

УДК 621.383.51
МРНТИ 44.37.01

DOI 10.56339/2305-9397-2022-2-2-177-186

Кобелев А.В., техника ғылымдарының кандидаты, доцент, негізгі автор, <https://orcid.org/0000-0002-1811-9988>

Тамбов мемлекеттік техникалық университеті, негізгі автор, Тамбов қаласы, РФ, ee@mail.ru

Утемисова Н.Е., техника ғылымдарының магистрі, аға оқытушы, <https://orcid.org/0000-003-2921-6086>

«Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті» КеАҚ, Жәңгір хан көшесі, 51, Орал қ., 090009, Қазақстан Республикасы, nyrchi@mail.ru

Булатов А.А., техника ғылымдарының магистрі, аға оқытушы, <https://orcid.org/0000-0003-0960-6941>

«Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті» КеАҚ, Жәңгір хан көшесі, 51, Орал қ., 090009, Қазақстан Республикасы, almat_82.82@mail.ru

Канатбаев А.А., техника ғылымдарының магистрі, аға оқытушы <https://orcid.org/0000-003-2921-6086>

«Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті» КеАҚ, Жәңгір хан көшесі, 51, Орал қ., 090009, Қазақстан Республикасы, adilkanatbae@mail.ru

Kobelev A.V., candidate of technical sciences, associate professor, the main author, <https://orcid.org/0000-0002-1811-9988>

Tambov State Technical University, main author, Tambov City, Russia, ee@mail.ru

Utemisova N. E., Master of technical sciences, senior lecturer <https://orcid.org/0000-003-2921-6086>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, st. Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan, nyrchi@mail.ru

Bulatov A. A., Master of technical sciences, senior lecturer <https://orcid.org/0000-0003-0960-6941>
NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, st. Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan, almat_82.82@mail.ru

Kanatbayev A. A., Master of technical sciences, senior lecturer, <https://orcid.org/0000-003-2921-6086>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, st. Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan, adilkanatbae@mail.ru

ФОТОЭЛЕКТРЛІК КҮН ЭНЕРГЕТИКАСЫНЫҢ ФИЗИКАЛЫҚ-ТЕХНИКАЛЫҚ НЕГІЗДЕРІНЕ ШОЛУ OVERVIEW OF THE PHYSICAL AND TECHNICAL FOUNDATIONS OF PHOTOVOLTAIC SOLAR ENERGY

Аннотация

Энергетика қоршаған орта және даму саласындағы халықаралық күн тәртібіндегі аса маңызды тақырыптардың бірі болып табылады. Күн - өмір үшін ең үлкен энергия көзі, сонымен бірге ол көптеген жаңартылатын энергия көздерінің негізгі көзі болып табылады. Күн энергиясын энергияның барлық түрлерінің негізгі көзі деп санауға болады. Оны әртүрлі әдістермен қолдануға болады, мысалы, электр энергиясын тікелей өндіру үшін күн сәулесін толық пайдалану немесе жылу энергиясы ретінде күн жылуын пайдалану. Фотоэлектрлік (фотоэлектрлік) элементтерді қолдану күн энергиясы саласында кең таралған. Осы зерттеудің негізгі мақсаты-кез-келген адамға осы саладағы ең жаңа әзірлемелерді ұсына отырып, күн энергиясын түсінуге көмектесу. Фотоэлектрлік технологиялардың өнімділігін салыстыру сериясының бөлігі болып саналатын бұл шолу фотоэлектрлік технологиялар туралы әдебиеттерге шолу жасауға көмектеседі және уақытты үнемдейді. Сонымен қатар фотоэлектрлік элементтер технологиясында қолданылатын негізгі материалға байланысты үш сатысына шолу

жасалынып, кристалды кремний, жұқа қабатты, концентрацияланған фотоэлектрлік (CPV) және органикалық материалдардың жалпы сипаттамасы алынды. Кристалды кремний - бұл фотоэлектрлік өнеркәсіпте жиі қолданылатын материал, қазіргі нарықта пластиналарға негізделген фотокемшлар. Бұл мақалада соңғы сипаттамалары бар фотоэлектрлік элементтерін зерттейтін салыстырмалы шолу бар.

ANNOTATION

Energy is one of the most important topics on the international agenda in the field of Environment and development. The sun is the largest source of energy for life, and it is also the main source of many renewable energy sources. Solar energy can be considered the main source of all types of energy. It can be used in various ways, such as the full use of sunlight for direct electricity generation or the use of solar heat as thermal energy. The use of photovoltaic (photovoltaic) elements is widespread in the field of solar energy. The main goal of this study is to help anyone understand solar energy by offering the latest developments in this area. This review, which is part of a series of performance comparison of photovoltaic technologies, helps to review the literature on photovoltaic technologies and saves time. In addition, an overview of three stages related to the main material used in the technology of photovoltaic elements was made and a general description of crystalline silicon, thin-layer, concentrated photovoltaic (CPV) and organic materials was obtained. Crystalline silicon is the most commonly used material in the photovoltaic industry, with plate-based photocells on the modern market. This article contains a comparative review that examines photovoltaic elements with the latest characteristics.

Түйінді сөздер: Күн энергиясы, фотоэлектрлік, түрлері, күн электр станциясы, фотоэлектрлік түрлендіргіш, күн энергиясы, күн элементтері, кремний.

Key words: Solar energy, photovoltaic, types, solar power plant, photovoltaic converter, solar energy, solar elements, silicon.

