УДК 621.30

ПЛАВУЧИЕ ФОТОЭНЕРГОСИСТЕМЫ FPV

FLOATING FPV PHOTOVOLTAIC POWER SYSTEMS

Кашин Яков Михайлович
кандидат технических наук,
заведующий кафедрой электротехники
и электрических машин,
Кубанский государственный технологический университет;
профессор кафедры авиационного
и радиоэлектронного оборудования,
Краснодарское высшее военное авиационное училище
летчиков имени Героя Советского Союза А.К. Серова
jlms@mail.ru

Самородов Игорь Борисович
директор ООО «НТК «Солнечный центр»,
член комитета по ВИЭ при РосСНИО, г. Краснодар
samorodov_igor@mail.ru

Киреева Софья Владимировна
студентка кафедры электротехники и электрических машин,
Кубанский государственный технологический университет
kireevasonya2003@mail.ru

Аннотация. В статье представлен анализ фотоэнергосистем, размещаемых на водной глади, даны их преимущества перед наземными фотоэлектрическими системами.

Ключевые слова: солнечная батарея, плавучая фотоэлектрическая установка, установленная мощность.

Kashin Yakov Mikhailovich
Candidate of Technical Sciences,
Head of the Department
of Electrical Engineering
and Electrical Machines,
Kuban State Technological University;
Professor of the Department of Aviation
and Radio-Electronic Equipment,
Krasnodar Higher Military Aviation School
of Pilots named after the Hero
of the Soviet Union A.K. Serov
jlms@mail.ru

Samorodov Igor Borisovich
Director of NTC Solar Center LLC,
Member of the Committee
on RES at RosSNIO, Krasnodar
samorodov_igor@mail.ru

Kireeva Sofya Vladimirovna
Student of the Department
of Electrical Engineering
and Electrical Machines,
Kuban State Technological University
kireevasonya2003@mail.ru

Annotation. The article provides an analysis of floating photovoltaic systems and their advantages over ground-based photovoltaic systems.

Keywords: solar panel, floating photovoltaic system, installed capacity.

Мир является свидетелем беспрецедентного всплеска внедрения солнечных фотоэлектрических (PV) технологий. По прогнозам BloombergNEF, в 2024 году мировая мощность установленных PV-установок достигнет 592 ГВт, что на 33 % больше, чем в предыдущем году [1]. Ожидается, что этот рынок, оцениваемый в $159,84 млрд в 2021 году, превысит $250,63 млрд к 2030 году, а прогнозируемый среднегодовой темп роста составит 5,1 %, при этом, по данным Wood Mackenzie, плавучие фотоэлектрические (FPV) установки к 2033 году глобальная установленная мощность составит 77 ГВт , из которых 81 % будет приходиться на Азиатско-Тихоокеанский регион (APAC) и составит 57 ГВт, а темп роста составит 1,5 % в год.

При этом, установленная мощность фотоэлектрических энергостанций (ФЭС) в мире к 2024 году составляет 1,6 ТВт [2]. Это существенно отличается от установленной мощности ФЭС в РФ: к 2025 году – 2,56 ГВт [3].

Такому росту способствуют государственные стимулы и налоговые льготы в большинстве государств, а также достижения в области технологий, которые сделали солнечную энергию ещё более эффективной и доступной, чем когда-либо прежде.

Первая плавучая солнечная установка была построена в Айти, Япония, в 2007 году Национальным институтом передовых промышленных наук и технологий [4, 5].

В мае 2008 года винодельня Far Niente в Оквилле, штат Калифорния, установила 994 солнечных фотоэлектрических модуля общей мощностью 175 кВт на 130 понтонах и разместила их на оросительном пруду винодельни [4, 6]. В течение следующих семи лет было построено несколько небольших плавучих фотоэлектрических электростанций. Первая мегаваттная электростанция была введена в эксплуатацию в июле 2013 года (Окегава, Япония).

