



**Vladimir N. Parsyak**  
Парсяк  
Владимир  
Никифорович

УДК 332.122  
П18

## **ECONOMIC RESOURCES OF THE WORLD OCEAN**

### **ЭКОНОМИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ МИРОВОГО ОКЕАНА**

**DOI 10.15589/SMI20170118**

**Vladimir N. Parsyak**

В.Н. Парсяк, проф., докт. экон. наук  
vladymyr.parsyak@nuos.edu.ua  
ORC ID: 0000-0002-4756-8977

**Kateryna V. Parsyak**

К.В. Парсяк канд. экон. наук  
kateryna.parsyak@gmail.com  
ORC ID: 0000-0001-7523-9065

*Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv*

*Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, г. Николаев*



**Kateryna V. Parsyak**  
Парсяк  
Екатерина  
Владимировна

**Abstract.** The article provides arguments in favor of the human's careful use of the natural resources of the World Ocean, since they are the last planetary reserve of everything necessary to maintain biological life on the Earth. The classification of economic resources of the World Ocean has been developed and commented on in detail. The sources of their origin (hydrosphere, atmosphere, lithosphere and biosphere) are shown. People's needs that make them search, extract and process the resources are systematized. A great variety of raw materials necessary for the establishment and continuation of industrial production is considered. A comprehensive list of alternative energy and recreation possibilities is given. The article highlights the division of economic resources into renewable and non-renewable, as well as replaceable and irreplaceable ones.

**Keywords:** World Ocean; maritime economy; economic resources; classification of resources; sources of origin; resource demand; technologies for extracting resources.

**Аннотация.** Приведены аргументы в пользу рачительного использования человеком природных ресурсов Мирового океана, которые составляют последний планетарный резерв всего того, что необходимо для поддержания жизни на земле. Разработана и детально прокомментирована классификация экономических ресурсов Мирового океана. Продемонстрированы источники их происхождения: гидросфера, литосфера, биосфера, атмосфера. Систематизированы потребности людей, подталкивающие их к поиску, добыче и переработке ресурсов. Представлена широкая палитра сырья, необходимого для налаживания и продолжения промышленного производства. Составлен исчерпывающий перечень альтернативной энергетики и рекреаций, которыми богат Мировой океан. Подчеркнуто разделение экономических ресурсов на возобновляемые и невозобновляемые, а также те, которые могут быть заменены или являются уникальными.

**Ключевые слова:** Мировой океан; экономика моря; экономические ресурсы; классификация ресурсов; источники происхождения; потребности в ресурсах; технологии извлечения ресурсов.

**Анотація.** Наведено аргументи на користь дбайливого використання людиною природних ресурсів світового океану, які становлять останній планетарний резерв усього того, що необхідно для підтримки життя на землі. Розроблено і детально прокоментовано класифікацію економічних ресурсів Світового океану. Продемонстровано джерела їх походження: гідросферу, літосферу, біосферу, атмосферу. Систематизовано потреби людей, які підштовхують їх до пошуку, видобутку й переробки ресурсів. Представлено широку палітру сировини, потрібної для налагодження й продовження промислового виробництва. Складено вичерпний перелік альтернативної енергетики й рекреацій, якими багатий Світовий океан. Підкреслено поділ економічних ресурсів на поновлювані й непоновлювані, а також ті, які можуть бути замінені або є унікальними.

**Ключові слова:** Світовий океан; економіка моря; економічні ресурси; класифікація ресурсів; джерела походження; потреби в ресурсах; технології вилучення ресурсів.

### **References**

- [1] Ellis R. The Empty Ocean. Washington, Island Press, 2003. 384 p.
- [2] Ruth L. Gambling in the deep sea. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1369241/>

- [3] Lincoln D. Sense and Nonsense: The Environmental Impacts of Exploration on Marine Organisms Offshore Cape Breton. Available at: <http://www.sierraclub.ca/national/oil-and-gas-exploration/sense-and-nonsense.pdf>
- [4] Brander K. M. Global fish production and climate change. Available at: <http://www.pnas.org/content/104/50/19709.full>
- [5] Suparmoko M. The Role of the Ocean Economy in the National Income Accounts of Indonesia. *Journal of Ocean and Coastal Economics*, 2016, vol. 2. Available at: <http://cbe.miis.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1057&context=jocoe>
- [6] Kildowa J. T. The importance of estimating the contribution of the oceans to national economies. *Marine Policy*, 2010, vol. 34, issue 3, pp. 367–374.
- [7] Sukach M. *Problemy dobychi tverdykh poleznykh iskopanemykh so dna mirovogo okeana* [Problems of extraction of solid minerals from the bottom of the World Ocean]. *MOTROL*, 2012, vol. 14, no. 1, pp. 114–119.
- [8] United Nations Convention on the Law of the Sea. Available at: [http://www.un.org/depts/los/convention\\_agreements/texts/unclos/unclos\\_e.pdf](http://www.un.org/depts/los/convention_agreements/texts/unclos/unclos_e.pdf)
- [9] Gudev P. A. *Konventsiiya OON po morskomy pravu: problemy transformatsii rezhima* [The UN Convention on the Law of the Sea: problems of the transformation of the regime]. Moscow, IMEMO RAN Publ., 2014. 201 p.
- [10] Gorkin A. P. *Geografiya: sovremennaya illyustrirovannaya entsiklopediya* [Geography: Contemporary Illustrated Encyclopedia]. Moscow, Rosmen-Press Publ, 2006. 624 p.
- [11] Lederman D. *Natural Resources Neither Curse nor Destiny*. Washington, Stanford University Press, 2007. 369 p.
- [12] Lujala P. Classification of Natural Resources. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/228422462\\_Classification\\_of\\_natural\\_resources](https://www.researchgate.net/publication/228422462_Classification_of_natural_resources)
- [13] Near-record growth propels wind power into first place as America's largest renewable resource. American Wind Energy Association. Available at: <http://www.awea.org/MediaCenter/pressreleasev2.aspx?ItemNumber=9812>
- [14] Repnikov B. *Tovarovedeniye i biokhimiya pybnykh tovarov* [Commodity science and biochemistry of fish products]. Moscow, Dashov i Ko Publ., 2010. 146 p.
- [15] *Pryrodni resursy Svitovogo okeanu* [Natural Resources of the World Ocean]. Available at: [http://om.net.ua/1/1\\_10/1\\_109568\\_prirodnie-resursi-mirovogo-okeana.html](http://om.net.ua/1/1_10/1_109568_prirodnie-resursi-mirovogo-okeana.html)
- [16] *Okean: resursy i khozyaystvo* [Ocean: resources and economy]. Available at: <http://www.matrixplus.ru/oceanrh-025.htm>
- [17] Illegal fishing. Available at: <http://worldoceanreview.com/en/wor-2/fisheries/illegal-fishing/?ivt=1#ivt-146>
- [18] Campbell K. Over 40 minerals and metals contained in seawater, their extraction likely to increase in the future. Available at: [http://www.miningweekly.com/article/over-40-minerals-and-metals-contained-in-seawater-their-extraction-likely-to-increase-in-the-future-2016-04-01/rep\\_id:3650](http://www.miningweekly.com/article/over-40-minerals-and-metals-contained-in-seawater-their-extraction-likely-to-increase-in-the-future-2016-04-01/rep_id:3650)
- [19] *Korabli plyvut v budushcheye* [Ships sailing into the future]. Available at: <http://www.sudno1.ru/future.shtml>
- [20] UN-Water. Statistics. Available at: <http://www.unwater.org/statistics/statistics-detail/en/c/211827/>
- [21] *Shakhty v more* [Sea mines]. Available at: <http://www.x-mineral.ru/poleznye-iskopaemye/36-dobycha-poleznyx-iskopaemyx/175-shakhty-v-more.html>
- [22] Seawater Composition. Available at: <http://www.marinebio.net/marinescience/02ocean/swcomposition.htm>
- [23] *Ledniki Antarktiki i Arktiki kak potentsialnyye istochniki presnoy vody* [Glaciers of the Antarctica and Arctic as potential sources of fresh water]. Available at: <http://www.e-reading.club/chapter.php/127765/25/>
- [24] Sukhodolia O. M., Biehun S. V. *Perspektyvy ta problemy vydobuvannia metanu iz hazohidrativ v ukrainskomu sektori Chornoho moria* [Prospects and problems of methane extraction from gas hydrates in the Ukrainian sector of the Black Sea]. Available at: <http://www.niss.gov.ua/articles/1259/>
- [25] Massive sulphides in smoky depths. Available at: <http://worldoceanreview.com/en/wor-3-overview/mineral-resources/massive-sulphides/>
- [26] What is wave energy? Available at: <http://www.oceanenergycouncil.com/ocean-energy/wave-energy/>
- [27] Norway to Build World's First Osmotic Power Plant. Available at: <http://www.nextenergynews.com/news1/next-energy-news10.8c.html>

**Problem statement.** The events of the recent decades have been presenting more and more discouraging examples of gradual aggravation of the problems concerning provision of the resources required for preservation of humanity as a species. However, it does not seem fatal for the current generation, since the reserves of the World Ocean are abundant. On the one hand, there is still hope that humans have 200–300 years to go, however, more and more limiting overall consumption. On

**Постановка проблемы.** События, происходящие в мире в последние десятилетия, демонстрируют все больше и больше не слишком обнадеживающие примеры постепенного обострения проблем с обеспечением человечества всем тем, что ему необходимо для сохранения себя как вида на планете Земля. Для нынешнего поколения оно не выглядит фатальным, поскольку на будущее зарезервированы богатства Мирового океана. С одной стороны, это радует: есть надежда «продержаться» лет 200–300, всё более,

the other hand, we should know in advance what these reserves contain.

