«ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ ВОЛЖСКОГО БАССЕЙНА»
(«ВОЛГА 2020»)
Труды 5-й всероссийской научной конференции
Выпуск 3, 2020 г.

ISBN 978-5-901722-75-6

УДК 504. 06+65.012.1

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНТЕГРИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Иванов Александр Владимирович, доцент кафедры ВВЭХ ФГБОУ ВО «ННГАСУ», alexanderivanov52@yandex.ru

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
603950, Нижний Новгород, ул. Ильинская, 65

Аннотация. Работа посвящена оценке эффективности комплексов возобновляемой энергетики, включающих солнечные, гидроаккумулирующие и традиционные гидроэлектростанции. Целью создания таких комплексов является устойчивое развитие бассейна равнинной реки в условиях изменения климата. Оценена эффективность интегрированного комплекса возобновляемой энергетики. Представлены расчеты параметров комплекса применительно к водохранилищам Верхней Волги. Оценены адаптивные возможности управления уровнем воды в водохранилищах для судоходства, энергетики и предотвращения цветения воды в озерной части водохранилищ.

Ключевые слова: возобновляемая энергетика, солнечная энергия, ветровая энергия, гидроаккумулирующая энергия, Волжский бассейн, устойчивое развитие,

Работа выполнена в инициативном порядке.

Введение. В последние три года в мире происходит бум строительства плавучих фотоэлектрических станций (ПФЭС), что усиливает позиции сторонников полного перевода мировой энергетики на возобновляемые источники энергии (ВИЭ) к 2050 г. [1]. В Южной Корее запланировано строительство комплекса возобновляемой энергетики с площадь плавучих фотоэлектрических панелей более 30 квадратных километров, что обеспечит мощность около 2,6 гигаватт [2]. Планы правительств Индии, Южной Кореи, Вьетнама, Египта и Германии являются еще более грандиозными. В ближайшие годы ожидается строительство ПФЭС общей мощностью более десяти гигаватт. Преимущество отдается гибридным станциям, объединяющим ПФЭС с гидроэлектростанциями (ГЭС) и гидроаккумулирующими электростанциями (ГАЭС), см. рисунок 1. Преимущества гибридных комплексов заключаются в сохранении земельных ресурсов, снижении влияния изменения климата на процессы цветения в озерах и водохранилищах, а также в использовании взаимно дополняющих свойств возобновляемой энергетики. Так, использование плавучих фотоэлектрических панелей характеризуется большим КПД по сравнению с традиционным наземным использованием из-за охлаждающего эффекта и высокого коэффициента отражения света от водной поверхности. Россия обладает

колоссальным потенциалом развития возобновляемой энергии. За последние годы проекты, основанные на производстве электроэнергии за счет возобновляемых источников показали свою жизнеспособность, несмотря на отсутствие мощной государственной поддержки и относительно невысокие цены на углеводороды. Особенно велика роль и доля проектов по возобновляемой энергетике в Волжском бассейне. В Волжском бассейне роль гидроэнергетики заметно выше, чем в соседних регионах, благодаря существованию крупнейшего в России и Европе Волжско-Камского каскада гидроэлектростанций, состоящему из 11 ГЭС. Также в Волжском бассейне расположены крупнейшие в России Загорская ГАЭС и кластер солнечных электростанций в Саратовской и Астраханской областях, что делает данный регион еще более устойчивым и закрепляет позиции лидера в сфере возобновляемой энергетики среди регионов страны.

В данной работе предложен не рассмотренный другими авторами вариант гибрида ПФЭС, ГАЭС и ГЭС. По сравнению с работой автора 2019 г. выполнены детальные расчеты мощности компонентов гибридного комплекса. Оценены экологические и экономические последствия реализации проекта в условиях Верхней Волги, включая предотвращения цветения воды в озерной части водохранилищ.