Кіріспе. Энергетика қоршаған орта және даму саласындағы халықаралық күн тәртібіндегі аса маңызды тақырыптардың бірі болып табылады. Күн - өмір үшін ең үлкен энергия көзі, сонымен бірге ол көптеген жаңартылатын энергия көздерінің негізгі көзі болып табылады. Күн шуақты энергияны фотоэлектрлік (фотоэлектрлік) модульдерді қолдана отырып, электр энергиясын тікелей өндіру үшін пайдалануға болады. Фотоэлектрлік энергия жарықтан электр энергиясын өндіру ретінде анықталады. Фотоэлектрлік элементтер технологиясы соңғы бірнеше онжылдықта тез дамыды. Қазіргі уақытта ең жақсы кристалды кремний элементтерінің тиімділігі зертханалық жағдайда фотоэлектрлік жасушалар үшін және аэроғарыштық техникада қолданылатын элементтер үшін 24% - ға және жалпы 14-17% - ға жетті модульдердің құны бір ватт шығы үшін 4 доллардан (4 доллар / Вт) төмен түссе, сатылымда қол жетімді адамдар үшін тиімділік.

Күн элементтері деп те аталатын фотоэлектрлік элементтер - бұл күн сәулесін тікелей электр энергиясына айналдыратын электрондық құрылғылар. Фотоэлектрлік энергияны алғаш рет француз ғалымы Эдмон Беккерель 1839 жылы ашқан. Алғашқы жұмыс істейтін күн элементін Чарльз Фритт 1882 жылы сәтті шығарды. Ол селеннің жұқа парақтарынан жасалған және алтынмен қапталған. Электр және жылу энергиясын өндіру үшін күн панельдерін пайдалану салыстырмалы түрде жаңа даму болып көрінеді, іс жүзінде олар 1900 жылдардың басынан бастап электр энергиясын өндіру үшін кеңінен қолданылады. 1954 жылы Белл зертханасы алғашқы кристалды кремнийлі күн элементін жаппай шығарды. Bell PV күн энергиясының 4% - ын электр энергиясына айналдырады - бұл энергетикалық технологиялар саласындағы озық болып саналатын жылдамдық [1]. Ғалымдар түпнұсқа күн элементінің дизайнын ойлап табуды және жетілдіруді жалғастырды және электр энергиясының 20% бере алатын күн элементін жасай алды. 1900 жылдардың аяғында, ғылыми қоғамдастықта жаһандық жылынуудың салдары мен жаңартылатын энергия қажеттілігі туралы хабардар болған кезде, ғалымдар кремний фотоэлектрлік элементтерін жетілдіруді жалғастырды және 2000 жылдың

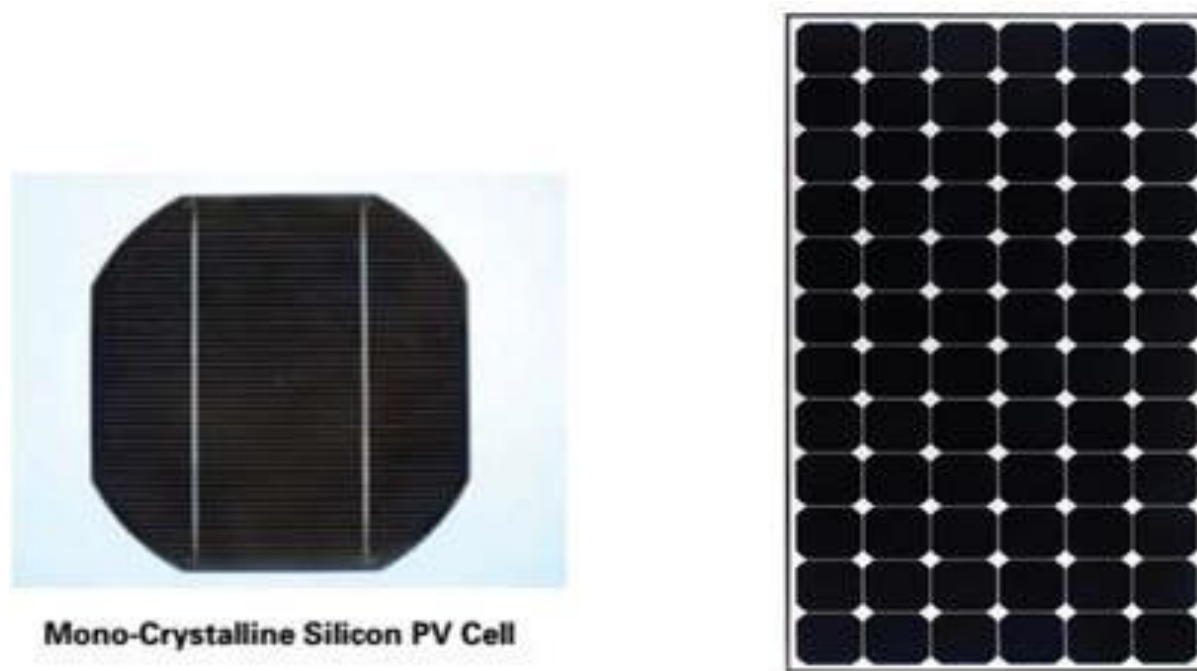
басында олар 24% қуат қайтаратын күн элементін құра алды. Небәрі жеті жыл ішінде ғалымдар ғарыштық материалдарды қолдана отырып, кремний күн батареяларынан электр қуатын қайтадан арттыра алды. 2007 жылға қарай қазіргі заманғы кремний фотоэлектрлік күн батареялары 28% қуат қайтарумен жұмыс істеді. Бүгінгі таңда нарықта фотоэлектрлік элементтердің көптеген технологиялары және басқа да көптеген қосымшалар бар.

Зерттеу материалдары мен әдістері. Фотоэлектрлік элементтер технологиясы әдетте қолданылатын негізгі материалға байланысты үш сатыға бөлінеді [2],[3]. Олар кристалды кремний, жұқа қабатты, концентрацияланған фотоэлектрлік (CPV) және органикалық материалдар.