First, it is a matter of economy. It is *Homo sapiens* who can duly inspect and assess the existing resources.

Secondly, the results of the audit would help to understand the prospects better and plan the use of available natural capital rationally.

Thirdly, it would offer relevant arguments in the debate with businessmen, some of whom aspire to get everything and as soon as possible, ignoring the consequences.

Analysis of the economic retrospective in the fishing industry can serve as an illustration of how short-sighted such a “predatory” approach is. The innovative improvements of fishing gear, uncontrolled and thus irresponsible behavior of captains and their crews in extraterritorial waters (including illegal, unreported, unregulated fishing), poorly concealed state protectionism (for example, in the form of subsidizing fuel purchases) all have led to an alarming decrease in the population of a huge number of species of marine hydrobionts.

Alas, their extinction becomes almost inevitable. No wonder why R. Ellis, a researcher at the American Museum of Natural History (New York), has given quite an indicative title to one of his books — “Empty Ocean” [1]. It is surely a deliberate hyperbolization, but with an obvious reference to the looming catastrophe, which, however, can still be prevented.

**Recent research and publication analysis.** It is hard to recall any other scientific problem which would be considered in such a large number of publications. Studies of the ecological consequences of maritime economic activities occupy a special place among them [2, 3, 4]. Others are reviews of economic resources hidden in the depths of the World Ocean or the coastal waters of individual countries, as well as technologies for their extraction and subsequent processing [5, 6, 7]. Particular attention is paid to special features of the maritime economic activity in the context following the adoption of the UN Convention on the Law of the Sea [8, 9]. Besides, Ukraine joined it after the Verkhovna Rada had adopted the Law of Ukraine “On Ratification of the 1982 United Nations Convention on the Law of the Sea and the Agreement on the Implementation of Part XI of the United Nations Convention on the Law of the Sea 1982”, No. 728-XIV dated 03.06.99. A lot of profound proposals have been made for classification of natural resources, including ocean resources [10, 11].

**THE ARTICLE AIM** is to generalize the results of the studies that have been already conducted and supplement them with additional findings to obtain a complete picture of the economic resources of the World Ocean.

правда, ограничивая себя в потреблении. А с другой, — не будет лишним понять, что именно находится в «кладовой».

Во-первых, это элементарно по-хозяйски. Кому, как ни *Homo sapiens*, разумно проинспектировать и оценить наличествующие ресурсы.

Во-вторых, результаты соответствующего аудита позволили бы лучше осознать перспективу и более рационально планировать использование имеющегося природного капитала.

В-третьих, полезными окажутся веские аргументы в полемике с бизнесом, некоторым представителям которого, как известно из опыта, присуще стремление получить все «по максимуму» и немедленно. А там, хоть трава не расти!

О том, насколько не дальновиден такой хищнический подход, свидетельствует анализ экономической ретроспективы только лишь в рыбопромышленной сфере. Проводимые здесь инновационные усовершенствования орудий лова; бесконтрольное, а потому и безответственное поведение капитанов и руководимых ими команд в экстерриториальных водах (незаконный, несообщаемый, нерегулируемый промысел); плохо скрывааемый государственный протекционизм (в форме субсидирования закупок топлива, например) привели к тому, что огромное число видов морских гидробионтов опасно приблизились к роковому порогу численности. Их вымирание становится, увы, почти неизбежным. Стоит ли удивляться, что одну из своих книг Эллис Р. — научный сотрудник Американского музея естественной истории в Нью-Йорке — назвал весьма красноречиво: «Пустой океан» [1]. Умышленная гиперболизация, разумеется, но с очевидным намёком на зарождающуюся катастрофу, которую, однако, ещё можно предотвратить.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Сложно назвать какую-либо иную научную проблему, которой было бы посвящено столь значительное число публикаций. Особое место среди них занимают исследования экологических последствий морской хозяйственной деятельности [2–4]. Другие содержат обзоры экономических ресурсов, скрывааемых в толщах подводного мира планеты или прибрежных водах отдельных стран, технологий их извлечения и последующей переработки [5–7]. Значительное внимание уделяется особенностям морской хозяйственной деятельности в анализируемом контексте вслед за принятием Конвенции ООН по морскому праву<sup>1</sup> [8, 9]. Немало сделано и содержательных предложений относительно классификации природных ресурсов, включая океанические [10, 11].

<sup>1</sup>Наша страна присоединилась к ней после принятия Верховной Радой Закона Украины «Про ратифікацію Конвенції Організації Об'єднаних Націй з морського права 1982 р. та Угоди про імплементацію частини XI Конвенції Організації Об'єднаних Націй з морського права 1982 р.», № 728-XIV от 03.06.99 г.

**Basic material.** From the viewpoint of the systems approach, the economic resources of the World Ocean should be regarded as an integral part of the natural resources of the Earth. The latter are defined as the physical bodies and natural forces involved in the production of material goods and services due to the level of knowledge and skills that humans have developed. A schematic interpretation of the corresponding classification is shown in Fig. 1; it incorporates an entire variety of the existing approaches and points of view as for this subject matter.

Let us consider each of the classification groups in more detail. By sources of their origin, the resources are divided into the following groups (index 1):

a) biospheric resources are animals and plants used for industrial fishing, in mariculture and medicine;

b) atmospheric resources used for energy generation and sailing, less often in navigation; according to the American Wind Energy Association [13], the total capacity of wind generators in the US amounted to 82,000 MW in 2016, which is by 2,000 more than produced by the country's hydroelectric power stations, and this trend becomes peculiar to most of developed economies, such as those of the European Union countries or China;

c) hydrospheric resources are basically sea water itself; it is used in industrial production, agriculture, in households, in the development of recreation, transportation of goods and passengers; its dynamic properties are also useful for generating electrical energy;

d) lithospheric resources are minerals contained in the surface layer and beneath the seabed;

**ЦЕЛЬ СТАТЬИ.** Отдавая должное идеям наших предшественников, мы задались целью максимально возможно обобщить результаты выполненных ими исследований и, дополнив их собственными, получить целостное представление об «арсенале» экономических ресурсов Мирового океана.

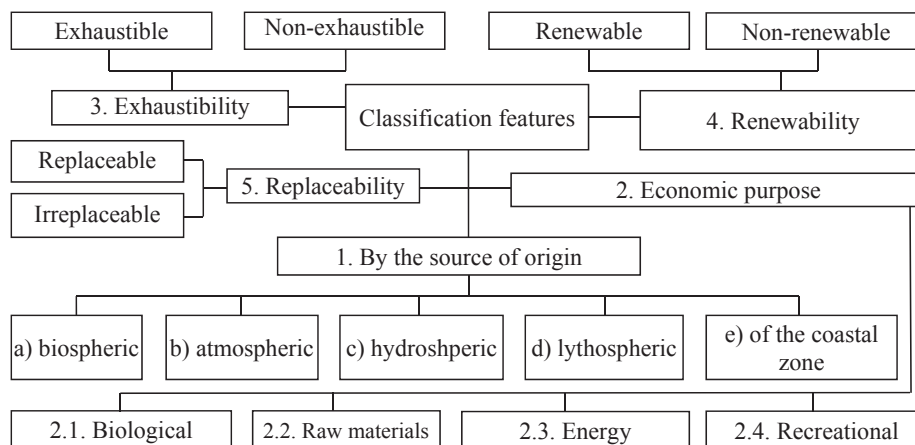
**Изложение основного материала.** С позиций системного подхода, их следует рассматривать как неотъемлемую составную часть природных ресурсов планеты — физических тел и естественных сил, которые при уровне знаний и умений, сложившихся на конкретный момент времени, вовлечены людьми в процессы производства материальных благ и предоставления услуг. Схематическая интерпретация соответствующей классификации, вобравшая в себя всё многообразие известных нам подходов и точек зрения, приведена на рис. 1.

