

## ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ



УДК 621.314.5

### Переработка пластикового мусора мирового океана с помощью возобновляемых источников энергии

*Н.В. Руденко, Е.Д. Хирова*

Донской государственный технический университет (г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация)

**Аннотация.** Важной проблемой человечества остается загрязнение окружающей среды, особенно — мирового океана. Из-за огромного количества пластика уже образовалось пять мусорных пятен большой площади, что пагубно влияет на содержание кислорода в воде. Вследствие чего происходит снижение морского планктона и образование «мертвых зон». Помимо этого, растет температура воды, что влияет на глобальное потепление. Для решения данной проблемы требуется прибегнуть к возобновляемым источникам энергии (ВИЭ), которые могут способствовать переработке пластикового мусора во вторичные гранулы. Климатические условия у побережья Индийского океана позволяют получить максимальную мощность от ВИЭ, используя гибридную энергетическую станцию (ГибЭС) на основе ветроэнергетических установок (ВЭУ), солнечных энергетических установок (СЭУ) и волновых энергетических установок (ВолЭУ). Таким образом, установив три ГибЭС, состоящих из ВолЭУ, двух ветрогенераторов по 11 кВт и 10 солнечных батарей по 395 Вт, получится полностью обеспечить энергией линию по переработке сильнозагрязненных пластиков с положительной плавучестью, что позволит перерабатывать пластиковый мусор в гранулы и решать важные экологические проблемы.

**Ключевые слова:** пластик, экология, гранулы, ветроэнергетическая установка (ВЭУ), солнечная энергетическая установка (СЭУ), волновая энергетическая установка (ВолЭУ)

### Recycling Plastic Waste from the World's Oceans Using Renewable Energy Sources

*Nikolai V. Rudenko, Ekaterina D. Khirova*

Don State Technical University (Rostov-on-Don, Russian Federation)

**Abstract.** Environmental pollution, especially of the world ocean, remains an important problem for mankind. Due to the huge amount of plastic, five large garbage patches have already formed, which adversely affects the oxygen content in the water, as a result of which there is a decrease in marine plankton and the formation of "dead zones". In addition to this, the water temperature rises, which affects global warming. To solve this problem, it is necessary to resort to renewable energy sources (RES), which will contribute to the processing of plastic waste into secondary granules. The climatic conditions off the coast of the Indian Ocean make it possible to obtain maximum power from renewable energy sources using a hybrid power plant (HPP) based on wind power plants (WPP), solar power plants (SPP) and wave energy plants (WEP). Thus, by installing three HPPs, consisting of WEPs, two wind generators of 11 kW and 10 solar panels of 395 W, it will be possible to fully provide energy for the line for processing heavily polluted plastics with positive buoyancy, which will allow processing plastic waste into granules and solve important environmental problems.

**Keywords:** plastic, ecology, granules, wind power plant (WPP), solar power plant (SPP), wave energy plant (WEP)

**Введение.** Одной из глобальных проблем человечества является загрязнение окружающей среды, причем особенно от этого страдает мировой океан. Каждый год в него выбрасывается около 8,8 млн. тонн пластика, что уже привело к возникновению пяти мусорных пятен. Самое крупное пятно мусора располагается в Тихом океане, а концентрация мусорного пятна в Индийском океане оценивается в 10 тыс. частиц на 1 км<sup>2</sup>, что составляет в общей массе 238 тонн пластика [1]. Загрязнение мирового океана приводит к следующим экологическим последствиям:

– кучи плавающего на поверхности океана пластикового мусора затрудняют поступление солнечного света в толщу воды, происходит усиленное размножение водорослей, из-за чего начинает цвести вода. Так, в 2016 году в центральной части Бенгальского залива обнаружили зону пониженного содержания кислорода («мертвую зону»), в которой живут только некоторые виды червей и сероводородные бактерии. Ее площадь составляет порядка 60 000 км<sup>2</sup> и продолжает увеличиваться [2];

– из-за ограничения кислородного обмена на поверхности океана гибнет огромное количество морского планктона;

– растет температура воды, что влияет на глобальное потепление [3].