Кремний-бұл суретте көрсетілген жартылай өткізгіш материал, ол 1,1 кВ энергия аймағына тыйым салынған фотоэлектрлік қосымшаларға жарамды. Кристалды кремний-бұл фотоэлектрлік өнеркәсіпте жиі қолданылатын материал, қазіргі нарықта пластиналарға негізделген фотокеллалар мен C-Si модульдері басым. Кристалды кремний элементтері үш түрге бөлінеді: монокристалды (Mono c-Si); поликристалды (Poly c-Si) немесе көп кристалды (mc-Si); таспалы кремний.

C-Si модульдерінің коммерциялық өндірісі 1963 жылы жапондық Sharp корпорациясы коммерциялық фотоэлектрлік модульдерді шығаруды бастаған кезде басталды және сол кездегі әлемдегі ең ірі коммерциялық фотоэлектрлік қондырғы маякқа 242 Вт фотоэлектрлік модуль орнатты [3]. 2010 жылы кристалдық кремний технологияларының үлесіне әлемдік фотоэлектрлік жүйелердің 87% - ға жуығы тура келді [4]. Кристалды кремний модульдерінің тиімділігі 14% - дан 19% - ға дейін. Жетілдірілген технология материалдар мен өндірістік процестерді жақсарту арқылы шығындарды төмендетуді жалғастырды. егер нарық өсе берсе, бұл бірқатар ірі өндірушілердің пайда болуына мүмкіндік береді [5].

Монокристалды кремний элементтері – (сурет 1) көрсетілгендей ең көп таралған үш технологияның ең жоғары тиімділігіне ие - 20% дейін. Өндіріс: бұл монокристалды кремний құрылымынан жасалған фотоэлектрлік элементтерге арналған материалдың бір түрі, жоғары тазалықтағы кремний шыбықтары (құймалар) құймадан алынады, содан кейін жұқа тілімдерге (пластиналарға) кесіледі, содан кейін олар фотоэлектрлік элементтерге өңделеді. Бұл жасушалардың күтілетін қызмет ету мерзімі әдетте 25-30 жыл [6].



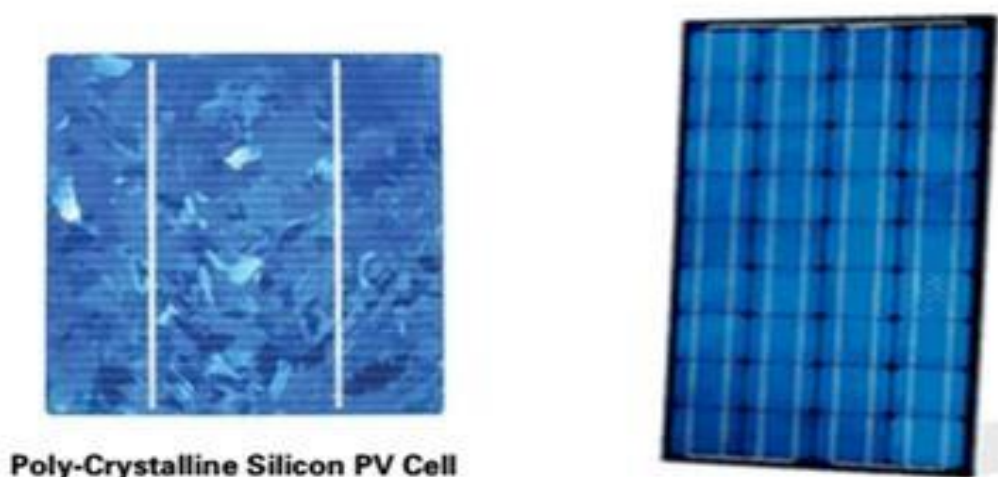
Сурет 1 – Монокристалды ұяшық және модуль

Кремнийдің молекулалық құрылымы бірнеше кіші топтардан немесе кристалл

түйірлерінен тұрады, олар суретте көрсетілгендей олардың арасындағы шекараны құрайды. Өндіріс: бұл ұяшықтарды өндіру монокристаллмен салыстырғанда үнемді және тиімді. Бұл күн элементін тиімдірек етеді. монокристалды кремнийден айырмашылығы, кремний блоктар түрінде құйылады. Ол қатайған кезде әр түрлі мөлшердегі кристалды құрылымдардың пайда болуына әкеледі, олардың шекараларында ақаулар пайда болады. Бұл ақаулар тиімділік дәрежесін төмендетеді [6], зертхананың тиімділігі: 18% - дан 23% - ға дейін, ал өндіріс ауқымы: 14% - дан 17% - ға дейін.

Артықшылықтары: жақсы дәлелденген және дәлелденген технология; тұрақты тиімділік; монокристалды кремнийге қарағанда арзан; шаршы ұяшықтар тиімді орау тығыздығын қамтамасыз етеді.

Кемшіліктері: қымбат материал қолданылады; вафлиді кесу кезіндегі қалдықтар; монокристалға қарағанда аз тиімді