Рассмотрим каждую из классификационных групп подробнее. Начнём этот экскурс с ресурсов, распределённых по источникам их происхождения (код 1):

a) гидросферные — морская вода, собственно. Она находит применение в промышленном производстве, сельском хозяйстве, в быту, для развития рекреаций, перевозки грузов и пассажиров. Её динамические свойства оказываются полезны для выработки электрической энергии;

b) биосферные — животные и растительные организмы, используемые для промышленного вылова, в марикультуре и медицинской практике;

в) литосферные — полезные ископаемые, которые содержатся в поверхностном слое и недрах морского дна;



**Fig. 1.** Classification of economic resources of the World Ocean

**Рис. 1.** Классификация экономических ресурсов Мирового океана

*Classification features* — классификационные признаки; *1. By the source of origin* — Источники происхождения; *a) biospheric* — биосферные; *b) atmospheric* — атмосферные; *c) hydrospheric* — гидросферные; *d) lithospheric* — литосферные; *e) of the coastal zone* — прибрежной зоны; *2. Economic purpose* — хозяйственное предназначение; *2.1. Biological* — биологическое; *2.2. Raw materials* — сырьевое; *2.3. Energy* — энергетическое; *2.4. Recreational* — рекреационное; *3. Exhaustibility* — исчерпаемость; *Exhaustible* — исчерпаемые; *Non-exhaustible* — неисчерпаемые; *4. Renewability* — возобновляемость; *Renewable* — возобновляемые; *Non-renewable* — невозобновляемые; *5. Replaceability* — заменимость; *Replaceable* — заменяемость; *Irreplaceable* — незаменимость.

e) resources of the coastal zone include beaches and territories where maritime economy enterprises (transport logistics, processing, recreational) are located. Here, the resource-forming factor is the coast length, and the shore properties include specific features of the land-water interaction, the width of the coastal zone, and the presence of beaches.

By their economic purpose (index 2), economic resources of the World Ocean are divided into the groups considered below.

2.1. Biological resources include marine animals and algae for which there exists a solvent consumer demand. Among the latter, such species as laminaria, fucus, spirulina, dulse, nori, and rhodymenia are the most popular due to their nutritional and medicinal properties. This demand concerns food products (60% of the total fish capture volume), recreation and entertainment (surface and underwater fishing), creation of decorative and museum aquaria, production of fish oil and fish flour (the latter is used for feeding artificially raised fish and domestic animals). Annually, an average of 80–90 million tons of various seafood is obtained from the ocean. Animal proteins in their structure account for 24% of the global protein production, surpassed only by dairy (43%) and meat (35%) products [14, p. 5].

It should be noted that there are two conflicting viewpoints in the assessment of the food resources of the ocean. As time goes by, supporters of the first viewpoint become less and less numbered. They are convinced that the natural capital is endless. Such optimism has led to numerous instances of fishing gear damaging the habitats of certain species of fish and other marine creatures, overfishing, and sometimes even extinction of whole biological species. One of grievous examples is the Steller's sea cow, which is considered to be completely extinct and is therefore included in the Black Book, the list of animal species that have disappeared from the Earth as a result of human activity. It is placed in the beginning of the Red Book, which contains information on endangered species.

A polar opposite viewpoint is a lot more pessimistic; it predicts a rapid reaching of the limit of economic overfishing, and not without reason. Moreover, some regions and even countries have few fishing facilities: the depletion of fish stocks is so intense that the capture ceases to be profitable. On the other hand, additional restrictions and requirements make it difficult to do business, increase its operating costs, and force fishermen to deal with the species that used to be considered unprofitable, low in quality, or even unfit for consumption. Furthermore, sometimes they push entrepreneurs to violation of international agreements and even poaching. As estimated by experts, the volume of the illegal market of fish

г) атмосферные, которые применяются в парусном спорте, реже — в мореплавании, а также трансформируются в электроэнергию. По данным American Wind Energy Association [13], в 2016 г. суммарная мощность ветровых генераторов в США равна 82 тыс. МВт. Это на две тысячи больше, чем вырабатывают гидроэлектростанции страны. Подобная тенденция становится характерной для большинства развитых экономик (Европейского Союза, Китая);

д) прибрежной зоны — пляжи и территории, на которых располагаются предприятия морехозяйствования (транспортной логистики, перерабатывающие, рекреационные). Ресурсообразующим фактором здесь выступает длина побережья, а параметрами и свойствами берега — специфика взаимодействия суши и воды, ширина береговой зоны, наличие пляжей.

С точки зрения хозяйственного предназначения (код 2) экономические ресурсы Мирового океана подразделяются на:

2.1. Биологические — морские животные и водоросли<sup>2</sup>, на которые сложился платежеспособный потребительский спрос. В частности, относительно продуктов питания (60% от общего вылова рыбы), отдыха и развлечения (надводная и подводная рыбалка), создания декоративных и музейных аквариумов, выработки рыбной муки (употребляется для откорма искусственно выращиваемых рыб, домашних животных) и рыбьего жира. Каждый год из океана извлекают в среднем 80–90 млн т различных морепродуктов. Животные белки в их структуре составляют 24% от их общемирового производства. По приведенному критерию их опережают лишь молочные (43%) и мясные (35%) продукты [14, с. 5].

Следует отметить, что в оценках пищевых ресурсов океана противостоят друг другу две полярные точки зрения. Сторонники первой (со временем их становится все меньше и меньше) убеждены, что человечество имеет дело с бесконечным природным потенциалом. Следствием такого, с позволения сказать, «оптимизма» оказалось разрушение орудиями лова среды некоторых видов рыб и других морских существ, их перелов, а иногда даже исчезновение как биологического вида. Один из таких печальных примеров — морская корова, которая считается истребленной полностью и поэтому занесена в «Чёрную книгу». Это — мрачный список видов животных, которые исчезли с лица земли в результате человеческой деятельности. Им открывается «Красная книга», где собрана информация о видах, находящихся под угрозой полного вымирания.

Диаметрально противоположный взгляд характеризуется преувеличением пессимизма в прогнозах быстрого достижения предела экономического пере-

<sup>2</sup>Самыми вкусными среди съедобных водорослей специалисты и настоящие гурманы считают ламинарию, фукус, спирулину, далс, нори, радимению. Об их пищевых и даже целебных свойствах слагают легенды. По-видимому, они того действительно стоят.

and other representatives of marine fauna lies within the range of 11 to 26 million tons [17].

In order to avoid extremes, it is important to assess the ocean's biological productivity at each of its trophic levels – food chain components and their terminal links, which form the basis of human consumption (Fig. 2). It primarily includes nekton (the specimens of marine fauna able to move rigorously in the water sometimes covering considerable distances, even upstream if necessary). Nekton comprises mammals, cephalopods (such as squids), fish and Malacostraca (shrimps constituting their majority). According to average estimates, the mass of nekton reaches one billion tons (50% of which is fish), and its annual productivity is 360 million tons [12].

The key task of the study just mentioned is to provide the most favorable prospect for the species diversity and preserve their ability for reproduction. The main challenge resides in the fact that food chains are subject to substantial negative impact of human beings, who should be truly interested in taking care of the natural ecosystem of the seas and oceans.

The raw material resources of the World Ocean are divided into the groups and subgroups systematized in Fig. 3. The raw materials primarily include sea water, which is basically a solution of about 60 elements of the periodic table. This is topped by organic, biogenic substances (those emerging as a result of decomposition of the remains of living organisms, but not yet fully mineralized) and gases (oxygen, nitrogen, hydrogen sulphide, argon, etc.). Table 1 presents those resources that have the highest concentration and thus pose interest from the standpoint of industrial extraction.

Она, конечно, не безоснователен. Скажем больше, отдельные регионы и даже страны страдают от дефицита промысловых объектов: истощение рыбных запасов происходит с такой интенсивностью, что вылов перестает быть рентабельным. Но, с другой стороны, дополнительные ограничения и требования затрудняют ведение бизнеса, увеличивают операционные расходы; заставляют рыбаков обращаться к видам, которые раньше считались убыточными, недостаточно качественными, даже непригодными к употреблению; подталкивают к нарушениям международных договорённостей, а то и откровенному браконьерству. По оценкам экспертов, объемы чёрного рынка рыбы и других представителей морской фауны колеблется в пределах от 11 до 26 млн т [17].

Для того чтобы не впасть в ту или иную крайность, важно оценить биологическую производительность океана на каждом из его трофических уровней (составляющих цепей питания) и их конечных колец, образующих фундамент потребления человека (рис. 2). К ним относится, главным образом, нектон — представители морской фауны, обладающие способностью интенсивно двигаться в воде, преодолевая подчас немалые расстояния, и, если понадобится, силу морского течения. Нектон формируют млекопитающие, головоногие моллюски (например, кальмары), рыбы и высшие раки (наиболее многочисленные из них – креветки). По усредненным оценкам, масса нектона достигает одного миллиарда тонн (из них 50% — рыба), а его годовая производительность равна 360 млн т [12].

