16.012487](https://doi.org/10.1364/oe.16.012487)
16. Mosiori, C. O., Oeba, D. A., & Shikambe, R. (2017). Determination of Planck's Constant using Light Emitting Diodes. *Path of Science*, 3(10), 2007–2012. doi: [10.22178/pos.27-2](https://doi.org/10.22178/pos.27-2)
17. Murray, W. A., & Barnes, W. L. (2007). Plasmonic Materials. *Advanced Materials*, 19(22), 3771–3782. doi: [10.1002/adma.200700678](https://doi.org/10.1002/adma.200700678)
18. Oskooi, A. F., Roundy, D., Ibanescu, M., Bermel, P., Joannopoulos, J. D., & Johnson, S. G. (2010). Meep: A flexible free-software package for electromagnetic simulations by the FDTD method. *Computer Physics Communications*, 181(3), 687–702. doi: [10.1016/j.cpc.2009.11.008](https://doi.org/10.1016/j.cpc.2009.11.008)
19. Pattnaik, P. (2005). Surface plasmon resonance. *Applied biochemistry and biotechnology*, 126(2), 79–92.
20. Petryayeva, E., & Krull, U. J. (2011). Localized surface plasmon resonance: Nanostructures, bioassays and biosensing – A review. *Analytica Chimica Acta*, 706(1), 8–24. doi: [10.1016/j.aca.2011.08.020](https://doi.org/10.1016/j.aca.2011.08.020)
21. Pillai, S., & Green, M. A. (2010). Plasmonics for photovoltaic applications. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 94(9), 1481–1486. doi: [10.1016/j.solmat.2010.02.046](https://doi.org/10.1016/j.solmat.2010.02.046)
22. Pillai, S., Catchpole, K. R., Trupke, T., & Green, M. A. (2007). Surface plasmon enhanced silicon solar cells. *Journal of Applied Physics*, 101(9), 093105. doi: [10.1063/1.2734885](https://doi.org/10.1063/1.2734885)

23. Pirozhenko, I., & Lambrecht, A. (2008). Influence of slab thickness on the Casimir force. *Physical Review A*, 77(1). doi: [10.1103/physreva.77.013811](https://doi.org/10.1103/physreva.77.013811)
24. Rechberger, W., Hohenau, A., Leitner, A., Krenn, J. R., Lamprecht, B., & Aussenegg, F. R. (2003). Optical properties of two interacting gold nanoparticles. *Optics Communications*, 220(1-3), 137–141. doi: [10.1016/s0030-4018\(03\)01357-9](https://doi.org/10.1016/s0030-4018(03)01357-9)
25. Rockstuhl, C., Fahr, S., & Lederer, F. (2008). Absorption enhancement in solar cells by localized plasmon polaritons. *Journal of Applied Physics*, 104(12), 123102. doi: [10.1063/1.3037239](https://doi.org/10.1063/1.3037239)
26. Schaadt, D. M., Feng, B., & Yu, E. T. (2005). Enhanced semiconductor optical absorption via surface plasmon excitation in metal nanoparticles. *Applied Physics Letters*, 86(6), 063106. doi: [10.1063/1.1855423](https://doi.org/10.1063/1.1855423)
27. Spinelli, P., van Lare, C., Verhagen, E., & Polman, A. (2011). Controlling Fano lineshapes in plasmon-mediated light coupling into a substrate. *Optics Express*, 19(S3), A303. doi: [10.1364/oe.19.00a303](https://doi.org/10.1364/oe.19.00a303)
28. Stuart, H. R., & Hall, D. G. (1998). Island size effects in nanoparticle-enhanced photodetectors. *Applied Physics Letters*, 73(26), 3815–3817. doi: [10.1063/1.122903](https://doi.org/10.1063/1.122903)
29. Tokman, M. D., Westerhof, E., & Gavrilova, M. A. (2000). Wave power flux and ray-tracing in regions of resonant absorption. *Plasma Physics and Controlled Fusion*, 42(2), 91–98. doi: [10.1088/0741-3335/42/2/302](https://doi.org/10.1088/0741-3335/42/2/302)
30. Ungureanu, C., Rayavarapu, R. G., Manohar, S., & van Leeuwen, T. G. (2009). Discrete dipole approximation simulations of gold nanorod optical properties: Choice of input parameters and comparison with experiment. *Journal of Applied Physics*, 105(10), 102032. doi: [10.1063/1.3116139](https://doi.org/10.1063/1.3116139)
31. Willets, K. A., & Van Duyne, R. P. (2007). Localized Surface Plasmon Resonance Spectroscopy and Sensing. *Annual Review of Physical Chemistry*, 58(1), 267–297. doi: [10.1146/annurev.physchem.58.032806.104607](https://doi.org/10.1146/annurev.physchem.58.032806.104607)
32. Xu, G., Tazawa, M., Jin, P., Nakao, S., & Yoshimura, K. (2003). Wavelength tuning of surface plasmon resonance using dielectric layers on silver island films. *Applied Physics Letters*, 82(22), 3811–3813. doi: [10.1063/1.1578518](https://doi.org/10.1063/1.1578518)
33. Yee, K. S. (1966). Numerical solution of initial boundary value problems involving maxwell's equations in isotropic media. *IEEE Transactions on Antennas Propagation*, 14(3), 302–307.
34. Zayats, A. V., & Smolyaninov, I. I. (2003). Near-field photonics: surface plasmon polaritons and localized surface plasmons. *Journal of Optics A: Pure and Applied Optics*, 5(4), S16–S50. doi: [10.1088/1464-4258/5/4/353](https://doi.org/10.1088/1464-4258/5/4/353)
35. Zhao, D., Ma, Z., & Zhou, W. (2010). Plasmonic field and efficiency enhancement in crystalline thin film photovoltaics. *Next Generation (Nano) Photonic and Cell Technologies for Solar Energy Conversion*. doi: [10.1117/12.861887](https://doi.org/10.1117/12.861887)