Сурет 2 – Поликристалды ұяшық және модуль

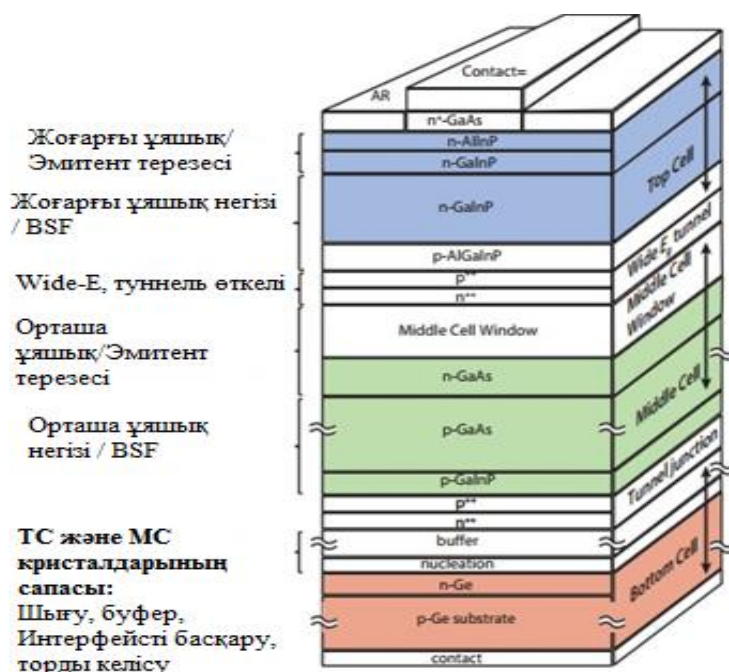
Жұқа қабықты күн элементтері айтарлықтай мөлшерде қолданыла бастайды. Жұқа қабықты күн батареялары c-Si плиталарына негізделген күн батареяларына қарағанда арзан электр энергиясын қамтамасыз етуі мүмкін [9]. Жұқа қабықты күн батареялары қалыңдығы 1-ден 4 мкм-ге дейін, әйнек, полимер немесе металл сияқты қымбат емес субстратқа қолданылатын күн батареяларынан тұрады, ал кадмий мырыштың жанама өнімі болып табылады. Потенциалды проблема - теллур кадмийге қарағанда әлдеқайда аз мөлшерде өндіріледі және оның ұзақ мерзімді перспективада қол жетімділігі мыс өнеркәсібінің өндірісті, қайта өңдеуді және қайта өңдеуді оңтайландыруға болатындығына байланысты болуы мүмкін. Кадмийде оның уыттылығына байланысты проблемалар бар, олар оны қолдануды шектеуі мүмкін. Нәтижесінде оларды жасау үшін күн сәулесінің бірдей мөлшерін сіңіру үшін аз өткізгіш материал қажет (кристалды күн элементтеріне қарағанда 99% аз материал). Сонымен қатар, жұқа қабықшалар икемді және жеңіл құрылымдарға салынуы мүмкін, олар интеграцияланған фотоэлектрлік жүйені (BIPV) қоса алғанда, ғимарат компоненттеріне оңай біріктірілуі мүмкін. Коммерциялық тұрғыдан жұқа қабатты күн батареяларының үш негізгі түрі бар: аморфты кремний (A-Si және a-Si/μc-Si), кадмий теллурид (CdTe), мыс индий Селениді (CIS) және мыс индий галлий диселениді (CIGS).

Белгіленген температурада концентрациялық фотоэлектрлік элементтердің әр түрлі түрлері үшін күн батареялары тиімділігінің өзгеруінің жалпы тенденциясы концентрация қатынасының өзгеруіне сәйкес келеді. Ұяшықтың тиімділігі төмен концентрация коэффициентіндегі концентрация коэффициентінің жоғарылауымен жоғарылайды және жоғары концентрация коэффициентіндегі концентрация коэффициентінің жоғарылауымен төмендейді. Берілген шығыс қуатымен тандем түріндегі ұяшық шығыс кернеуін арттырып, омық шығындарды азайта алады. Алайда, жарық қарқындылығының біркелкі бөлінбеуі және жылудың нашар таралуы элементтер тақтасының қызып кетуіне әкеледі, бұл бүкіл элемент

матрицасының шығыс тогына әсер етеді. Бұл "қазіргі сәйкестік мәселесі" деп аталады.

Біркелкі жарықпен салыстырғанда ашық тізбектің кернеуі де, концентратордың фотоэлементтік тиімділігі де төмендейді. Жарықтың таралу қарқындылығының жоғарылауымен төмендеу күшейе түсуі мүмкін. Бұл төмендеу ағынның біркелкі бөлінбеуіне әкелуі мүмкін. Қазіргі уақытта тандем түріндегі модульді поликристалды кремнийдің күн батареяларының көпшілігі қабылдады, бұл жағдайда элементтің әр модулінің шығыс тогы бірдей. Модульдің бұл түрі үшін кейбір аудандардағы жарықтың төмен қарқындылығы (аз жарық тогына сәйкес келеді) бүкіл фотоэлектрлік жүйенің жалпы шығу тогын айтарлықтай шектейді. Сондықтан, егер бір немесе бірнеше ұяшықтар көлеңкеленген болса, модульдің өнімділігі осы ұяшықтардың шығысымен шектеледі [10].

Зерттеу нәтижелері және оларды талдау. Фотоэлектрлік құрылғылар өте жоғары тиімділікке қол жеткізе алады, өйткені олар көбінесе бірнеше өтпелі тұжырымдамаға негізделген, яғни бірнеше тыйым салынған аймақ қолданылады. Бір өтпелі жасушалардың максималды теориялық тиімділігі Шокли-Квиссер шегі арқылы сипатталады. Энергетикалық фотондар энергиясының көп бөлігі жылу түрінде жоғалады, ал тыйым салынған аймақтан төмен энергиясы бар фотондар сіңірілмегендіктен жоғалады. Мысалы, егер біз төмен шектеулі аймақ бар материалды қолданатын болсақ, фотондар өткізетін энергияның көп бөлігі пайдаланылмайды. Алайда, егер көп тыйым салынған аймақтарды қолданатын болсақ, онда фотондардың бірдей мөлшерін қолдануға болады, бірақ жылу ретінде аз энергия жұмсалады. Осылайша, күн спектрінің үлкен бөліктері мен күн спектріндегі энергияның көп бөлігін бір уақытта қолдануға болады, егер інжірге бірнеше p-n ауысуы қолданылса. 4 үштік ауысуы бар типтік ұяшықты көрсетеді III-V, германий (Ge) тақтасы субстрат ретінде қолданылады. Осы пластинадан төменгі ұяшық жасалады. Германийде 0,67 кВ тыйым салынған аймақ бар. Орташа жасуша GaAs-қа негізделген және шамамен тыйым салынған аймақтың еніне ие 1,4 кВ. Жоғарғы ұяшық gainp-ге негізделген, тыйым салынған аймақтың ені 1,86 кВ құрайды. Жарық құрылғыға жоғарыдан түседі. Ең күшті фотондары бар спектрлік бөлік (мысалы, көк жарық) материалдарға енудің ең аз тереңдігіне ие болғандықтан, ең үлкен тыйым салынған аймақпен байланыс әрқашан жоғарғы жасуша ретінде әрекет етеді. Екінші жағынан, көрінетін спектрден тыс инфрақызыл жарық ену тереңдігіне ие болғандықтан, төменгі ұяшықта тыйым салынған аймақтың ең кіші ені бар.