В 2016 году компания Kyocera построила крупнейшую на тот момент в мире ферму мощностью 13,4 МВт на водохранилище над плотиной Ямакура в префектуре Тиба с использованием 50 000 солнечных батарей [7, 8].Завод Huainan, открытый в мае 2017 года в Китае, занимает более 800000 кв. м на бывшем карьерном озере, способный производить до 40 МВт [9].

Плавучие солнечные панели становятся все более популярными, в частности, в странах, где занятие земель и законодательство о воздействии на окружающую среду препятствуют росту возможностей производства возобновляемой энергии.

Глобальная установленная мощность превысила 1 ГВт в 2018 году и достигла 13 ГВт в 2022 году, в основном в Азии. Один из разработчиков проекта, Baywa r.e., сообщил еще о 28 ГВт запланированных проектов.

Плавучие солнечные или плавучие фотоэлектрические (FPV) установки, которые иногда называют плавучими фотоэлектрическими установками, представляют собой солнечные энергосистемы с солнечными модулями, принцип работы аналогичен крышным и наземным ФЭС, но установленными на плавучей конструкции, которые обычно состоят из пластиковых буёв и тросов. Затем их размещают на водоёме. Как правило, это водохранилища, карьерные озёра, пруды или оросительные каналы. Этот вариант возобновляемых источников энергии также нацелен на выработку электроэнергии, но они предлагают ряд преимуществ по сравнению с наземными и крышными фотоэлектрическими системами.

Установка ФЭС на водной поверхности обходится значительно дешевле, чем на земельных площадях, особенно в Краснодарском крае, где земля достаточно дорогая.

Среди важных преимуществ таких энергосистем можно выделить:

1. *Минимальное землепотребление*: Плавучие установки построены на воде и, поэтому, по своей природе не используют земельные площади, за исключением тех участков, которые требуются для подключения к общей электрической сети.

2. *Экономия воды*: Испарение воды под солнечными батареями уменьшается до 80 %. В случае поверхностей, предназначенных для полива или потребления человеком, можно сэкономить большое количество воды в зависимости от процента покрытия площади бассейна и климатических условий, что является дополнительным экологическим преимуществом, которое может быть особенно полезным для засушливых регионов, где экономия воды имеет решающее значение [10].

3. *Высокая производительность энерговыработки*: Производительность плавучих ФЭС выше, чем у систем, установленных на земле, тем более на скатных кровлях. В этих системах высокие температуры снижают как производительность, так и срок службы солнечных модулей. Кроме того, загрязнение поверхности модулей пылью существенно меньше над водной поверхностью. Охлаждающий эффект воды, находящейся рядом с фотоэлектрическими панелями, приводит к приросту энергии, который составляет от 5 % до 15 %, а применение солнечных модулей с двусторонней чувствительностью (bificial) добавит к производительности ФЭС ещё до 20 %.

4. *Простота установки, ввода в эксплуатацию и вывода из эксплуатации*: Плавучие фотоэлектрические установки более компактны, чем наземные, их управление проще, а их строительство, ввод в эксплуатацию и вывод из эксплуатации просты. Это объясняется тем, что для них не требуется стационарных конструкций, подобных фундаментам, используемым для наземных электростанций, поэтому их установка может быть полностью обратимой. Кроме того, солнечные модули, установленные на водоёмах, требуют меньшего обслуживания, особенно по сравнению с установкой на земле с пыльным грунтом. Поскольку массивы собираются в одной береговой точке перед перемещением на место, их установка осуществляется быстрее, чем установка наземных массивов.

5. *Облегченное слежение за Солнцем*: Большие плавучие платформы можно легко поворачивать по горизонтали и вертикали, чтобы обеспечить слежение за Солнцем (аналогично подсолнухам). Движущиеся солнечные батареи потребляют мало энергии и не нуждаются для поворота в сложном механическом устройстве, как наземные фотоэлектрические станции. Оснащение плавучей фотоэлектрической электростанции системой слежения стоит немного дороже, в то время как прирост энергии может составлять от 15 % до 25 % [11].