Ключевой задачей исследования, о котором мы упомянули, является обеспечение максимально благоприятной перспективы всему многообразию видов и сохранение их способности к расширенному воспроизводству. Если нам, разумеется, не безразлично, что произойдет в будущем с идущими на смену

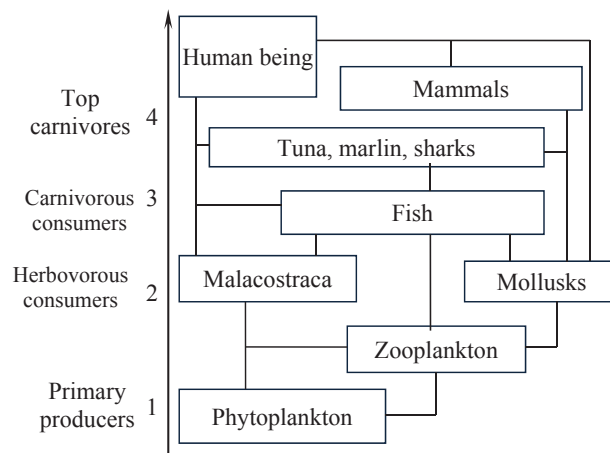


Fig. 2. Trophic structure of the World Ocean

Рис. 2. Трофические уровни Мирового океана

Primary producers — Исходные продукты; Herbivorous consumers — Травоядные; Carnivorous consumers — Хищники; Top carnivores — Крупные хищники; Phytoplankton — Фитопланктон; Zooplankton — Зоопланктон; Mollusks — Моллюски; Malacostraca — Высшие раки; Fish — Многообразие рыб; Tuna, marlin, sharks — Тунец, марлины, акулы; Mammals — Млекопитающие; Human being — Человек

This may be hard to believe, but the cost of all the substances contained in a cubic kilometer of water exceeds one billion US dollars [16]. Table salt, magnesium, uranium, and fresh water are produced from sea water. Let us consider the process in greater detail.

One third of the world consumption of table salt is obtained by evaporation from sea water with the use of solar energy. This results in an extremely low cost of the product. On average, the cubic kilometer of sea water contains 26 million tons of salt [18]. Its applications are diverse: cooking, production of hydrochloric acid, glass, soap, and paper, as well as metallurgy, cleaning of fats, and prevention of black ice formation on roads and sidewalks in the winter. This totals in more than 14 thousand methods of table salt application.

In 2015, the US extracted 63% of the total production of magnesium from sea water. It comes as no surprise, as a cubic kilometer of sea water contains more than a million tons of magnesium compounds [18]. Alloyed with aluminum, it is used in aircraft and missile construction, as well as shipbuilding. Besides, the metal is employed in ferrous and non-ferrous metallurgy, pharmaceuticals, light industry, and agriculture.

The uranium reserves in sea water make up about 4.5 billion tons. However, its concentration is very low, reaching only 3.3 mg per cubic meter. Various mining methods are patented in many countries (particularly Japan and the US), and they are being continuously improved. These methods are still rather laborious and expensive: a kilogram of uranium extracted from the

поколениями землян. Как выясняется, решить её — дело отнюдь не элементарное. А главная причина заключается в том, что цепи питания подвергаются существенным негативным воздействиям со стороны... (кто бы мог подумать!) человека — существа, которое, казалось бы, больше чем кто бы то ни было заинтересован в бережном отношении к природной экосистеме морей и океанов.

2.2. Сырьевые ресурсы Мирового океана делятся на группы и подгруппы, которые систематизированы на рис. 3. Как видим, речь идет, во-первых, об обычной морской воде, в которой, между тем, растворено около 60 элементов периодической таблицы Д. Менделеева. А сверх того — органические, биогенные вещества (те, которые возникли в результате разложения останков организмов, но еще не достигли полной минерализации), газы (кислород, азот, сероводород, аргон и т. д.). Те из них, что имеют самую высокую концентрацию, а потому уже сегодня интересны с точки зрения промышленной добычи, приведены в табл. 1.

В это, может быть, трудно поверить, но стоимость всех веществ, содержащихся в кубическом километре воды, превышает один миллиард долларов США [17]. Из нее извлекают:

а) поваренную соль (треть мирового потребления). Добывается методом выпаривания с использованием солнечной энергии. Результат — чрезвычайно низкая себестоимость продукта. В среднем кубический километр морской воды содержит 26 млн т соли [18]. Как только ее не используют: и во время приготовления пищи; и для производства соляной кислоты, стекла, мыла, бумаги; в металлургии; для очистки жиров; для борьбы со льдом на дорогах и тротуарах

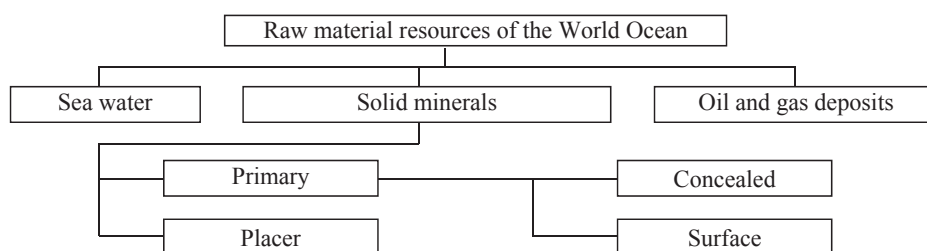


Fig. 3. Raw material resources of the World Ocean

Рис. 3. Сырьевые ресурсы Мирового океана

*Raw material resources of the World Ocean* — Сырьевые ресурсы Мирового океана; *Sea water* — морская вода; *Solid minerals* — твердые полезные ископаемые; *Oil and gas deposits* — залежи нефти и газа; *Primary* — коренные; *Placer* — россыпные; *Concealed* — погребенные; *Surface* — поверхностные

Table 1. Concentration of some chemical elements (their compounds) in the World Ocean [22]

Таблица 1. Концентрация некоторых химических элементов (их соединений) в Мировом океане [22]

Name / Наименование	g/kg	Name / Наименование	g/kg
<i>Chlorides</i> / Хлориды	19.345	<i>Hydrocarbonates</i> / Гидрокарбонаты	0.145
<i>Sodium</i> / Натрий	10.752	<i>Bromides</i> / Бромиды	0.066
<i>Sulphates</i> / Сульфаты	2.701	<i>Boric acid</i> / Борная кислота	0.027
<i>Magnesium</i> / Магний	1.295	<i>Strontium</i> / Стронций	0.013
<i>Calcium</i> / Кальций	0.416	<i>Fluorides</i> / Фториды	0.001
<i>Potassium</i> / Калий	0.390	<i>Other</i> / Другие	< 0.001

ocean costs \$660, while its market value is \$264. However, reaching a competitive price is not such a distant prospect, especially taking into account the economic, the military and political, and the technological factors. Back in the days, there was a report on a Swedish project of a floating uranium-producing plant with the productivity of 600 tons per year. It was supposed to be set on 22 reinforced concrete pontoons. The entire structure was planned to have the dimensions of 860×825 m and the displacement of 5–6 million tons [19].

The final consideration here is fresh water production. The increase in the world population and corresponding water consumption rate on behalf of agriculture, industry, and households all have shaped the problem of water scarcity. By 2050, the demand for water will have increased by 55% worldwide. The World Ocean is intended to play a great role in the problem's solution. According to the UN, more than 16 thousand desalination plants with the total capacity of 70 million m<sup>3</sup> per day have already been installed in the world [20]. Most of them account for the countries of the Middle East and the EU, as well as Australia and the US. This is explained by the fact that desalinated sea water is quite an expensive commodity and not everyone can afford it.

The continental and shelf ice of Antarctica and the Arctic represent substantial reserves of water suitable for consumption (about 24 million km<sup>3</sup>). About 2,400 km<sup>3</sup> of fresh water enters the ocean with icebergs [23]. Yet, these reserves are untouchable for the humanity thus far. One of the reasons is that the problem of transporting free-floating blocks of ice to the point of end-use remains unresolved, since they melt very quickly and the water loses its cost-related competitive capacity as it approaches the consumer.

Deposits of solid minerals make up the second group of raw material resources of the World Ocean. They are divided into two major classes.

