

Czesław Dyrzcz¹⁾

ANALIZA WYSTĄPIENIA KUL LODOWYCH NA PÓŁWYSPIE HELSKIM

ANALYSIS OF THE OCCURRENCE OF ICE BALLS ON THE HEL PENINSULA

STRESZCZENIE W artykule przedstawiono analizę wystąpienia rzadkiego zjawiska lodowego, którym było powstanie kul lodowych na Mierzei Helskiej (Półwyspie Helskim) w pobliżu portu Jastarnia od strony Zatoki Puckiej w warunkach wody morskiej o słabym zasoleniu. Na akwenie Morza Bałtyckiego jest to zjawisko unikalne.

Słowa kluczowe:

zjawiska lodowe, kule lodowe, otoczaki lodowe.

ABSTRACT This paper presents an analysis of a rare ice phenomenon, which was the formation of ice balls in conditions of salt water on the Hel Spit (Hel Peninsula) near the port of Jastarnia on the side of the Bay of Puck. In the Baltic Sea it is a unique phenomenon.

Keywords:

ice phenomena, ice balls, ice boulders.

DOI: 10.5604/0860889X.1114754

¹⁾ Akademia Marynarki Wojennej, 81-103 Gdynia, ul. J. Śmidowicza 69; e-mail: c.dyrzcz@amw.gdynia.pl

WSTĘP

W ostatnich dniach stycznia 2014 roku na Mierzei Helskiej w rejonie Jastarni (pomiędzy mołem a wejściem do portu) od strony Zatoki Puckiej pojawiły się na brzegu ciekawe formy lodu morskiego — **kule lodowe**, zwane również na akwenie Wielkich Jezior Amerykańskich **otoczakami lodowymi** [1]. To niezwykle rzadkie zjawisko lodowe na wodach polskiego wybrzeża.

Z analizy dostępnej literatury wynika, iż pierwsze informacje na temat kul lodowych pochodzą z 1949 roku, gdy w zamieszczonym w „Journal of Glaciology” artykule *An observation of ball ice* F. Loewe opisał takie formy lodu morskiego zaobserwowane na wodach antarktycznych w południowej części Oceanu Atlantyckiego [2]. F. Loewe zobrazował pochodzenie i narastanie kul lodowych o średnicy 3–5 centymetrów [4]. W latach sześćdziesiątych na Uniwersytecie Michigan w Zakładzie Badawczym Wielkich Jezior Instytutu Nauki i Technologii przeprowadzono badania zjawiska kul lodowych, wykorzystując zdjęcia form lodowych na obszarze Wielkich Jezior wykonane 23 marca 1963 roku przez Siły Powietrzne Stanów Zjednoczonych oraz materiały fotograficzne uzyskane od Straży Granicznej (U.S. Coast Guard) z lotów rekonesansowych realizowanych nad tym akwenem od stycznia do lutego 1965 roku. Pracę badawczą będącą analizą warunków powstania, budowy i zasięgu występowania kul lodowych w oparciu o zdjęcia przeprowadził

INTRODUCTION

During the last days of January 2014 near Jastarnia on the Hel Spit (between the pier and entrance to harbor) adjacent to Puck Bay there appeared interesting forms of sea ice — **ice balls**. In the region of the Great American Lakes they are also referred to as **ice boulders** [1]. This is a very rare oceanographic phenomenon connected with sea ice in the waters off the Polish coast.

It follows from the analysis of literature that the first pieces of information referring to ice balls date from 1949. That year F. Loewe in his article *An observation of ball ice* published in the ‘Journal of Glaciology’ gave an account of such forms of sea ice observed in the waters of the southern part of the Atlantic [2]. F. Loewe described the origin and forming of ice balls having 3–5 cm in diameter [4]. In 1960s at the *Great Lakes Research Division of the Institute of Science and Technology The University of Michigan* investigations of ice balls phenomenon, were conducted using photos of ice forms from the area of Great Lakes, taken on 23 March, 1963 by the US Air Force and photographic materials received from the Coast Guard, obtained during reconnaissance flights over this region from January to February 1965. The study which analyzed the conditions of formation, structure and range of occurrence of ice balls was made by W. Marshall, who published its results in *Air photo interpretation of Great Lakes ice features* [4] He had

Ernest W. Marshall, a jej rezultaty zawarł w *Air photo interpretation of Great Lakes ice features* [4]. Zaobserwował on, że kule lodowe w warunkach słodkowodnych Wielkich Jezior osiągnęły średnicę od kilku centymetrów aż do około jednego metra.