6. *Контроль окружающей среды*: Цветение водорослей, являющееся серьёзной проблемой в промышленно развитых странах, может быть уменьшено, если более 40 % поверхности водоёма покрыто. Покрытие водных бассейнов уменьшает свет непосредственно под поверхностью, снижая фотосинтез и рост водорослей. Активная борьба с загрязнением остаётся важной для управления водными ресурсами [12].

7. *Использование территорий, уже эксплуатируемых человеческой деятельностью*: плавучие солнечные электростанции могут быть установлены над искусственно созданными водными бассейнами, такими как затопленные шахты, карьеры или гидроэлектростанции. Таким образом, можно эксплуатировать территории, уже находящиеся под влиянием человеческой деятельности, чтобы увеличить воздействие и урожайность данной территории вместо использования других земель.

Однако, плавучая солнечная энергия представляет собой несколько проблем для проектировщиков:

1. *Электрическая безопасность и долгосрочная надёжность компонентов системы*: Работая на воде в течение всего срока службы, система должна обладать высокой коррозионной стойкостью и долговременной способностью к плаванию (резервные, упругие, распределенные поплавки), особенно при установке над соленой водой.

2. *Волны*: Плавучая фотоэлектрическая система (провода, физические соединения, поплавки, панели) должна быть способна выдерживать более сильные ветры, чем на суше, и тяжёлые волны, особенно в прибрежных зонах.

3. *Сложность плавучей технологии*: Плавучие фотоэлектрические панели должны быть установлены на специальных плавучих платформах, таких как понтоны или плавучие груши. Эта технология изначально не разрабатывалась для размещения солнечных модулей, поэтому должна быть спроектирована специально для этой цели под заданный габарит солнечных модулей.

4. *Сложность технологии анкеровки*: Анкеровка плавающих панелей имеет основополагающее значение для предотвращения резкого изменения положения панелей, которое может помешать производству. Технология постановки на якорь хорошо известна и хорошо зарекомендовала себя при применении к лодкам или другим плавучим объектам, но она должна быть адаптирована к использованию с плавучими фотоэлектрическими батареями. Сильные штормы привели к выходу из строя плавучих систем, и якорные системы должны разрабатываться с учётом этих рисков [13].

5. *Конфликты общественного пользования*: Покрытие водоёмов плавающими панелями может помешать их общественному использованию. Например, при закрытии водохранилищ, используемых для рыболовства, возникает конфликт интересов с местным населениее, зависящим от этих рыбных промыслов. Воздействие плавающих панелей на пейзаж может привести к снижению цен на недвижимость, что вызовет противодействие со стороны близлежащих землевладельцев [14] .Один из опросов, проведённых среди местного населения озера Остваорнсе в Нидерландах, показал, что 10 % респондентов не одобряют краткосрочные плавучие фотоэлектрические проекты в их сообществе [15]. Другие геодезисты выразили обеспокоенность тем, что плавучая солнечная технология разрушает природную красоту озера и игнорирует личные привязанности местных жителей к озеру Остворнсе.

6. *Экологические вызовы*: Затенение водоёмов может препятствовать вредоносному цветению водорослей, но тень плавучих фотоэлектрических панелей может нанести экологический ущерб, подавляя фотосинтез и изменяя поведение светочувствительных рыб и зоопланктона. Кроме того, излучение поляризованного света фотоэлектрическими системами может воздействовать на животных, чувствительных к поляризованному свету, таких как многие насекомые, птицы или амфибии [16].

7. *Высокие требования к оборудованию*: Важность тестирования полимерных материалов, используемых при создании плавучих конструкций, поддерживающих фотоэлектрические модули. Это необходимо для обеспечения их качества и надёжности с течением времени при различных условиях нагрузки. Такие факторы, как скорость потока воды, колебания высоты из-за приливов и отливов или волн, а также колебания температуры, напрямую влияют на плавучесть, а это означает, что водонепроницаемость является важным аспектом на этапе проектирования.