1. Primary rocks occur in the places of their formation. In turn, they comprise:

a) concealed deposits, which are extracted from underneath the seabed by means of about a hundred underwater mines connected to the coast, natural and man-made islands created specifically for the extraction of minerals (limestone, tin, mercury, iron, copper-nickel ores); for example, coal development using modern technologies is considered profitable if the mines are located no further than 25 km away from the coast, the total cost of the deposits makes up at least \$100 million, and its price is within \$30–40 per ton [21];

b) surface minerals covering the oceanic bed, mainly red clay; the area of the deposits exceeds 100 million km<sup>2</sup> with their thickness occasionally reaching 200 m, and these colossal reserves rich in aluminum

зимой (в итоге — более 14 тыс. способов применения);

б) магний. В 2015 г. Соединённые Штаты Америки извлекли из морской воды 63% от общего объёма производства этого металла. Это не удивительно: в каждом её кубическом километре — более миллиона тонн соединений магния [18]. Только в сплаве с алюминием его применяют в самолето-, ракето- и судостроении. Кроме того — в черной и цветной металлургии, фармацевтике, легкой промышленности, сельском хозяйстве;

в) уран. Его запасы в морской воде составляют около 4,5 млрд т. Однако в очень незначительной концентрации (3,3 мг на один кубический метр). Во многих странах (в частности, в Японии, США) запатентованы различные способы добычи, которые непрерывно совершенствуются. Пока они все еще относительно трудоемки и дороги: килограмм урана, добытого из океана, обходится 660 долл. (при рыночной стоимости 264 долл.). Но, как видим, до достижения конкурентоспособной цены (особенно учитывая экономические, военно-политические и технологические факторы) остаётся не так уж и далеко. В свое время сообщалось о разработке в Швеции проекта плавучего завода по добыче урана с производительностью 600 т в год. Его планировали разместить на 22 железобетонных понтонах. Все сооружение имело размеры в плане 860×825 м и водоизмещение 5–6 млн. т. [19];

г) пресную воду. Увеличение населения Земли, соответствующее потребление пресной воды сельским хозяйством, промышленностью, домохозяйствами создали проблему её дефицита (до 2050 г. потребность в пресной воде на планете возрастёт на 55%). В её решении все большую роль предстоит играть Мировому океану. По сведениям ООН, в мире уже установлено более 16 тыс. опреснительных установок общей мощностью 70 млн м<sup>3</sup> в сутки [20]. Большая их часть приходится на страны Ближнего Востока, Австралию, США и ЕС. В этом нет ничего удивительного: опреснённая морская вода — достаточно дорогое удовольствие и позволить его себе может далеко не каждый.

Значительные ресурсы воды, пригодной для употребления, содержат материковый и шельфовый лед Антарктиды и Арктики (около 24 млн км<sup>3</sup>). С айсбергами в океан поступает около 2400 км<sup>3</sup> пресной воды [23]. Между тем, пока это — неприкосновенный резерв человечества. Ещё и потому, между прочим, что остается нерешённой задача транспортировки свободно плавающих массивов льда к месту использования — айсберги очень быстро тают и вода по мере приближения к потребителю теряет конкурентную способность по критерию её цены.

Залежи твердых полезных ископаемых — вторая группа сырьевых ресурсов Мирового океана. Их подразделяют на:

а) коренные, которые встречаются в местах первичного залегания. Они, в свою очередь, состоят из:



oxide (15–20%), iron oxide (13%), manganese, copper, nickel, vanadium, cobalt, and lead increase annually by 500 million tons [16].

2. Placer deposits are formed as a result of sedimentation of various materials from the river flow in the shallow marine areas near river mouths. The greatest importance has been acquired by the deposits of building materials (gravel, sand, clay, shell rock) and metal-containing minerals. Placers are a source of 100% zirconium and rutile, 80% of ilmenite and more than 40% of tin ore sold on the world markets. The ocean is a source for 10% of the world's tin mining. Titanomagnetite and magnetite ores become the feedstock for the production of titanium and hafnium, which are used in nuclear power engineering, electronic engineering, as well as in the production of high-melting and heat-resistant alloys.

Africa's southwestern coast abounds with diamond-bearing sands, which account for 5% of the world's diamond production. The gemstone is found along the coasts of Alaska and California, Egypt, Panama, Turkey, and Chile. In the US, the seabed is the source of 90% of platinum. Amber — the raw material for chemical industry, pharmaceuticals and jewelry business — is found on the shores of the Barents, Baltic and North Seas.

The deep-water areas of the World Ocean contain considerable amounts of such mineral resources as manganese, cobalt, and massive sulphides.

Manganese nodules are basically sediments of the substances dissolved in water located on a particular substrate. Ranging in size within a few centimeters, they cover huge areas of the bottom of the Pacific and Indian oceans starting from the depth of 3,500 m. These nodules contain manganese (by 4,000 times more than on land), iron (by four times), copper (by 150 times), nickel (by 1,500 times), cobalt (by 5,000 times), molybdenum, zinc, lithium and so on, totaling at about 30 elements. Their total weight exceeds 60 billion tons.

Cobalt crusts are the layers of the minerals dissolved in sea water formed on the slopes of seamounts and ridges. Their thickness varies from a few millimeters to 25 centimeters. The crusts mainly contain manganese, iron, and cobalt, with nickel, platinum and rare earth elements represented in smaller volumes. Most of cobalt crusts occur in the western part of the Pacific Ocean at depths ranging from 400 meters to 4 kilometers within the exclusive economic zones of such island states as Kiribati, the Marshall Islands, the Federated States of Micronesia, Samoa, and Tuvalu, especially plenty in the so-called Prime Crust Zone. The International Maritime Organization has developed a special system of rules for the open ocean research, which is crucial for future establishment of the impact of the cobalt crust extraction on both deep-sea creatures and humans, as well as the fishing industry.

– погребённых, которые добывают из недр морского дна. Насчитывают около ста подводных рудников и шахт, которые берут своё начало с берегов; природных и рукотворных островов, созданных специально для добычи полезных ископаемых (известняка, олова, ртути, железной, медно-никелевых руд). Угольные разработки, например, при современных технологиях рентабельны, если шахты удалены от берега на расстояние не более 25 км, общая стоимость запасов — не менее 100 млн долл., [21] а цена — в пределах 30–40 долл. за тонну;

– поверхностных, которые покрывают океаническое ложе. Среди них – красные глины. Площадь залежей превышает 100 млн км<sup>2</sup> с мощностью местами до 200 м. Эти колоссальные запасы ежегодно увеличиваются на 500 млн т. Они богаты окисью алюминия (15–20%), окисью железа (13%), марганцем, медью, никелем, ванадием, кобальтом, свинцом [16];

б) россыпные, появление которых объясняется речными выносами различных материалов на морское мелководье вблизи мест впадения. Наибольшее значение приобрели месторождения строительных материалов (гравия, песка, глины, ракушечника), металлоносных минералов. Россыпи — источник 100% циркония и рутила, 80% ильменита и более 40% оловянной руды, которые продаются на мировых рынках. Океан — источник 10% мировой добычи олова. Из титаномagnetитовых и магнетитовых руд получают, еще и титан, гафний, которые используются в ядерной энергетике, электронной технике, при производстве сплавов — тугоплавких и жаропрочных.

Юго-западное побережье Африки изобилует алмазоносными песками. Из них извлекают пять процентов от объема мировой добычи самого популярного из всех известных драгоценных камней. Находят их и вдоль берегов Аляски и Калифорнии, Египта, Панамы, Турции, Чили. В США морское дно — источник 90% платины. Янтарь — исходное сырье для химической промышленности, фармацевтики и ювелирного бизнеса — находят на берегах Баренцева, Балтийского и Северного морей.

Значительные по объему минеральные ресурсы залегают в глубоководных районах океана:

а) марганцевые конкреции — осадки на неком субстрате растворённых в воде веществ. По размеру напоминают картофелину или небольшую головку капусты и покрывают огромные участки дна Тихого и Индийского океанов, начиная с глубин в 3,5 тыс. м. Включают в себя марганец (в четыре тысячи раз больше чем на земле), железо (в четыре раза), медь (в 150 раз), никель (в 1,5 тыс. раз), кобальт (в пять тысяч раз), молибден, цинк, литий... Совокупно — около 30 элементов. Их общий вес превышает 60 млрд. т.;

в) кобальтовые корки — наслоения растворённых в воде минералов толщиной от нескольких миллиметров до 25 см, образуемые на склонах подводных гор и хребтов. Они содержат, главным образом, марганец, железо, кобальт, в меньших

Massive sulphides comprise iron sulphide, copper sulfide, zinc sulfide, silver sulfide, and gold sulphide. In the eastern part of the Bismarck Sea near Papua New Guinea, the concentration of gold in them is 15 g/ton, while that of silver is 100-300 g/ton with the maximum of 642 g/ton [25].

At present, offshore oil and gas production is quite common. The respective deposits have been discovered in the coastal regions of 50 countries, and half of them have launched extraction. Exploratory drilling is carried out at the depth of 2500 m, and operational works are performed starting from the depth of 1000 m. A specialized fleet (3,500 vessels) and a squadron of 2,000 helicopters are at the disposal of the drilling business. More than 10,000 oil drilling platforms have been built only with the effort of private enterprises. There is a rapidly growing network of large-capacity underwater oil storages and pipelines with the total length close to 60,000 km.

In the aspiration to improve the efficiency of transport operations, gas processing plants are being built directly in the open sea on artificial islands. To evacuate liquefied feedstock from them, Shell has signed contracts for the development and construction of the world's largest specialized vessel. Its length will make up 468 m, while the width will be 74 m. The project cost is the range of four to five billion dollars.