W ubiegłych latach zjawisko tworzenia się kul lodowych było obserwowane na trzecim co do wielkości całkowicie słodkowodnym jeziorze Michigan [1, 3, 5]. Tam rozmiar kul lodowych wynosił 25 centymetrów, a ich waga sięgała 22 kilogramów [5]. Zjawisko lodowe na jeziorze Michigan powstałe 21 lutego 2013 roku obrazuje fotografia 1.

noticed that ice balls in the fresh-water conditions of Great Lakes ranged in size from a few centimeters up to approximately one meter in diameter.

In recent years the phenomenon of the formation of ice balls, was observed in the third largest fully fresh body of water, Lake Michigan [1, 3, 5]. There the size of ice balls was 25 cm and their weight reached 22 kg [5]. The ice phenomenon in Lake Michigan observed on 21 February, 2013 is shown in photo 1.



Fot. 1. Lodowe kule powstałe na jeziorze Michigan, 21.02.2013 r.

Photo 1. Ice balls in Lake Michigan, 21 Feb, 2013

Źródło / Source: fot./photo L. Olmsted.

Z powodu rzadkości występowania lodu w postaci kul lodowych w niniejszym artykule podjęto próbę wytłumaczenia specyfiki powstania tego zjawiska na polskim wybrzeżu w dniach 26.01–01.02.2014 r. Kule lodowe powstałe na Zatoce Puckiej zaobserwowane przez autora w Jastarni 1 lutego 2014 roku przedstawia fotografia 2. Ich średnica wynosiła około 15 centymetrów.

Because of the rare occurrence of ice in the form of ice balls this article makes an attempt to explain the appearance of this phenomenon on the Polish coast between 26 January and 1 February, 2014. The ice balls formed in the Bay of Puck and observed by the author in Jastarnia on 1 February, 2014 are shown in photo 2. Their diameter was approximately 15 cm.



Fot. 2. Rozmiar kul lodowych obserwowanych w Jastarni, 01.02.2014 r.

Photo 2. The size of ice balls observed in Jastarnia on 1 Feb, 2014

Źródło / Source: fot./photo C. Dyrzcz.

ZJAWISKO POWSTANIA KUL LODOWYCH

Powstanie kul lodowych na akwenu Zatoki Puckiej jest oceniane jako wyjątkowe, rzadkie i bardzo interesujące zjawisko związane z tworzeniem form lodu morskiego. Na powstanie kul lodowych

THE PHENOMENON OF ICE BALLS FORMING

The ice balls forming in the salty waters of Bay of Puck is regarded as an exceptional, rare and very interesting oceanographic phenomenon relating to sea ice forming. There were several

na wybrzeżu Mierzei Helskiej w okolicy Jastarni wpłynęło wiele warunków, które wystąpiły jednocześnie podczas ostatnich dni stycznia 2014 roku. Należy do nich zaliczyć:

- długotrwały wiatr o kierunku południowym i południowo-wschodnim o sile 4–6 °B powstały ze względu na umiejscowienie wyżu barycznego rozbudowanego nad Finlandią i północno-zachodnią Rosją;
- wysoką falę morską wygenerowaną na styku Zatoki Puckiej i Mierzei Helskiej oraz wydłużoną drogę napływu w strefie brzegowej;
- niską temperaturę powietrza sprzyjającą ochłodzeniu wody morskiej i powstawaniu lodu;
- ochłodzenie mas wody do temperatury zamarzania wody o danym zasoleniu;
- rzeźbę dna morskiego w strefie przybrzeżnej oraz powiększoną strefę napływu fal toczących formy lodowe ze względu na obniżenie poziomu morza w związku z długotrwałym oddziaływaniem układu wysokiego ciśnienia.

Na fotografii 3. przedstawiono kule lodowe rozmieszczone 1 lutego 2014 roku na wschód od mola w Jastarni. Ze względu na niski poziom morza, który jest powodem długotrwałego oddziaływania masy powietrza o wysokim ciśnieniu, kule lodowe rozmieszczone są w pewnej odległości od zamarzniętego lustra wody.