Проектирование плавучей солнечной электростанции отличается от проектирования традиционных ФЭС и включает следующие этапы:

1. ***Оценка участка и изучение целесообразности***: Инженеры и разработчики проекта оценивают глубину и площадь воды для оценки возможной мощности FPV, сезонные колебания уровня воды с учётом потенциального движения или рисков, местные климатические условия, включая скорость ветра и солнечное излучение для расчёта оптимизации энерговыработки, а также влияние на водные экосистемы для защиты местной флоры и фауны.

2. ***Проектирование***: Плавучие платформы, как правило, выполняются из полиэтилена высокой плотности (HDPE). Они должны быть прочными, плавучими и устойчивыми к ультрафиолетовому излучению и погодным условиям. Системы якоря и причальные линии стабилизируют конструкцию от течений, волн и ветра.

3. ***Получение разрешений и согласований***: Проекты плавучей солнечной электростанции часто требуют разрешений от местных, государственных или федеральных органов.

4. ***Изготовление и предварительная сборка***: Многие компоненты, включая плавающие платформы и монтажные конструкции, собирают на месте.

5. ***Установка***: Собирают плавающие платформы на воде, монтируют солнечные панели на платформы в заранее определённой конфигурации, подключают электрические системы.

6. ***Тестирование и ввод в эксплуатацию***: Перед началом работы систему тщательно тестируют, чтобы убедиться в правильных электрических соединениях, стабильности плавучей структуры и соответствии стандартам безопасности и эффективности.

При проектировании плавучей солнечной электростанции важно учитывать такие факторы, как **устойчивость к суровым погодным условиям**, в том числе штормам и высоким ветрам, а также **потенциальный вред для водных экосистем**.

По данным на 2024 год, **крупнейшая в мире плавучая солнечная электростанция находится в Китае**. Её мощность – 320 МВт (проекта Hangzhou Fengling Electricity Science Technology Solar Farm или Huaneng Dezhou Dingzhuang Reservoir Solar PV Park) [17] .

Годовая энерговыработка составляет 550000 МВт•ч электроэнергии, тем самым компенсируя 217700 тонн выбросов углекислого газа (CO_2) в год.

Стоимость вырабатываемой энергии – 0,12 доллара США за кВт•ч.

В 2024 году были известны и другие крупные плавучие солнечные электростанции, например:

- **Three Gorges New Energy** (Китай) – 150 МВт;
- **CECEP Floating Solar Firm** (Китай) – 70 МВт;
- **Siridhorn Dam Floating Solar Farm** (Таиланд) – 45 МВт.

Из доступных источников известно, что в России остаётся единственная установка на территории Нижне-Бурейской ГЭС, мощность которой составляет 54 кВт, введена в эксплуатацию была в 2020 году [18]. Некоторые характеристики станции:

- площадь – 0,05 га;
- мощность – 54 кВт;
- количество солнечных панелей – 140 шт.;
- прогнозная годовая выработка – 54 МВт·ч.

ФЭС смонтирована на понтонах, состоит из солнечных модулей, инвертора и системы накопления энергии.

По запросу П.М. Емельянова, известного кубанского фермера, нашим предприятием (ООО «НТК «Солнечный центр») была проведена работа по исследованию возможностей размещения фотоэлектрической станции (ФЭС) на искусственном водоёме размерами 200 × 100 м, находящемся в его хозяйстве в кооперации с крупной китайской компанией производителя всех вариантов опорных конструкций для монтажа солнечных энергосистем Xiamen C&D Emerging Energy Co., Ltd.

Плавучие конструкции для фотоэлектрических систем совместимы с установкой каркасных или безрамочных модулей, разработанные с хорошим вентиляционным эффектом и гибкостью. Такая конструкция может повысить эффективность выработки электроэнергии и таким образом снизить LCOE (**Levelized Cost of Energy**) для солнечных систем – это **средняя стоимость единицы энергии**, вырабатываемой солнечной энергосистемой за весь срок её службы. При расчёте LCOE учитывают начальные инвестиционные затраты, расходы на обслуживание и производительность системы.