Great opportunities are associated with gas hydrate deposits on the seabed surface and in the near-bottom silts of the abyssal basins. Gas hydrates are molecular compounds of gas (most often methane) with water, mostly having the form similar to ice. They lie at depths of more than 250 m where the temperature does not exceed 4 °C, and the pressure is not less than 20 atm. Such conditions ensure their thermostatic equilibrium. The world's reserves of gas hydrates make up about 250 trillion m<sup>3</sup>, and 98% of them are concentrated in the World Ocean. At that, one m<sup>3</sup> of the hydrate contains 200 m<sup>3</sup> of gas [24]. This fact is especially impressive and promising for the countries that have to cover the domestic gas demand through import, and Ukraine is one of them.

2.3 The diagram shown in Fig. 4 provides insight to the energy resources of the World Ocean.

Wave installations (offshore or coastal) are composed of two circuits. The primary circuit perceives the energy of waves and transmits it to the working medium (gas or liquid), while the secondary circuit converts the received energy into electrical energy. Air and hydraulic turbines, hydraulic motors, piezoelectric and electric generators, and induction electric machines can all be used as energy converters.

объёмах — никель, платину и редкоземельные элементы. Большая часть кобальтовых корок встречается в западной части Тихого океана, на глубинах от 400 м до 4 км, в пределах исключительных экономических зон некоторых островных государств: Кирибати, Маршалловы Острова, Федеративные штаты Микронезии, Самоа, Тувалу (особенно изобилует ими так называемая Prime Crust Zone). Особая система правил разработана Международной морской организацией для исследований в открытом океане. Потребность в них чрезвычайна, ибо пока не ясно как добыча кобальтовых корок отразится на глубоководных обитателях, рыбной ловле и, как следствие, на людях;

в) полиметаллические сульфиды (в англоязычной интерпретации – massive sulphides) с такими компонентами, кроме прочего, как сульфид железа, сульфид меди, сульфид цинка, сульфид серебра и сульфид золота. В восточной части моря Бисмарка возле Папуа-Новая Гвинея концентрация благородных металлов в них такова: золота — 15 гр., серебра — 100–300 г. (максимально — 642 гр.) на тонну [24].

Вряд ли кого-то можно удивить в наше время оффшорной добычей нефти и газа. Их морские залежи выявлены в прибрежных районах 50 стран. Половина из них ведет добычу. И если разведочное бурение выполняют на глубине 2500 м, то эксплуатационные работы осуществляют с отметки 1000 м. В распоряжении добытчиков специализированный флот (3,5 тыс. судов) и эскадрилья из двух тысяч вертолетов. Усилиями бизнеса построено только нефтяных платформ более 10 тыс. Быстро наращивается сеть мощных подводных нефтехранилищ, трубопроводов, длина которых приближается к 60 тыс. км.

Стремясь повысить эффективность транспортных операций, газоперерабатывающие заводы сооружают непосредственно в море на искусственных островах. Для эвакуации с них сжиженного сырья Компания «Shell», например, подписала контракты на разработку и строительство самого большого в мире специализированного судна. Его длина составит 468 м, ширина — 74 м. Стоимость проекта — от четырех до пяти миллиардов долларов.

Большие перспективы связывают с газогидратными залежами на поверхности дна и в илистом придонном грунте глубоководных котловин. Газогидраты – это молекулярные соединения газа (чаще всего, метана) с водой, преимущественно представленные массой, похожей на обычный лёд. Они залегают на глубинах более четверти километра где температура не превышает 4 °C, а давление не меньше 20 ат. В таких условиях обеспечивается их термостатическое равновесие. Запасы газогидратов на планете составляют около 250 трлн м<sup>3</sup> из них 98% сосредоточено в Мировом океане. В одном кубический метр гидрата содержится 200 м<sup>3</sup> газа [24]. Этот факт выглядит особенно захватывающим для стран, которые вынуждены покрывать внутренние потребности за счёт импорта. Украина — среди них.

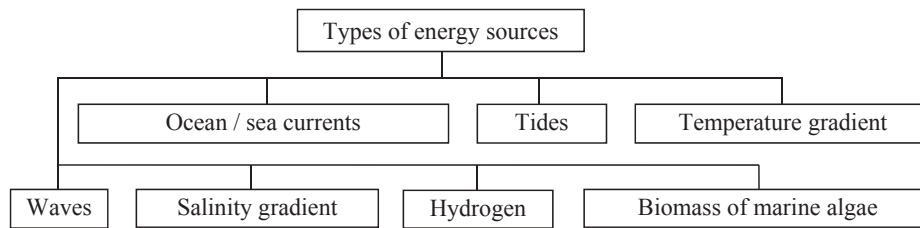


Fig. 4. Energy sources of the World Ocean

Рис. 4. Источники энергии в Мировом океане

*Types of energy sources* — виды источников; *Ocean / sea currents* — океанические (морские) течения; *Tides* — приливы; *Temperature gradient* — температурный градиент; *Waves* — волны; *Salinity gradient* — градиент соленности; *Hydrogen* — водород; *Biomass of marine algae* — биомасса морских водорослей

The UK, the US, China, Japan, and Sweden conduct the scientific and technical research to increase the coefficient of efficiency of such installations. Stable performance of wave power generation is estimated to be 1,700 TWh per year (1 TW = 1012 W). This is sufficient to meet 10% of the global energy demand. Despite the fact that wave power is still inferior in its economic positions to wind and solar power, its potential is even greater. There are several reasons beyond that. First, waves possess more kinetic energy than the wind, particularly because water is by 850 times denser than air. This enables creation of generators with much smaller dimensions at equal productivity; they do not require large areas of land and vast expenses for the production infrastructure. The generators can be integrated into hydraulic facilities in ports (breakwaters), city waterfronts, and offshore platforms, supplying nearby consumers (inhabitants of island and coastal settlements, as well as drilling platforms and recreational complexes) with electricity wherever they need it. Another reason for the feasibility of wave power production is that the energy of sea and ocean waves is non-intermittent (available during any season and time of the day). In addition, waves cover large distances without substantial energy losses. This stability and predictability reduces the risks of investment projects [26].

Most technologies employing the energy of sea currents (the Gulf Stream being no exception) are based on the operation of impellers with a vertical or horizontal rotation axis, which are immersed in the flow of water. This sphere of marine energy engineering is the least explored one. This is partly due to a number of engineering problems, namely, anti-corrosion protection and reliability of the equipment with account for the aggressive environment where it operates unattended for a long time. Nevertheless, the US and Scotland have already performed tests of the first underwater turbines, which turned out to be a success.

2.3. Представление об энергетических ресурсах Мирового океана можно получить из схемы, приведенной на рис. 4.

Волновые установки (оффшорные или береговые) складываются из двух контуров:

первичного — извлекает энергию волн и передает её рабочему органу (газу или жидкости);

вторичного — превращает полученную энергию в электрическую. В качестве преобразователей энергии служат воздушные и гидравлические турбины, гидромоторы, пьезоэлектрические и электрогенераторы, индукционные электрические машины.

В Великобритании, Китае, США, Японии, Швеции проводят научно-технические исследования с целью повышения коэффициента полезного действия таких установок. Стабильная производительность волновой энергетики оценивается в 1,700 ТВтч<sup>3</sup> в год. Этого достаточно, чтобы удовлетворить 10% глобальных энергетических потребностей. Несмотря на то, что волновая энергетика всё ещё уступает экономические позиции ветровой и солнечной, её потенциал сравнительно выше. И вот по каким причинам [26]:

волны содержат больше кинетической энергии, нежели ветер (потому, в частности, что вода в 850 раз плотнее воздуха). Это позволяет создавать генерирующие устройства равной производительности значительно меньших размеров, не требующих значительных земельных участков и затрат на производственную инфраструктуру. Они могут интегрироваться в гидротехнические сооружения портов (волнорезы), городских набережных, морских платформ, снабжая близлежащих потребителей (жителей островных и прибрежных поселений, буровые платформы, рекреационные комплексы) электричеством там, где в нём нуждаются;

энергия морских и океанических волн непрерывна (всесезонная и круглосуточная);

волны преодолевают большие расстояния без существенных потерь энергии. Эта устойчивость и предсказуемость снижает риски инвестиционных проектов.

Большинство технологий по использованию энергии морских течений (Гольфстрим — не исклю-

<sup>3</sup>Один ТВт (терават) равен 10<sup>12</sup> Вт.

The use of kinetic energy of tides has reached a commercial scale. One of the technological methods consists in fencing off the sea bay where high tides occur with a barrage. The structure of this hydraulic facility includes tunnels with turbines installed inside them. Forward and backward water flow generates electricity. At a favorable tide rise (from 10–15 m), such a power plant has an economic efficiency comparable to river hydroelectric power plants. Industrial designs of tidal barrages have been built and tested in France, Russia, Canada, and China. The barrage constructed in South Korea is the world's largest one at the moment.

The use of temperature gradients in the surface and deep layers of sea water implies the minimum amplitude of 25 °C. There are three types of technological systems [26]: those with a closed cycle, an open cycle, and hybrid ones.

The systems with a closed cycle use the warm surface ocean water to convert the working fluid (ammonia) into steam, as it has a low boiling point. The steam rotates the turbine, and the latter activates the electricity generator. Cold water (from the depth of 100 m) condenses the steam into a liquid and the process is repeated.