Общий итог этих процессов — катастрофическое снижение выработки кислорода и уменьшение всех ресурсов океана. Для решения данной проблемы имеется уже несколько стартапов. Например, *The Ocean Cleanup* запустили платформу *System 001* для сбора мусора в океане, но из-за волн часть мусора выбрасывалась обратно. Вторая попытка также была неидеальна. *System 002* была уже не полностью автономна, а корабли оставляли довольно большой углеродный след [4].

Цель данной работы — рассмотреть возможность переработки пластикового мусора во вторичные гранулы с помощью возобновляемых источников энергии (ВИЭ) на побережье Бенгальского залива, затем разработать практические рекомендации по использованию ВИЭ для переработки пластикового мусора мирового океана.

**Основная часть.** Для достижения поставленной цели необходимо оценить ресурсный потенциал возобновляемой энергии мирового океана, общий технический облик источников энергии, а также примерный состав оборудования для переработки мусора в гранулы с учетом необходимого энергопотребления.

**Оценка ресурсного потенциала возобновляемой энергии мирового океана.** Мировой океан в районах мусорных пятен имеет значительный потенциал солнечной, ветровой и волновой энергии. Например, для побережья Бенгальского залива характерно в среднем 152 ясных и 154 облачных дней в год. Средняя скорость ветра у этого побережья составляет 7–15 м/с [5]. Этот показатель значительно превышает уровень рентабельности ветрогенераторов, равный 5 м/с. Значительный потенциал имеет волновая энергия. Среднюю энергию океанических волн оценивают в 50 кВт на погонный метр. В Бенгальском заливе высота волн может достигать 6–9 м.

**Общий технический облик источников энергии.** Анализ ресурсного потенциала возобновляемой энергии мирового океана позволяет сделать вывод, что для более полного использования этого потенциала целесообразно разрабатывать гибридные энергетические станции (ГибЭС) на основе использования ветроэнергетических установок (ВЭУ), солнечных энергетических установок (СЭУ) и волновых энергетических установок (ВолЭУ). На ГибЭС с помощью цифрового контроллера будет выполняться синхронизация напряжения от разных источников возобновляемой энергии. Далее с помощью регулируемого инвертора исходный нестабилизированный постоянный ток преобразуется в переменный ток определенной частоты и напряжения, который может подаваться в локальную электрическую сеть, от которой питается оборудование для переработки мусора. Если на побережье Бенгальского залива установить такие ГибЭС, то можно получать достаточное количество энергии для всей работы перерабатывающего оборудования. Расположение ВолЭУ на суше снизит себестоимость установки и значительно облегчает ее монтаж и эксплуатацию. Для получения требуемой мощности целесообразна модульная структура ГибЭС, при этом для надёжного производства электроэнергии каждый модуль может содержать ВЭУ, СЭУ и ВолЭС. По предварительным расчетам оптимальная мощность одного модуля составит около 10 кВт при КПД 25 % [6]. Следовательно, модульная конструкция ГибЭС обеспечит непрерывность подачи электричества независимо от внешних факторов. Поэтому мощность подобных станций может составлять от 1 кВт до сотен киловатт. В конструкции ГибЭС целесообразно предусмотреть штормовую защиту.

**Примерный состав оборудования для переработки мусора в гранулы.** Комплексная линия по переработке сильнозагрязненных пластиков с положительной плавучестью, в состав которой входит 17 единиц оборудования, производимая на «Подольском заводе оборудования» имеет установленную мощность в 205 кВт [7]. При вырабатываемой мощности волны в 50 кВт, а также ветро-солнечной станции, состоящей из двух ветрогенераторов компании «Ангстрем Челябинск» с максимальной мощностью в 11,2 кВт [8] и 10 солнечных батарей по 395 Вт от компании «Хевел», в сумме получается 75,15 кВт [9]. С учетом этого, чтобы обеспечить электроэнергией одну линию переработки, требуется три ГибЭС.