Na Zatoce Puckiej poddanej długotrwałemu działaniu wiatru i wygenerowanej

conditions that caused the creation of ice balls on the Hell Spit coast, in the vicinity of Jastarnia. They occurred simultaneously during the last days of January 2014. They are as follows:

- long duration south and south-east wind of 4–6 °B in force caused by a high pressure zone spread over Finland and North-western Russia;
- high sea wave generated on the border between Bay of Puck and the Hel Peninsula as well as its lengthened out-wash path in the contact area with land.
- low air temperature which causes sea water to transfer heat into the atmosphere and sea ice to form;
- cooling masses of water down to the freezing temperature (dependent on water salinity);
- configuration of sea bottom in the coastal zone and enlarged out-wash zone of wave carrying ice forms due to the lowered sea level in connection with long duration influence of high atmospheric pressure.

Photo 3 shows ice balls located east of the pier in Jastarnia on 1 February 2014. Due to the low sea level, which is caused by long-duration high pressure air masses, the ice-balls at a certain distance from the frozen sea surface.

In the Bay of Puck, exposed to the long duration wind action and the generated waves, there occurred wind-caused intensive mixing of surface water masses, which resulted in their cooling down. As the water cooled down to freezing temperature, ice crystals formed not

fali wystąpiło intensywne wiatrowe mieszanie wód powierzchniowych, które doprowadziło do ich oziębienia w całej masie. W rezultacie oziębienia wody do temperatury zamarzania kryształy lodu powstawały nie tylko na powierzchni, ale także wewnątrz wychłodzonych mas wody Zatoki Puckiej, szczególnie w strefie brzegowej i w obszarze styku z krawędzią pływającego lodu.

only on the surface but also inside the cooled down masses of water in Bay Puck, especially in the coastal zone and in the contact area with the edge of the floating ice.



Fot. 3. Kule lodowe rozmieszczone na wschód od mola w Jastarni, 01.02.2014 r.

Photo 3. Ice balls placed east of the pier in Jastarnia on 1 Feb, 2014

Źródło / Source: fot./photo C. Dyrz.

Nałożenie się sprzyjających warunków meteorologicznych w efekcie doprowadziło do procesu, w którym lód znajdujący się w strefie brzegowej rozbity został na drobną krę, a fala toczyła ją po piasku w strefie napływu, tworząc regularne, gładko wyszlifowane bryły lodu. W tym czasie występował również

As a result of the simultaneous occurrence of conditions favorable for ice balls forming, a process started in which the ice in the freezing sea water flow zone was smashed into small ice floats, and the wave carried it across the sand, forming regular finely polished ice limps. At the same time there

proces zamarzania wody morskiej wokół toczącej się kry. W poniższej tabeli zestawiono hipotetyczne warunki mające wpływ na tworzenie się kul lodowych na Mierzei Helskiej.

occurred a process of sea water freezing round the rolling ice-pack. The table below shows hypothetical conditions contributing to formation of ice-balls in the Hel Spit.

Tabela 1. Hipotetyczne warunki wpływające na powstawanie kul lodowych na Mierzei Helskiej
Table 1. Hypothetical conditions leading to ice balls forming in the Hel Spit