In the systems with an open cycle, surface sea water is placed in a low-pressure container and boiled. The resulting steam drives the turbine, which in turn launches the electricity generator. Cold water performs a function similar to the one described above.

Hybrid systems pump warm water from the sea surface through the heat exchanger into the vacuum chamber. There, it is converted into steam, which also evaporates the ammonia. Then the turbine and the generator come into operation.

Experimental facilities are being tested in Japan, France, the US and the UK. The main obstacles to the widespread use of appropriate technologies are their significant capital intensity, which impedes the entrepreneurial initiative, and favorable natural conditions present only in tropical coastal waters.

Energy conversion is associated with the use of membrane (osmotic) technologies when working with salt and fresh water. The salt content makes the molecules of sea water larger than the molecules of fresh water. Thus, if reservoirs with sea and fresh water are separated by means of a membrane allowing only molecules of fresh water to pass through, sea water molecules draw them in, creating elevated pressure in the respective reservoir. This effect is used to activate the turbine, which rotates the electricity generator. Since 1979, the US, Japan, and Israel have been conducting scientific developments in

чение) основано на работе лопастных рабочих колес с вертикальной или горизонтальной осью вращения, погруженных в поток воды. Эта область морской энергетики наименее исследована, в том числе из-за ряда инженерных проблем: антикоррозионной защиты оборудования, его надежности с учетом агрессивной среды, в которой оно без присмотра человека находится в течение длительного времени. И, тем не менее, США и Шотландия уже протестировали (и не без успеха) первые подводные турбины.

Приливы. Применение их кинетической энергии достигло коммерческих масштабов. Один из технологических приемов состоит в том, что морской залив, где наблюдаются высокие приливы, отгораживают дамбой. В этом гидротехническом сооружении оставляют проходы с установленными там турбинами. Движение воды в прямом и обратном направлении генерирует электроэнергию. При благоприятной высоте прилива (от 10–15 м) такая электростанция имеет экономическую эффективность, сравнимую с речными ГЭС. Промышленные образцы построены и испытаны во Франции, России, Канаде, Китае. А та, что воздвигнута в Южной Корее, на данный момент является крупнейшей в мире.

Использование амплитуды температур (минимально — 25°C) в по-поверхностных и глубинных слоях морской воды. Разработаны три типа технологических систем [26]:

с замкнутым циклом. Берут теплую поверхностную воду океана для превращения в пар рабочей жидкости (аммиака), которая имеет низкую точку кипения. Пар вращает турбину, а она, в свою очередь, активирует генератор, вырабатывающий электроэнергию. Холодная вода (с глубины от 100 м.) конденсирует пар в жидкость и процесс повторяется;

с открытым циклом. Поверхностная морская вода помещается в контейнер с низким давлением и кипит. Образующийся пар приводит в движение турбину. Та — генератор и, как результат, получаем желаемую электроэнергию. Холодная вода выполняет миссию, аналогичную предыдущей;

гибридные системы. Теплую воду с поверхности моря закачивают через теплообменник в вакуумную камеру. Там её превращают в пар, который, в свою очередь, известным уже образом воздействует на аммиак. Далее вступают в действие турбина и генератор.

Экспериментальные установки испытывают в Японии, США, Франции, Великобритании. Главными препятствиями для широкого применения соответствующих технологий являются: во-первых, их существенная капиталоемкость, которая тормозит предпринимательскую инициативу; во-вторых, благоприятные природные условия существуют только в тропических прибрежных водах.

Преобразование энергии связано с использованием мембранных (осмотических) технологий для работы с соленой и пресной водой. Дело в том, что содержание соли, делает молекулы морской воды большими по сравнению с молекулами пресной

this sphere. In 2009, the world's first osmotic power plant began operating on the fjord of Oslo (Norway). The global technical potential of osmotic power production is estimated at 1,600 TWh, including about 200 TWh accounting for Europe [27].

Hydrogen is another possible substitute for liquid fuel and natural gas. Many countries of the world are working on the development of plants for hydrogen production from sea water. Thermonuclear fusion with the use of deuterium-heavy hydrogen is a virtually inexhaustible source of energy. The deuterium contained in one liter of water provides as much energy as 120 liters of gasoline.

When talking about ocean bioenergetics, we should also mention brown seaweed. It naturally grows by 30–60 cm per day, in total reaching a length of up to 60 m. Its green mass is recognized as a potential source of methane, biobutanol, bioethanol, and biodiesel.

The use of renewable energy in the Black and Azov Seas can be quite beneficial for Ukraine, since it:

- activates and even revives shipbuilding (the enterprises diversify their production program fulfilling the orders of government and business, particularly by building vessels for an offshore fleet);
- enhances the state's energy independence, reducing the need to import oil, gas, and coal irrespective of the entity which delivers them;
- allows employing the scarce land lots in a more rational way, moving wind generators to the shelf;
- provides new employment opportunities in the innovative form of economic activity;
- diverts investment flows from the construction of facilities extracting environmentally hazardous oil and gas and makes these types of fuel literally lose their importance for civilized countries;
- is not accompanied by heat release, thus reducing the greenhouse effect.

In this context, it is difficult to overestimate the potential of the research specializing in marine energy engineering. Its coordination and funding should be managed by the state maritime administration; its creation in Ukraine is more relevant than ever.

2.4. Realization of the potential of recreational resources for people's relaxation and recovery of their health depends on the attractiveness of the sea and ocean shores. It is conditioned by convenience of their location, their accessibility, and climatic features. The uniqueness of entertaining, historical, cultural, and natural objects, events and phenomena is also essential. For example, the French island Mont Saint-Michel is well-known all over the world and attracts a lot of tourists with the tides oc-

воды. По этой причине, если резервуары с морской и пресной водой разделить мембраной, которая будет пропускать только молекулы пресной воды, молекулы морской воды будут втягивать их, создавая в своем резервуаре повышенное давление. Этот эффект учитывают для активизации турбины, вращающей электрогенератор. С 1979 г. США, Япония, Израиль ведут научные разработки в этой области. А в 2009 г. на фьорде Осло (Норвегия) начала работать первая в мире осмотическая электростанция. Глобальный технический потенциал осмотического производства электроэнергии оценивается в 1600 ТВтч, в том числе, около 200 ТВтч — в Европе [27].

Водород — еще один вероятный заменитель жидкого топлива и природного газа. Во многих странах мира работают над созданием установок по производству водорода из морской воды. Практически неисчерпаемым источником энергии является термоядерный синтез с применением дейтерия — тяжелого водорода. Количество дейтерия в одном литр воды, содержит столько же энергии, сколько 120 л бензина.

Когда говорят об океанической биоэнергетике, речь идет и о бурых водорослях, которые в природных условиях растут на 30–60 сантиметров в день, достигая длины до 60 м. Их зеленая масса признана потенциальным источником получения метана, биобутанола, биоэтанола и биодизеля.

Использование возобновляемой энергетики Чёрного и Азовского морей может быть полезным и для Украины, поскольку:

- активизирует (а в нашем случае — возрождает) судостроение, предприятия которого, выполняя заказ правительства и бизнеса, диверсифицируют производственную программу. В том числе, строя судна для оффшорного флота;
- укрепляет ее энергетическую независимость, уменьшая потребность в импорте нефти, газа, угля, которые в последнее время стал настоящей притчей во языцех. Причем, безотносительно к тому, кто их поставляет;
- резервирует, благодаря размещению ветровых генераторов на шельфе, дефицитные земельные участки для применения по более рациональному назначению;
- создает новые рабочие места в инновационном виде хозяйственной деятельности;
- отвлекает инвестиционные потоки от создания мощностей по добыче экологически опасных нефти и газа, которые буквально на глазах теряют свое значение для цивилизованных стран;
- не сопровождается выделением тепла в окружающую среду, уменьшая парниковый эффект.

Трудно переоценить в этом контексте исследования потенциала морской энергетики. Их координацией и финансированием должна заниматься государственная морская администрация, создание которой в Украине как никогда актуально.

2.4. Рекреационные ресурсы. Реализация их потенциала для отдыха и восстановления здоровья лю-

curing there. Undoubtedly, the level of hotel, restaurant and tourist service is important as well, as is the development of sea sports and fishing.

Returning to the classification presented in Fig. 1, let us consider economic reserves of the World Ocean from the viewpoint of their exhaustibility (index 3). The resources are regarded as exhaustible if their volume is reduced in the course of their extraction and can be completely eliminated. Typical examples are oil, gas, coal, uranium, and biological resources. In contrast, the resources are called inexhaustible if their volumes remain stable (although fluctuating within certain limits), regardless of how humans handle them in order to meet their ever growing needs. The examples include the wind, sea currents, and solar energy.

The next criterion of classification is renewability (index 4). There are non-renewable and renewable resources. The former are restored at a rate exceeded by the dynamics with which the mankind is currently consuming them. Meanwhile, the latter are restored with the course of natural processes and are characterized by a positive correlation between annual production and consumption. The examples include tides, waves, and the wind.