Упрощённая схема конструкции показана на рисунке 1.

Рисунок 1 – Упрощённая схема конструкции:
1 – большой поплавок; 2 – дополнительный поплавок А; 3 – дополнительный поплавок В;
4 – дополнительный поплавок С; 5 – солнечный модуль;
6 – коммутатор токов солнечных модулей; 7 – солнечный силовой кабель

Конструкции специально разработаны для бассейнов и водоёмов, речных и морских заводей. Для производства поплавков используют процесс выдувного формования и интегрального формования, изготавливают его из полимерного композитного материала сильной плавучестью и антиультрафиолетовой функцией. Монтажные элементы выполняют из алюминиевого сплава или углеродистой стали. Эти элементы обладают такими характеристиками как сильная коррозионная стойкость, удобная установка, стабильная общая структура, высокая экономичность.

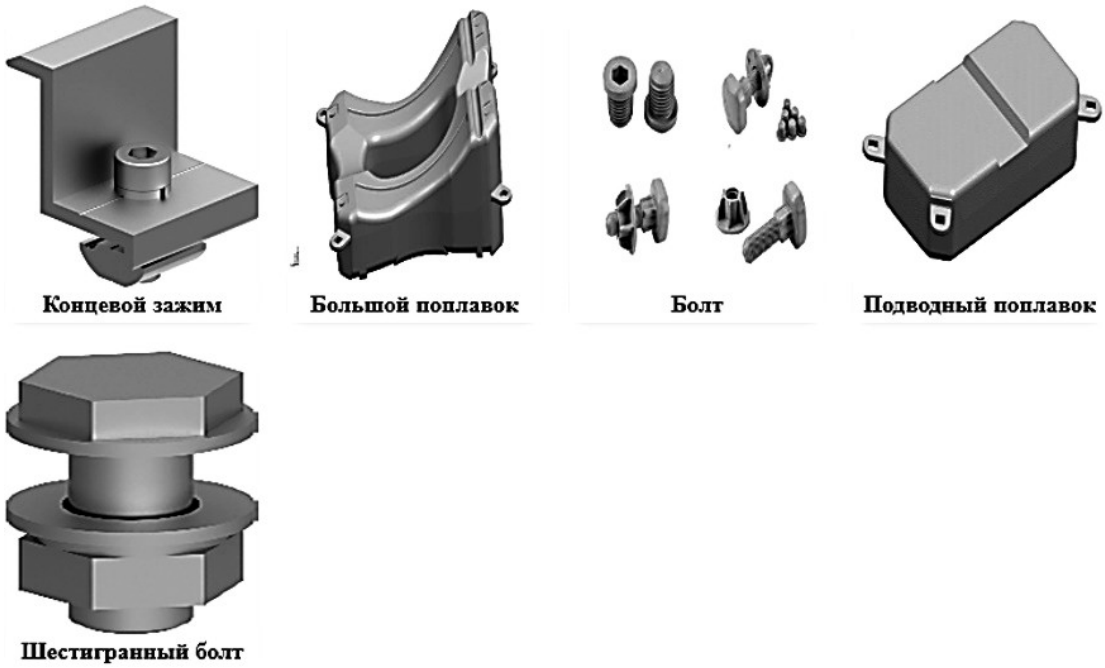
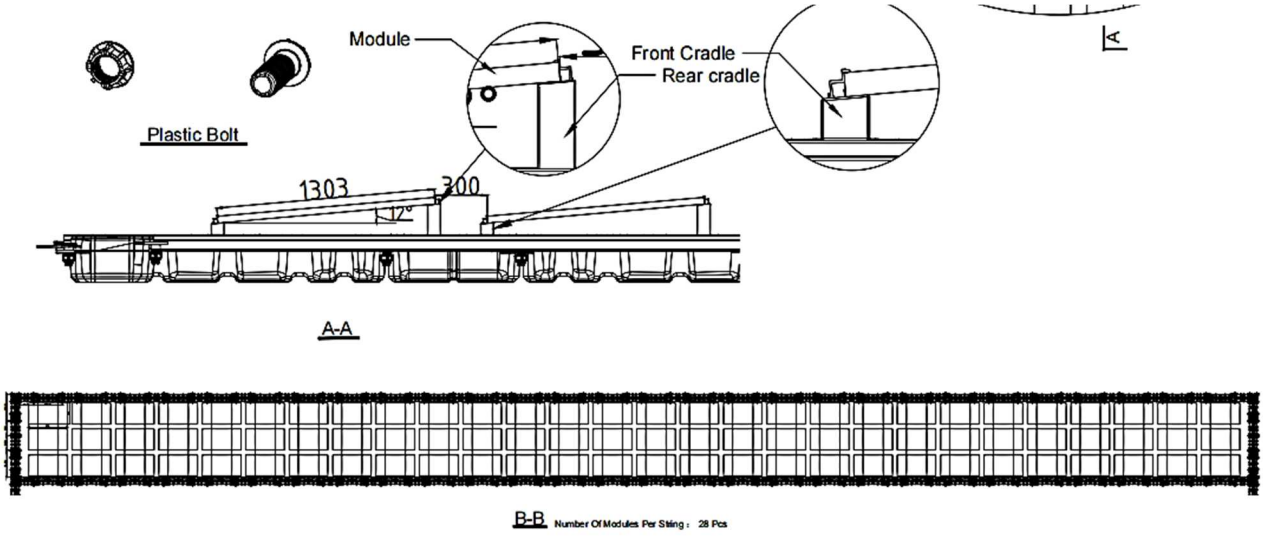