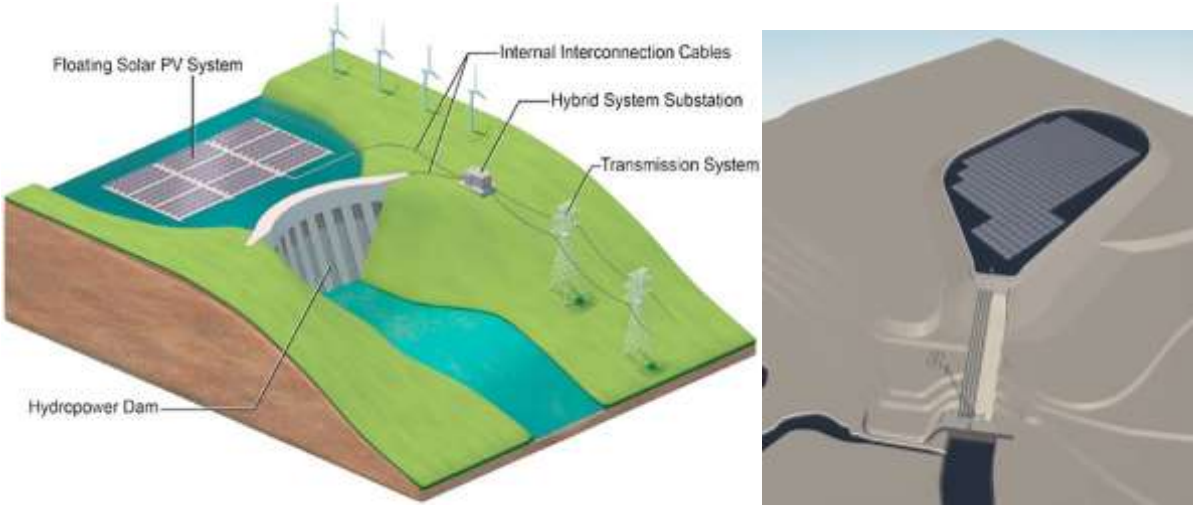

Рис. 1. Гибрид плавучей фотоэлектрической и гидроэлектростанции (слева) и плавучей ФЭС, расположенной в верхнем бассейне гидроаккумулирующей станции, реализуемый в Литве (справа) [3].

Методы исследований. Расчеты по методикам

В качестве основного метода исследования выбраны расчеты по методикам, относящимся к традиционным типам возобновляемой энергетики, модифицированные для использования ГАЭС внутри верхнего бьефа ГЭС, см. рис. 2.

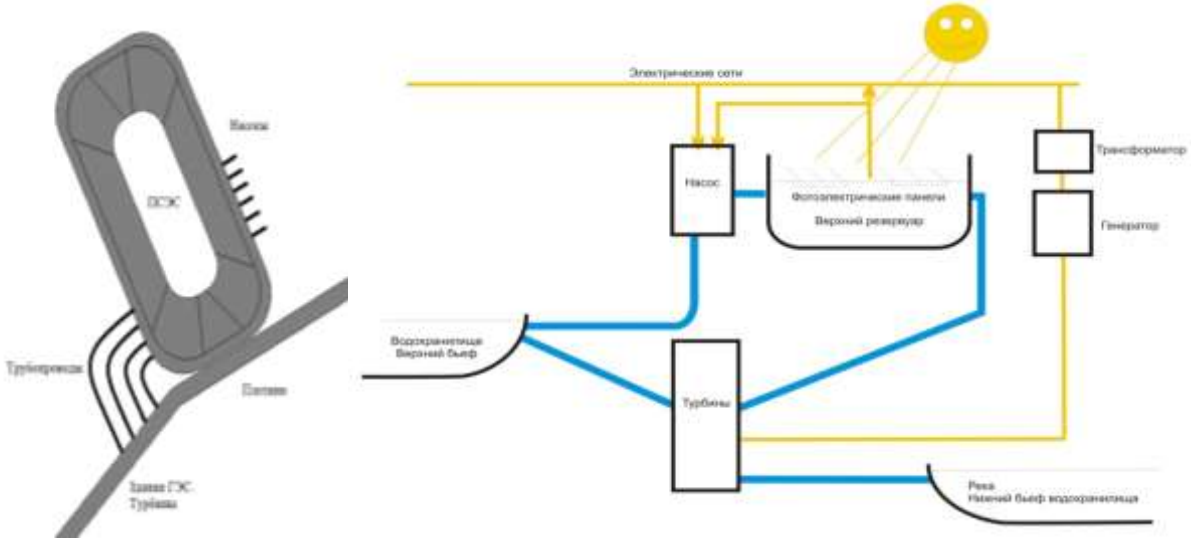

Рис. 2. Схема предлагаемого взаимного использования ПФЭС, ГАЭС и ГЭС. Слева – показано расположение насосов ГАЭС и турбин ГЭС, справа – использование ПФЭС для выработки электроэнергии и питания насосов ГАЭС [4].

Особенностью применения методики расчета параметров плавучей солнечной электростанции является использование российских панелей Хэвел, отличающихся большей эффективностью по сравнению с планируемыми к использованию в Южной Корее. Существенным отличием по сравнению с методикой, примененной для расчета ПФЭС в Казахстане является меньший уровень инсоляции [5].

Особенность данной работы в расчете параметров ГАЭС заключается в том, что насосы используемые для закачки воды в верхний бассейн ГАЭС из верхнего бьефа ГЭС не используются как турбины, так как в качестве турбин используются турбины ГЭС [6].

Результаты и выводы

Результаты расчета параметров ПФЭС представлены в таблице 1.

Таблица 1

Расчетные характеристики сектора ПФЭС мощностью 600 МВт

Характеристика	Значение
Мощность	600 МВт
Стоимость 1 панели	15 500 рублей
Площадь 1 панели	1,67 м^2
Кол-во панелей	1,82 млн.
Площадь панелей	3,04 км^2
Тип панели	HVL-330/HJT
Мощность 1 панели	330 Вт
КПД панели	19,7 %
Кол-во эл. энергии в год	4,8 млрд. кВт часов
Общая стоимость солнечных батарей	28,21 млрд. рублей

Результаты расчета параметров ГАЭС представлены в таблице 2.