Сурет 3 – Типтік күн сәулесінің үш есе өтуі

Үш жалғыз p-n өтуінің (сурет 3) J-V қисығын көрсетеді. p-n түйіспесінің ашық тізбектің ең жоғары кернеуіне және қысқа тұйықталу тогының ең төменгі тығыздығына ие екенін байқалады, яғни бұл p-n түйіспесі тыйым салынған аймақтың ең жоғары еніне ие. Керісінше, үшінші pn түйіспесі ашық тізбектің төмен кернеуіне және жоғары ток тығыздығына ие, сондықтан ол ең төменгі тыйым салынған аймаққа ие. p-n-екі өткелдің арасында тыйым салынған аймақ бар. Сондықтан, егер осы үш қосылыстың үштік байланысы бар ұяшықты жасасақ, бірінші қосылыс жоғарғы ұяшық ретінде әрекет етеді, екінші қосылыс ортаңғы ұяшық ретінде әрекет етеді, ал үшінші қосылыс төменгі ұяшық ретінде әрекет етеді.

Фотоэлектрлік технологиялар алдын-ала өлшеу сатысында және көрсетілген технологиялардан (бірнеше өтпелі фотоэлектрлік элементтер) әлі де дамуды қажет ететін жаңа тұжырымдамаларға дейін (кванттық құрылымы бар фотоэлементтер). Кейбір фотоэлектрлік технологиялар коммерцияландырыла бастайды, бірақ олардың қолданыстағы технологиялардан нарықтық үлесті алу қаншалықты сәтті болатынын әлі білу керек. Фотоэлектрлік технологиялардың төрт түрі бар: Концентрациялық фотоэлектрлік жүйе (CPV), Концентрациялық фотоэлектрлік жүйені салқындату, органикалық күн батареялары және бояуға сезімтал күн батареялары (DSSC). Зарядты бөлуге жауап береді (фотокөшірме).

Концентратор фотоэлектрлік жүйелер үшін маңызды компонент болып табылады. Ол оптикалық принципке, түрлеріне және концентрацияның геометриялық қатынасына сәйкес жіктеледі. Сызықтық фокустық күн концентраторына объектив, параболалық ойық және сызықтық фокустық параболалық коллектор кіреді. Концентратор объективі немесе осы типтегі концентратор шағылыстырғыштары күн элементінің бірдей оптикалық осінде орналасқан [15]. Концентрацияның геометриялық қатынасына сәйкес концентраторды төмен концентрациялық жүйеге және күн бақылауы бар жоғары концентрациялық жүйеге бөлуге болады. Төмен концентрациялы жүйенің шоғырлану коэффициенті аз болса да, шашыраңқы сәулеленуді күн бақылауынсыз қолдануға болады және тікелей сәулелену жеткіліксіз жерлерде қолдануға болады. Әдетте, егер шоғырлану коэффициенті 10-нан асса, жүйе тек тікелей күн сәулесін қолдана алады. Нәтижесінде бақылау жүйесі қабылдануы керек.

Пассивті салқындату жоғары концентрация коэффициентімен де мүмкін болды, ал алмаз плитасы мен мыс радиаторын қолдану технологияның дамуына ықпал етті. Мысалы, 20 кВт нүктелі фокусталған Френель линзасының матрицасын Amonix компаниясы жасаған, ал Sun Power 15 жылдық үздіксіз зерттеулерден кейін тиімді қабаттасуды және ақыр соңында күн ағынының біркелкі таралуын қамтамасыз ететін орташа концентрация коэффициенті бар модульдік және микрогрнді Френель линзасын жасаған [16],[17]. Сондай-ақ, олар фотоэлектрлік панельдегі энергия ағынын бөлуді және жинау тиімділігін шешудің математикалық моделін тұжырымдады. Есептеу көрсеткендей, энергияның біркелкі бөлінбеуі 20% шегінде қалады. Концентрациялардың орташадан төмен (50 есе) арақатынасы жағдайында сәулеленудің өткізу коэффициенті 70% - дан астамды құрайды. Френель линзасы мен жасушалар арасындағы кіші саңылауы бар екінші концентрациялық линзасы бар жоғары концентрациялық коэффициенті бар модульдік PV әзірленді [18], бұл жарық концентрациясын одан әрі жақсартады. Бұл жүйесінің шоғырлану коэффициенті 1000-ға жетеді, ал фотоэлектрлік элементтердің мөлшері небары 1,2 мм модульді масштабтауға және оның ауа-райына төзімділігін арттыруға ыңғайлы. [19] Френель объективі бар сызықтық бағытталған фотоэлектрлік жүйені ойлап тапты. Күн элементтері мен жылу сіңіргіш арасындағы жылу өткізгіштік бүкіл жүйенің энергия тиімділігі үшін өте маңызды екендігі анықталды. Жақында френельдің нүктелік линзасы бар фотоэлектрлік хабтан күн сәулесінің қарқындылығының диапазонында 100 есе концентрация коэффициенті бар бөлмедегі жылу шығынын кең тәжірибелік зерттеу жүргізілді.