Рисунок 2 – Комплект для монтажа поплавковой конструкции и элементы крепления солнечных модулей

Фрагмент проекта компании – производителя:



Предлагаем вариант плавучей платформы в три ряда солнечных модулей для удобства монтажа и обслуживания, длиной 70 м. По расчетам компании Xiamen C&D Emerging Energy Co., Ltd. на площади водоёма 200 × 100 м можно разместить два варианта плавучих платформ (цена на фабрике в КНР) (табл. 1).

Таким образом, результаты расчётов и преимуществ размещения ФЭС на водных поверхностях объективно указывают на то, что энергетически и экономически такая система имеет большие преимущества перед аналогичными наземными ФЭС.

Таблица 1

Проектные данные	Мощность, Вт (пик)	Удельная цена платформы	Цена платформы
Общая мощность: 1,492,000 Wp Количество модулей: 2,016 шт. Модуль Wp:740W Размер модуля: 2384 × 1303 × 33 мм Проход для тех. обслуживания: конфигурация «3 в ряд»	1,492,000	$0.0669	US$99,814.80
Общая мощность: 2,344,000 Wp Количество модулей: 3,168 шт. Модуль Wp: 550W Размер модуля :2384 × 1303 × 33 мм Проход для тех. обслуживания: конфигурация «3 в ряд»	2,344,000	$0.0669	US$156,813.60

Сравнительная таблица удельной стоимости основного оборудования систем наземной PV и плавучей FPV фотоэлектростанций и ориентировочная стоимость «под ключ» (табл. 2).