Finally, let us consider the interchangeability of economic resources (index 5). According to this criterion, they fall into replaceable (having an alternative) and irreplaceable ones. For example, the technology of coal, oil and gas combustion is presently being replaced with some fundamentally new ways of obtaining energy through the transformation of the kinetic potential of wind, sea tides and currents. On the contrary, it is not difficult to imagine what will happen if the Sun fades, the air disappears, or the World Ocean evaporates.

**CONCLUSIONS.** 1. As the technologies and technical means developed by the humanity are being more and more elaborated, economic resources that were hitherto concealed in the World Ocean and underneath its bottom are becoming more accessible. There is every reason to assume that taken together they form a reserve capable of maintaining the life of many generations to come.

2. Despite their considerable volume, the economic resources of the oceans and seas are extremely vulnerable and thus need to be used sensibly. The correlation between the demand for them and the rate of their natural reproduction should prevent the future generations from encountering complete exhaustion of the sources available now.

дей зависит от привлекательности морских и океанических побережий. Ее обуславливают и удобство расположения, и доступ к ним, и климатические особенности. Также имеют существенное значение уникальность развлекательных, историко-культурных, природных объектов, событий и явлений. Важен, вне всякого сомнения, уровень гостиничного, ресторанного и туристического сервиса; культивирование морских видов спорта, рыбалки.

Возвращаясь к исходной классификации, рассмотрим экономические богатства Мирового океана с позиции их исчерпаемости (код 3):

исчерпаемые — такие, объемы которых уменьшаются вместе с добычей и, в конце концов, могут быть сведены на нет. Типичные примеры: нефть, газ, уголь, уран, биологические ресурсы;

неисчерпаемые — с объемами, которые остаются стабильными (хотя и колеблются в определенных пределах), независимо от обращения к ним человека с целью удовлетворения его все возрастающих и возрастающих потребностей. Примерами служат: ветер, морские течения, солнечная энергия.

Следующий классификационный признак — способность к возобновлению (код 4):

а) невозобновляемые — такие, которые воспроизводятся с темпами, не сопоставимыми с динамикой их текущего потребления человечеством;

б) возобновляемые — воспроизводимые в течение природных процессов, которые происходят на Земле и характеризуются позитивным соотношением между ежегодным приходом и расходом. Примеры: приливы, волны, ветер.

И, наконец, взаимозаменяемость экономических ресурсов (код 5):

заменяемые (имеющие альтернативу). На глазах нынешнего поколения землян происходит замена технологии сжигания угля, нефти и газа принципиально новыми способами получения энергии через преобразование кинетического потенциала ветра, морских приливов и течений;

незаменяемые. Не сложно представить себе последствия, сопровождающие угасание солнца, исчезновение воздуха или испарения Мирового океана.

**ВЫВОДЫ.** 1. По мере того как совершенствуются созданные человеком технологии и технические средства, всё более доступными оказываются экономические ресурсы, скрывавшиеся доселе в толщах и под покровом Мирового океана. Есть все основания предполагать, что в своей совокупности они образуют резерв, который способен обеспечить жизнь людей на планете в течение ещё продолжительного времени.

2. Несмотря на значительные объемы, экономические ресурсы океанов и морей чрезвычайно уязвимы и потому подлежат рациональному использованию. Соотношение между потребностями в них и естественным воспроизводством должно быть таковым, чтобы грядущие поколения землян не столкнулись с полным исчерпанием имеющихся источников.

**Список литературы**

- [1] **Ellis R.** The Empty Ocean / R. Ellis. – Washington: Island Press, 2003. – 384 p.
- [2] **Ruth L.** Gambling in the deep sea [Electronic resource]. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1369241/>.
- [3] **Lincoln D.** Sense and Nonsense The Environmental Impacts of Exploration on Marine Organisms Offshore Cape Breton [Electronic resource]. Available at: <http://www.sierraclub.ca/national/oil-and-gas-exploration/sense-and-nonsense.pdf>.
- [4] **Brander K.M.** Global fish production and climate change [Electronic resource]. Available at: <http://www.pnas.org/content/104/50/19709.full>.
- [5] **Suparmoko M.** The Role of the Ocean Economy in the National Income Accounts of Indonesia / M. Suparmoko // Journal of Ocean and Coastal Economics. — 2016 — vol. 2. Available at: <http://cbe.miiis.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1057&context=joce>.
- [6] **Kildowa J.T.** The importance of estimating the contribution of the oceans to national economies / J.T. Kildowa, A. McGonomb // Marine Policy. May 2010. Vol. 34, issue 3, pp. 367-374.
- [7] **Сукач М.** Проблемы добычи твёрдых полезных ископаемых со дна мирового океана [Текст] / М. Сукач // MOTROL. — 2012. — т. 14, № 1. — С. 114–119.
- [8] United Nations Convention on the Law of the Sea [Electronic resource]. Available at: [http://www.un.org/depts/los/convention\\_agreements/texts/unclos/unclos\\_e.pdf](http://www.un.org/depts/los/convention_agreements/texts/unclos/unclos_e.pdf).
- [9] **Гудев П.А.** Конвенция ООН по морскому праву: проблемы трансформации режима [Текст] / П.А. Гудев. — М. : ИМЭМО РАН, — 2014. — 201 с.
- [10] **Горкин А.П.** География: современная иллюстрированная энциклопедия [Текст] / А. П. Горкин. — М. : Росмэн-Пресс, 2006. — 624 с.
- [11] **Lederman D.** Natural Resources Neither Curse nor Destiny / D. Lederman, W.F. Maloney. — Washington: Stanford University Press / The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank, 2007. — 369 p.
- [12] **Lujala P.** Classification of Natural Resources [Electronic resource]. — Available at: [https://www.researchgate.net/publication/228422462\\_Classification\\_of\\_natural\\_resources](https://www.researchgate.net/publication/228422462_Classification_of_natural_resources)
- [13] Near-record growth propels wind power into first place as America's largest renewable resource. American Wind Energy Association [Electronic resource]. Available at: <http://www.awea.org/MediaCenter/pressreleaseev2.aspx?ItemNumber=9812>.
- [14] **Репников Б.** Товароведение и биохимия рыбных товаров [Текст] / Б. Репников. — М. : Дашов и Ко, 2010. — 146 с.
- [15] Природні ресурси Світового океану. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: [http://om.net.ua/1/1\\_10/1\\_109568\\_prirodnie-resursi-mirovogo-okeana.html](http://om.net.ua/1/1_10/1_109568_prirodnie-resursi-mirovogo-okeana.html).
- [16] Океан: ресурсы и хозяйство. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.matrixplus.ru/oceanrh-025.htm>.
- [17] Illegal fishing [Electronic resource]. — Available at: <http://worldoceanreview.com/en/wor-2/fisheries/illegal-fishing/?ivt=1#ivt-146>.
- [18] **Campbell K.** Over 40 minerals and metals contained in seawater, their extraction likely to increase in the future [Electronic resource]. Available at: [http://www.miningweekly.com/article/over-40-minerals-and-metals-contained-in-seawater-their-extraction-likely-to-increase-in-the-future-2016-04-01/rep\\_id:3650](http://www.miningweekly.com/article/over-40-minerals-and-metals-contained-in-seawater-their-extraction-likely-to-increase-in-the-future-2016-04-01/rep_id:3650).
- [19] Корабли плывут в будущее. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.sudno1.ru/future.shtml>.
- [20] UN-Water. Statistics [Electronic resource]. — Available at: <http://www.unwater.org/statistics/statistics-detail/en/c/211827/>.
- [21] Шахты в море. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.x-mineral.ru/poleznye-iskopaemye/36-dobycha-poleznykh-iskopaemykh/175-shakhty-v-more.html>.
- [22] Seawater Composition [Electronic resource]. — Available at: <http://www.marinebio.net/marinescience/02ocean/swcomposition.htm>.
- [23] Ледники Антарктики и Арктики как потенциальные источники пресной воды. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.e-reading.club/chapter.php/127765/25/>.
- [24] **Суходоля О. М., Бегун С. В.** Перспективи та проблеми видобування метану із газогідратів в українському секторі Чорного моря. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.niss.gov.ua/articles/1259/>.
- [25] Massive sulphides in smoky depths [Electronic resource]. Available at: <http://worldoceanreview.com/en/wor-3-overview/mineral-resources/massive-sulphides/>.
- [26] What is wave energy? [Electronic resource]. Available at: <http://www.oceanenergycouncil.com/ocean-energy/wave-energy/>.
- [27] Norway to Build World's First Osmotic Power Plant [Electronic resource]. Available at: <http://www.nextenergynews.com/news1/next-energy-news10.8c.html>.

© В. Н. Парсяк, К. В. Парсяк

Статью рекомендует в печать  
д-р экон. наук, проф. *И. А. Иртышева*