200 және 1000 Вт/м қоршаған ауаның әртүрлі температурасында, сондай-ақ табиғи және мәжбүрлі конвекция кезінде күн элементінің температурасы барлық эксперименттік сынақтар үшін модельденген күн радиациясының ұлғаюына пропорционалды түрде жоғарылағаны анықталды, бұл өткізгіш және конвективті жылу беру жүйенің ішіндегі және одан тыс ұзын толқындық радиациялық жылу берілісіне қарағанда едәуір үлкен болғандығын көрсетеді [20].

Қорытынды. Күн батареялары нарықта үстемдік етеді оның төмен құны және ең жақсы коммерциялық қол жетімді тиімділігі қарастырылды. Бұл кең спектрлі салыстырмалы түрде жетілген фотоэлектрлік технология жақсы дәлелденген өндірушілер. Өте маңызды болса да шығындардың төмендеуі соңғы жылдары орын алды, негізгі материалдардың шығындары салыстырмалы түрде жоғары. Күн ресурстары аз аудандарда электр энергиясын өндірудің көтерме нарығында толық экономикалық бәсекеге қабілеттілікке қол жеткізу үшін шығындарды одан әрі төмендету жеткілікті ме, жоқ па белгісіз. Жұқа қабықты фотоэлектрлік технологиялар тартымды олардың материалдық және өндірістік шығындарының төмен болуына байланысты, бірақ бұл бірінші буын технологияларына қарағанда төмен тиімділікпен теңестірілуі керек. Жұқа пленкалы технологиялар бірінші буын фотоэлектрлік жүйелерге қарағанда аз дамыған және коммуналдық масштабтағы жүйелерді қоспағанда, нарықтың қарапайым үлесін алады. Олар C-Si модульдерінің өте төмен бағаларымен бәсекелесуге тырысады, сонымен қатар беріктік, материалдардың қол жетімділігі және материалдардың уыттылығы (кадмий жағдайында) проблемаларына тап болады. Келесі технологиялары әлі коммерцияландырылмаған кез-келген масштабта. Шоғырланған фотоэлектрлік энергия ықтимал болуы мүмкін кез-келген фотоэлектрлік модульдің, басқа органикалық немесе гибридің жоғары тиімділігі органикалық / кәдімгі (DSSC) фотоэлектрлік модуль олар төмен тиімділікті қамтамасыз етеді, сонымен қатар құны мен салмағы төмен, сонымен қатар еркін пішінді қалыптастыра алады. Осылайша, олар нарықтарды толтыра алады (мысалы, мобильді бағдарламалар), онда бұл мүмкіндіктер қажет [2].

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Бессель В.В. Изучение солнечных фотоэлектрических элементов/В.В.Бессель, В.Г. Кучеров, Р.Д. Мингалеева – М.: Издательский центр РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 2016. – С.90 .
- 2 A Review on Photovoltaic Solar Energy Technology and its Efficiency/A. A. Hossam, M. Refaey, A. Farghly // 17th International Middle-East Power System Conference. MEPCON'15. - Mansoura University, Egypt, 2015. <https://www.researchgate.net/publication/287792329>
- 3 Chopra K.L. Thin - film solar cell overview / K.L. Chopra, P.D. Paulson and V. Dutta.// Prog. Photovoltaic - Vol. 12, 2004. - P. 69-92.
- 4 Mehta S. PV Technology, Production and Cost, Outlook: 2010-2015 - Boston, MA.: Greentech Media Research, October, 2010.
- 5 Hossam El-din A.A. A Comparative Analysis Between the Performances of Monocrystalline, Polycrystalline and Amorphous Thin Film in Different Temperatures at Different Locations in Egypt / A. A.Hossam El-din, C. F. Gabra and H. H. Ali Ahmed//Solar Energy Conference. - March 2014.
- 6 Разработка методики очистки металлургического кремния до кремния марки «солнечный» / И. И. Марончук [и др.] // Известия вузов. Материалы электронной техники. - 2015. – Т. 18, № 3. – С. 189–194.
- 7 Arno S. Solar Energy, Fundamentals, Technology, and systems/Arno Smets, Klaus Jäger, Olindo Isabella, René van Swaaij, Miro Zeman // UIT Cambridge. – 2014. - pp. 109.
- 8 Green M.A. Solar Cell Efficiency Tables progress in Photovoltaics / M.A.Green//Research and Applications. – 2011. – Vol. 19, – P. 84-92.
- 9 Zubi G. High concentration photovoltaic systems applying III-V cells / G. Zubi, J.L. Bernal-Agustín, G.V. Fracastoro.// Renewable & Sustainable Energy Reviews – 2009. – Vol. 13, № 9. – P. 2645–2652.
- 10 Эффективность преобразования солнечной энергии солнечным элементом на основе Si с квантовыми точками Ge / А. В. Войцеховский [и др.] // Прикладная физика. – 2010. – Т. 6, № 2. – С. 96–102.
- 11 Ryu K. Concept and design of modular Fresnel lenses for concentration solar PV system K.Ryu, J.G.Rhee, K.M.Park, and J.Kim // Solar Energy. – 2006. – Vol. 80, № 12 – P. 1580–1587.

12 Garboushian V. Integrated high- concentration PV alternative for large-scale solar electric power / V.Garboushian, D. Roubideaux, S. W. Yoon // Solar Energy Materials & Solar Cells. – 1997. – Vol. 47, № 1–4 – P. 315–323.

13 Андреев М. Фотоэлектрические модули-концентраторы и солнечные элементы для систем TPV / В. М. Андреев, В. А. Грилихес, В. П. Хвостиков [и др.]// Материалы для солнечной энергии и солнечные элементы. – 2004. – Т. 84, № 1-4. – С. 3-17.