Таблица 2

	Оборудование/СМР	Наземная конструкция, $/Wp	Водная конструкция, $/Wp
1.	Солнечный модуль	0,12	0,12
2.	Крепёжная конструкция	0,094	0,067
3.	Инвертор сетевой	0,14	0,14
4.	Сол. кабель, расход. мат.	0,02	0,022
5.	СМР + ПНР (10%)	0,0374	0,0349
	Ориентировочная стоимость, «под ключ»		
	1,5 МВт, $	617 100	575 850
	2,5 МВт, $	1028 500	959 750

Список литературы:

1. Около Джонатан Туриньо Хакобо, 02 сентября, 2024, BNEF ожидает, что в 2024 году во всем мире будет установлено 592 ГВт солнечных фотоэлектрических установок. – URL : https://www.pv-tech.org/bnef-expects-592gw-of-solar-pv-installs-globally-in-2024

2. Тенденции применения фотоэлектрических систем в 2024 году Trends in PV Applications – IEA-PVPS. – URL : https://iea-pvps.org/trends_reports/trends-in-pv-applications-2024

3. Статистика ВИЭ. – URL : https://rreda.ru/industry/statistics

4. Обзор плавучих фотоэлектрических установок: 2007–2013. Прогресс в фотовольтаике: исследования и приложения. Floating solar. – URL : https://en.wikipedia.org/wiki/Floating_solar#cite_ref-:0_ 9-0

5. Внутри крупнейшего в мире проекта плавучей солнечной электростанции на основе плотины // Журнал Future Power Technology, Выпуск 131 , Февраль 2021 года». – URL : https://power. nridigital.com/future_power_technology_feb21/hapcheon_dam_based_floating_solar

6. Винодельня переходит на солнечную энергию с Floatovoltaics». – URL : https://web.archive.org/web/20130507150702/http:/www.sfgate.com/bayarea/article/Winery-goes-solar-with-Floatovoltaics-3282171.php

7. Kyocera и Century Tokyo Leasing разрабатывают плавучую солнечную электростанцию мощностью 13,4 МВт на водохранилище в префектуре Тиба, Япония. – URL : https://web.archive.org/web/20160625160400/http:/global.kyocera.com/news/2014/1205_dfsp.html

8. Новые солнечные электростанции генерируют плавучую зеленую энергию. – URL : https://web.archive.org/web/20160625160400/http:/global.kyocera.com/news/2014/1205_dfsp.html

9. Плавучие фотоэлектрические установки как эффективный вариант для сокращения испарения воды в регионах с дефицитом воды и производства электроэнергии: тематическое исследование озера Насер, Египет (январь 2023 г.) / Абдельгайед Мохамед [и др.]. – URL : https://www.mdpi.com/2073-4441/15/4/635

10. Плавучие фотоэлектрические установки: анализ производительности и проектные решения». Обзоры возобновляемых источников энергии и устойчивого развития. – URL : https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2018RSERv.81.1730C

11. Экологические и технические последствия плавучих фотоэлектрических станций как новой технологии чистой энергии / М. Пуран Хамид [и др.]. – URL : https://www.cell.com/iscience/fulltext/S2589-0042(22)01525-5?_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%=2Fpii%2FS2589004222015255%3Fshowall%3Dtrue

12. Плавучая солнечная энергия на гидроэлектростанциях. – Ч. 2. – URL : https://cleantechnica.com/2019/12/26/floating-solar-on-pumped-hydro-part-2-better-efficiency-but-more-challenging-engineering

13. Шторм повредил крупнейшую в мире плавучую солнечную электростанцию в штате Мадхья-Прадеш». Таймс оф Индия. 15 апреля 2024.

14. Плавучая солнечная энергия может помочь в борьбе с изменением климата – давайте сделаем это правильно / М. Алмейда Рафаэль [и др.] // Природа. (7913): 246–249. Бибкод: 2022 Natur. 606. 246A.

15. Будет ли он плавать? Изучение социальной целесообразности инфраструктуры плавучей солнечной энергетики в Нидерландах / Jump up to:a b Бакс Винсент // Энергетические исследования и социальные науки: 102569. Бибкод: 2022ERSS...8902569B.