Таблица 2

Расчетные показатели эффективности ГАЭС

Характеристика	Показатель	ТР*	НР**
Напор, м	H	23,39	15,85
Геометрический напор, м	$H_г$	25,5	10
Расход, $м^3/с$	Q	388,9	648,15
Время работы ГАЭС, ч	t	15	9
КПД режима ГАЭС	η	0,90	0,87
Вырабатываемая/потребляемая электроэнергия, кВт·ч	Э	1 214 573,82	1 043 205,46
Тариф электроэнергии, руб/кВт	β	День	Ночь
		3,85	1,88
Стоимость выработанной/потребленной электроэнергии, млрд. руб.	S	65,466	15,690
Доход от работы ГАЭС, млрд. руб.	ΔS	49,776	

*ТР – турбинный режим, **НР – насосный режим.

Внедрение плавучих СЭС позволит обеспечить снятие пиковых нагрузок и повысит энергетическую и экологическую безопасность региона в целом.

Наиболее существенным является мощный экологический эффект, связанный с превращением обычных ГЭС в гибридные комплексы (СЭС+ ГАЭС), позволяющие существенно увеличить генерируемые мощности за счет ВИЭ. Вторым важным эффектом станет оздоровление водоема за счет предотвращения цветения. Этот эффект будет достигнут как за счет сужения проточной части водохранилища в зоне расположения верхнего бассейна ГАЭС, как это видно из левой части рисунка 2, так и за счет постепенного понижения уровня воды в верхнем бьефе ГЭС – то есть в Горьковском водохранилище по мере оптимизации профиля дна в соответствии с потребностями судоходства. Третьим экологическим эффектом станет повышение энергетической безопасности региона за счет ввода дополнительной мощности выработки электроэнергии с минимальной нагрузкой на окружающую среду.

В данной работе был проведен анализ эффективности и оценка перспективы развития возобновляемой энергетики. Изучен и проанализирован отечественный и зарубежный опыт использования возобновляемой энергетики, были оценены эколого-экономические показатели солнечной и гидроаккумулирующей станций применительно к условиям Волжского бассейна, а также было разработано и предложено концептуальное предложение по внедрению солнечной и гидроаккумулирующей энергии в существующую энергетическую систему. Предложенная в данной работе концепция выведет единую энергетическую систему Волжского бассейна на новый уровень. Повысится энергетическая обеспеченность Нижегородской области и соседних регионов. Энергетическая система в целом станет более гибкой, экологически и экономически эффективной.

Список литературы:

1. Доклад ВИЭ Университета технологии Лаппеенранты, Финляндия [Электронный ресурс] Режим доступа: https://finland.fi/ru/zhizn-i-obshhestvo/innovatsii-v-universitete-lappeenran/

2. Floating solar photovoltaic plant to be installed at Kruonis pumped-storage plant in Lithuania. Электронный ресурс режим доступа

https://www.renewableenergyworld.com/2019/02/27/floating-solar-photovoltaic-plant-to-be-installed-at-kruonis-pumped-storage-plant-in-lithuania/
3. Michael Herh. S. Korea To Build World's Biggest Floating Solar Power Plant on Saemangeum Lake /July 19, 2019, 10:41 Электронный ресурс режим доступа www.businesskorea.co.kr/news/articleView.html?idxno=34083
4. А.В. Иванов, Н.А. Чекулаева. Оценка экологических и энергетических параметров объединения плавучей фотоэлектрической и гидроаккумулирующей станций с существующей ГЭС. «ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ ВОЛЖСКОГО БАССЕЙНА» («ВОЛГА 2019») Труды 4-й всероссийской научной конференции Выпуск 2, 2019 г.
5. Д. Абдиоразов Определение типа и расчет основных параметров солнечных электрических станций, эксплуатируемых в условиях республики Казахстан / ҚазККА Хабаршысы (Вестник Казахской академии транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева) Издательство: Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева (Алматы) № 4 (83), 20146. Гидроаккумулирующие электростанции/ Под. ред. Л.Б. Шейнмана. – М.:Энергия, 1978.
184 с., ил.

ESTIMATION OF THE EFFICIENCY OF THE INTEGRATED RENEWABLE ENERGY PLANT

Alexander V. Ivanov

Abstract. The article presents the effectiveness assessment of renewable energy system, including solar, pumped storage and traditional hydroelectric power plants. The purpose of creating such plants is the sustainable development of the plain river basin to face climate change. The efficiency of the integrated plant of renewable energy is estimated. The calculations of the parameters of the plant in relation to the reservoirs of the Upper Volga are presented. The adaptive possibilities of water level control in reservoirs for shipping, power engineering and prevention of water bloom in the lake part of reservoirs are estimated.

Keywords: renewable energy, solar energy, wind energy, pumped storage energy, the Volga basin, sustainable development.