14 Розелл Дж. И. Проектирование и моделирование фотоэлектрической тепловой системы с низкой концентрацией / Дж. И.Розелл, Х. Вальверд у, М. А. Лех // Преобразование энергии и управление. – 2005. – Т. 46, № 18-19. – С. 3034-3046.

15 Виссарионов В.И. Солнечная энергетика: Учебное пособие для вузов/ В.И.Виссарионов, Г.В.Дерюгина, В.А.Кузнецова, Н.К.Малинин. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. - 311 с.

16 Fraas, L. M. Solar Cells and their Applications / L. M. Fraas, L. D. Partain. - 2nd ed. John Wiley & Sons, Inc.: Publication, 2010. – P.648. <https://doi.org/10.1002/9780470636886>.

17 Теруков, Е. И. Перспективы солнечной энергетики в России/Е. И. Теруков, О. И. Шуткин // Вестник Российской академии наук. – 2016. – Т. 86, № 3. – С. 195–202.

18 Солнечная фотовольтаика: современное состояние и тенденции развития/ В. А. Меличко [и др.] // Успехи физических наук. – 2016. – Т. 186, № 8. – С. 801–852.

19 Грибов Б. Г. Новые технологии получения поликристаллического кремния для солнечной энергетики / Б. Г. Грибов, К. В. Зиновьев// Известия вузов. Электроника. – 2008. – № 3. – С. 10–17.

20 Бастрон А.В., Гайдаш Г.В. Эффективное использование солнечной энергии в системах тепло- и электроснабжения сельских усадебных домов и ЛПХ// Вестн. ИрГСХА. – 2015. – № 67. – С. 92–100.

21 Использование солнечных фотоэлектрических станций для автономных систем электроснабжения крестьянско-фермерских хозяйств/А.В. Чебодаев, А.В. Бастрон, В.Н. Урсегов [и др.] // Энерго- и ресурсосбережение – XXI век: мат-лы XII междунар. науч.-практ. интернет-конференции. – Красноярск, 2016. – С. 204–210.

REFERENCES

1 Bessel V.V. Izucheniye solnechnykh fotoelektricheskikh elementov/V.V.Bessel. V.G. Kuchеров. R.D. Mingaleyeva – М.: Izdatelskiy tsentr RGU nefiti i gaza (NIU) imeni I.M. Gubkina. 2016. – 90 s.

2 A Review on Photovoltaic Solar Energy Technology and its Efficiency /A. A. Hossam. M. Refaey. A. Farghly // 17th International Middle-East Power System Conference. MEPCON'15. - Mansoura University. Egypt. 2015. <https://www.researchgate.net/publication/287792329>

3 Chopra K.L. Thin - film solar cell overview / K.L. Chopra. P.D. Paulson and V. Dutta.// Prog. Photovoltaic . – 2004 – Vol. 12. – P. 69-92.

4 Mehta S. PV Technology. Production and Cost. Outlook: 2010-2015 - Boston. MA.: Greentech Media Research. October. 2010.

5 Hossam El-din A.A. A Comparative Analysis Between the Performances of Monocrystalline. Polycrystalline and Amorphous Thin Film in Different Temperatures at Different Locations in Egypt / A. A.Hossam El-din. C. F. Gabra and H. H. Ali Ahmed//Solar Energy Conference. - March 2014.

6 Razrabotka metodiki ochistki metallurgicheskogo kremniya do kremniya marki «solnechnyy» / I. I. Maronchuk [i dr.] // Izvestiya vuzov. Materialy elektronnoy tekhniki. - 2015. - T. 18. № 3. - S. 189–194.

7 Arno S. Solar Energy. Fundamentals. Technolgy. and systems/Arno Smets. Klaus J?ger.Olindo Isabella. Ren? van Swaaij. Miro Zeman // UIT Cambridge. – 2014. - pp. 109.

8 Green M.A. Solar Cell E?ciency Tables progress in Photovoltaics / M.A.Green // Research and Applications. – 2011. – Vol. 19. – P. 84-92.

9 Zubi G. High concentration photovoltaic systems applying III-V cells / G. Zubi, J.L. Bernal-Agustiin. G.V. Fracastoro.// *Renewable & Sustainable Energy Reviews* – 2009. – Vol. 13. № 9. – P. 2645–2652.

10 Effektivnost preobrazovaniya solnechnoy energii solnechnym elementom na osnove Si s kvantovymi tochkami Ge / A. V. Voytsekhovskiy [i dr.] // *Prikladnaya fizika*. - 2010. - T. 6. № 2. - S. 96–102.

11 Ryu K. Concept and design of modular Fresnel lenses for concentration solar PV system K.Ryu,J.G.Rhee,K.M.Park.andJ.Kim // *Solar Energy*. – 2006. – Vol. 80, № 12. – P. 1580–1587.

12 Garboushian V. Integrated high- concentration PV alternative for large-scale solar electric power / V.Garboushian. D. Roubideaux. S. W. Yoon // *Solar Energy Materials & Solar Cells*. – 1997. – Vol. 47. № 1–4. – P. 315–323.

13 Andreyev M. Fotoelektricheskiye moduli-kontsentratory i solnechnyye elementy dlya sistem TPV / V. M. Andreyev. V. A. Grilikhes. V. P. Khvostikov [i dr.] // *Materialy dlya solnechnoy energii i solnechnyye elementy*. – 2004. – T. 84, № 1-4. – S. 3-17.

14 Rozell Dzh. I. Proyektirovaniye i modelirovaniye fotoelektricheskoy teplovoy sistemy s nizkoy kontsentratsiyey / Dzh. I.Rozell. Kh. Valverd u. M. A. Lekh // *Preobrazovaniye energii i upravleniye*. – 2005. - T. 46, № 18-19. – S. 3034-3046.

15 Vissarionov V.I. Solnechnaya energetika: Uchebnoye posobiye dlya vuzov/ V.I.Vissarionov. G.V.Deryugina. V.A.Kuznetsova. N.K.Malinin. – M.: Izdatelskiy dom MEI. – 2008. – S.311.