16. Потенциальное воздействие плавучих солнечных фотоэлектрических систем на окружающую среду / Стивен Бенджаминс [и др.] // Обзоры возобновляемых и устойчивых источников энергии. – URL : https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2024RSERv.19914463B

17. В Китае завершен проект плавучей солнечной электростанции мощностью 320 МВт – World-Energy. – URL : https://www.world-energy.org/article/8467.html

18. Солнечные панели на Нижне-Бурейской ГЭС выработали 559 тысяч киловатт-часов за 6 месяцев эксплуатации. – URL : https://nbges.rushydro.ru/press/news/2207202062519

List of references:

1. About Jonathan Turino Jacobo, September 02, 2024, BNEF expects 592 GW of solar PV installations worldwide in 2024. – URL : https://www. pv-tech.org/bnef-expects-592gw-of-solar-pv-installs-globally-in-2024

2. Trends in PV Applications in 2024 Trends in PV Applications – IEA-PVPS. – URL : https://iea-pvps.org/trends_reports/trends-in-pv-applications-2024

3. Statistics of RES. – URL : https://rreda.ru/industry/statistics

4. Overview of floating photovoltaic installations: 2007–2013. Progress in photovoltaics: research and applications. Floating solar. – URL : https://en.wikipedia.org/wiki/Floating_solar#cite_ref-:0_9-0

5. Inside the World's Largest Dam-Based Floating Solar Power Project // Future Power Technology Magazine, Issue 131, February 2021. – URL : https://power. nridigital.com/future_power_technology_feb21/hapcheon_dam_based_floating_solar

6. The winery goes solar with Floatovoltaics. – URL : https://web.archive.org/web/20130507150702/http:/www.sfgate.com/bayarea/article/Winery-goes-solar-with-Floatovoltaics-3282171.php

7. Kyocera and Century Tokyo Leasing are developing a 13.4 MW floating solar power plant on a reservoir in Chiba Prefecture, Japan. – URL : https://web.archive.org/web/20160625160400/http:/global.kyocera.com/news/2014/1205_dfsp.html

8. New solar power plants generate floating green energy. – URL : https:// web.archive.org/web/20160625160400/http:/global.kyocera.com/news/2014/1205_dfsp.html

9. Floating photovoltaic plants as an effective option for reducing water evaporation in water-scarce regions and for generating electricity: a case study of Lake Nasser, Egypt (January 2023) / Abdelgayeed Mohamed [et al.]. – URL : https://www. mdpi.com/2073-4441/15/4/635

10. Floating photovoltaic plants: performance analysis and design solutions. Reviews of renewable energy sources and sustainable development. – URL : https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2018RSERv.81.1730C

11. Environmental and technical implications of floating photovoltaic power plants as a new clean energy technology / M. Puran Hamid [et al.]. – URL : https://www.cell.com/iscience/fulltext/S2589-0042(22)01525-5?_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%=2Fpii%2FS2589004222015255%3Fshowall%3Dtrue

12. Floating solar energy on pumped hydro. – Part 2. – URL : https://cleantechnica.com/2019/12/26/floating-solar-on-pumped-hydro-part-2-better-efficiency-but-more-challenging-engineering

13. The storm damaged the world's largest floating solar power plant in the state of Madhya Pradesh. Times of India. April 15, 2024.

14. Floating solar energy can help combat climate change – let's do it right / M. Almeida Rafael [et al.] // Nature. (7913): 246–249. Bibcode: 2022 Natur. 606. 246A.

15. Will it float? A social feasibility study of floating solar power infrastructure in the Netherlands / Jump up to:a b Bax Vincent // Energy Research and Social Sciences: 102569. Bibcode: 2022ERSS...8902569B.

16. Potential environmental impacts of floating solar photovoltaic systems / Stephen Benjamins [et al.] // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – URL : https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2024RSERv.19914463B

17. China completes 320 MW floating solar power plant project – World-Energy. – URL : https://www.world-energy.org/article/8467.html

18. Solar panels at the Nizhne-Bureyskaya hydroelectric power station generated 559 thousand kilowatt-hours in 6 months of operation. – URL : https://nbges.rushydro.ru/press/news/2207202062519