**Заключение.** Таким образом, практические рекомендации по использованию гибридных энергетических станций на основе ветровых, солнечных и волновых энергетических установок дают понять, как возобновляемые источники энергии могут помочь в борьбе с экологической проблемой. При нахождении трех

ГибЭС на побережье Бенгальского залива, где имеется достаточный потенциал разных видов возобновляемой энергии, может вырабатываться 225,45 кВт энергии, которой хватит для работы перерабатывающего оборудования. ВИЭ только начинает широко применяться в жизни человека. Они дешевле и безопаснее, поэтому ГибЭС могут окупить себя в короткий срок. Помимо этого, можно увеличить количество получаемой энергии, уменьшив при этом количество самих ГибЭС.

#### Библиографический список

1. Кочетова М. Пластик вышел из берегов. *Ведомости. Экология*. URL: [https://www.vedomosti.ru/ecology/protection\\_nature/articles/2022/07/22/932657-plastik-vishel-iz-beregov](https://www.vedomosti.ru/ecology/protection_nature/articles/2022/07/22/932657-plastik-vishel-iz-beregov) (дата обращения: 30.03.2023).
2. Новая мертвая зона в Индийском океане может повлиять на будущий баланс морских питательных веществ. *Природа*. URL: <https://www.eurekalert.org/news-releases/753631> (дата обращения: 30.03.2023).
3. Неожиданное открытие: пластик не только загрязняет планету, но и способствует глобальному потеплению. URL: <https://news.un.org/ru/story/2018/08/1336842> (дата обращения: 30.03.2023).
4. Боян Слат. The Ocean Cleanup. URL: <https://theoceancleanup.com/oceans/> (дата обращения: 30.03.2023).
5. Климат Индийского океана. *Полная энциклопедия*. URL: <https://www.polnaja-jenciklopedija.ru/zhizn-okeana/klimat-indiyskogo-okeana.html> (дата обращения: 30.03.2023).
6. Кирюнин А.Е., Телегин Ю.А., Трофимов Ю.В. *Волновая энергетическая установка*. Патент РФ №2316670. 2006. 16 с. URL: <https://www.freepatent.ru/patents/2316670> (дата обращения: 30.03.2023).
7. Каталог полимерного оборудования. Линия по переработке пластиков с положительной плавучестью. URL: <https://p-z-o.com/catalog> (дата обращения: 30.03.2023).
8. Ангстрем Челябинск. Ветрогенератор «Alterra-Skylin». URL: <https://www.stroyoborudovanie74.ru/catalog/k-4403345-elektrostantsii-solnechnyye-ventrianyye> (дата обращения: 30.03.2023).
9. Солнечный модуль HVL-395/HJT. URL: <https://rnd.hevelsolar.com/catalog/solnechnye-moduli/modul-fotoelektricheskii-hvl-395hjt/> (дата обращения: 30.03.2023).

*Об авторах:*

**Руденко Николай Валерьевич**, доцент кафедры «Радиоэлектроника» Донского государственного технического университета (344000, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), кандидат технических наук, доцент, [mv.2017@mail.ru](mailto:mv.2017@mail.ru)

**Хирова Екатерина Дмитриевна**, студентка кафедры «Радиоэлектроника» Донского государственного технического университета (344000, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [rndkatja4773@gmail.com](mailto:rndkatja4773@gmail.com)

*About the Authors:*

**Nikolai V. Rudenko**, associate professor of the Radio Electronics Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, RF), Cand. Sci. (Eng.), associate professor, [mv.2017@mail.ru](mailto:mv.2017@mail.ru)

**Ekaterina D. Khirova**, student of the Radio Electronics Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, RF), [rndkatja4773@gmail.com](mailto:rndkatja4773@gmail.com)