16 Fraas L. M. Solar Cells and their Applications / L. M. Fraas. L. D. Partain. - 2nd ed. John Wiley & Sons. Inc?.: Publication. 2010. – P.648 . <https://doi.org/10.1002/9780470636886>.

17 Terukov. E. I. Perspektivy solnechnoy energetiki v Rossii / E. I. Terukov. O. I. Shutkin // *Vestnik Rossiyskoy akademii nauk*. – 2016. – T. 86. № 3. – S. 195–202.

18 Solnechnaya fotovoltaika: sovremennoye sostoyaniye i tendentsii razvitiya/V. A. Melichko [i dr.] // *Uspekhi fizicheskikh nauk*. – 2016. – T. 186. № 8. – S. 801–852.

19 Gribov B. G. Novyye tekhnologi polucheniya polikristallicheskogo kremniya dlya solnechnoy energetiki / B. G. Gribov. K. V. Zinovyev // *Izvestiya vuzov. Elektronika*. – 2008. – № 3. – S. 10–17.

20 Bastron A.V., Gaydash G.V. Effektivnoye ispolzovaniye solnechnoy energii v sistemakh teplo- i elektrosnabzheniya selskikh usadebnykh domov i LPKh // *Vestn. IrGSKhA*. – 2015. – № 67. – S. 92–100.

21 Ispolzovaniye solnechnykh fotoelektricheskikh stantsiy dlya avtonomnykh sistem elektrosnabzheniya krestiansko-fermerskikh khozyaystv/A.V. Chebodayev. A.V. Bastron. V.N. Ursegov [i dr.] // *Energo- i resursosberezheniye – XXI vek: mat-ly XII mezhdunar. nauch.-prakt. internet-konferentsii*. – Krasnoyarsk. 2016. – S. 204–210.

РЕЗЮМЕ

Энергетика является одной из важнейших тем международной повестки дня в области окружающей среды и развития. Солнце является крупнейшим источником энергии для жизни, и в то же время оно является основным источником многих возобновляемых источников энергии. Солнечную энергию можно считать основным источником всех видов энергии. Его можно использовать различными методами, такими как полное использование солнечного света для непосредственного производства электроэнергии или использование солнечного тепла в качестве тепловой энергии. Применение фотоэлектрических (фотоэлектрических) элементов широко распространено в области солнечной энергии. Основная цель этого исследования – помочь любому человеку понять солнечную энергию, предлагая новейшие разработки в этой области. Этот обзор, который является частью серии сравнения производительности фотоэлектрических технологий, поможет вам взглянуть на литературу о фотоэлектрических технологиях и сэкономит время. Кроме того, в зависимости от основного материала, используемого в технологии фотоэлектрических элементов, были проведены три

этапа обзора и получены общие характеристики кристаллического кремния, тонкослойного, концентрированного фотоэлектрического (CPV) и органических материалов. Кристаллический кремний является наиболее часто используемым материалом в фотоэлектрической промышленности, фотоэлементы на основе пластин на современном рынке. В этой статье представлен сравнительный обзор, в котором исследуются фотоэлектрические элементы с последними характеристиками.

УДК 639.2.3

МРНТИ 69.25.01, 69.25.14

DOI 10.56339/2305-9397-2022-2-2-186-194

Казаринов И.А., доктор химических наук, профессор, **основной автор**, <https://orcid.org/0000-0002-2596-4725>

Саратовский Государственный университет им. В.Н. Чернышевского, г. Саратов, ул. Астраханская 83, 410012, Российская Федерация, kazarinovia@mail.ru

Сатаева С.С., Ph.D, доцент, <https://orcid.org/0000-0002-2397-9069>

НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана», г. Уральск, ул. Жангир хана, 51, 090009, Казахстан, sataeva_safura@mail.ru

Уразова А.Ф., магистр технических наук, <https://orcid.org/0000-0001-6339-9635>

НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана», г. Уральск, ул. Жангир хана, 51, 090009, Казахстан, urazova_17@list.ru

Мамбетова М.Б., магистрант, <https://orcid.org/0000-0003-1540-4238>

НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана», г. Уральск, ул. Жангир хана, 51, 090009, Казахстан, manshuk_04_89@mail.ru

Хахалева Ю.И., магистрант, <https://orcid.org/0000-0002-4093-2705>

НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана», г. Уральск, ул. Жангир хана, 51, 090009, Казахстан, uliya.hahaleva@gmail.com

Қалықберген Г.Б., магистрант, <https://orcid.org/0000-0002-5678-804X>

НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана», г. Уральск, ул. Жангир хана, 51, 090009, Казахстан, kgulaiym21@gmail.com

Kazarinov I.A., Doctor of Chemical Sciences, Professor, **the main author**, <https://orcid.org/0000-0002-2596-4725>

Saratov State University named after V.N. Chernyshevski, Saratov, st. Astrahanskaya 83, 410012, Russian Federation, kazarinovia@mail.ru

Satayeva S.S., Doctor Ph.D., Assoc Professor, <https://orcid.org/0000-0002-2397-9069>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, st. Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan, sataeva_safura@mail.ru

Urazova A.F., Master of Technical Sciences, <https://orcid.org/0000-0001-6339-9635>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, st. Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan, urazova_17@list.ru

Mambetova M.B., Undergraduate, <https://orcid.org/0000-0003-1540-4238>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, st. Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan, manshuk_04_89@mail.ru

Hahaleva Y.I., Undergraduate, <https://orcid.org/0000-0002-4093-2705>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, st. Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan, uliya.hahaleva@gmail.com

Kalykbergen G.B., Undergraduate, <https://orcid.org/0000-0002-5678-804X>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, st. Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan, kgulaiym21@gmail.com