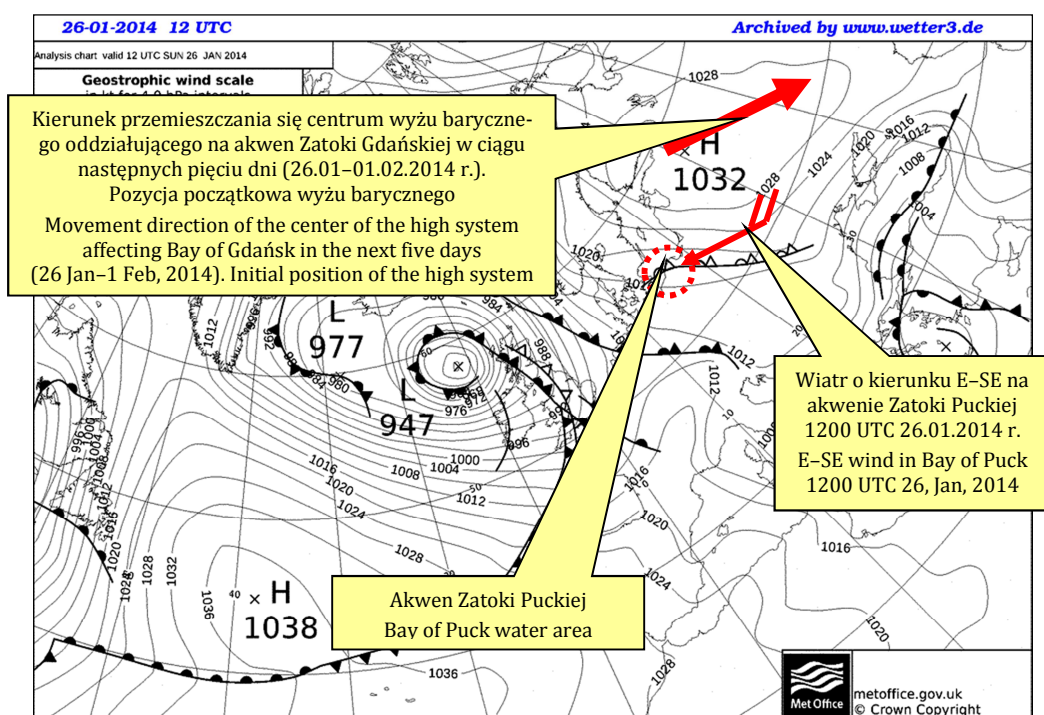
Lp. / No	Hipotetyczne warunki wpływające na powstanie kul lodowych Hypothetical conditions leading to forming ice balls	Uwagi Remarks
1	Niska temperatura powietrza sprzyjająca ochłodzeniu wody morskiej i powstawaniu lodu morskiego Low air temperature favorable for cooling down sea water and for forming sea ice	
2	Ochłodzenie mas wody do temperatury zamarzania wody morskiej o danym zasoleniu (narastanie lodu i przyjmowanie kulistego kształtu podczas toczenia w strefie napływu) Cooling down of water masses to the sea water freezing temperature dependent on salinity (overgrowth of ice and formation of spherical shape while rolling in the out-wash area)	
3	Długotrwały wiatr o kierunku południowym i południowo-wschodnim o sile 4–6 ^o B powstały ze względu na umiejscowienie wyżu barycznego rozbudowanego nad Finlandią oraz północno-zachodnią Rosją Long duration south and south-east wind of 4–6 ^o B in force caused in connection with the high spread over Finland and North-western Russia	
4	Wysoka fala morska wygenerowana na styku Zatoki Puckiej i Mierzei Helskiej ze względu na kierunek wiatru High sea wave generated on the border between Bay of Puck and the Hel Spit in connection with the wind direction	
5	Rzeźba dna morskiego w strefie przybrzeżnej Configuration of sea bottom in the coastal area	
6	Powiększona strefa napływu fali toczącej formy lodowe ze względu na obniżenie poziomu morza (ok. 1,5–2,0 m) w związku z długotrwałym oddziaływaniem układu wysokiego ciśnienia Enlarged flow zone of wave carrying ice forms caused by the lowered sea level (approx. 1,5–2,0 m) and the long duration high pressure	Warunek przyjęty, jednakże nie jest on konieczny The condition adopted, but it is not indispensable

Według autora istotny wpływ na wystąpienie tego procesu miała cyrkulacja powietrza związana z długotrwałym

In the author's opinion the significant effect on occurrence of this process was air circulation connected with the

położeniem układu wyżowego oddziałującego na akwen Zatoki Gdańskiej i oczywiście Zatoki Puckiej, gdzie zjawisko miało miejsce. Na rysunku 1. zobrazowana jest sytuacja baryczna z 26 stycznia 2014 roku wraz z kierunkiem przemieszczania się centrum układu wyżowego w okresie pięciu dni (26.01–01.02.2014 r.) i kierunkiem wiatru na akwenu Zatoki Gdańskiej we wskazanym czasie.

long duration high system affecting the Bay of Gdańsk and obviously the Bay of Puck, where the phenomenon occurred. Figure 1 illustrates the weather conditions on 26 January, 2014 together with the movement direction of the high system in the period of five days (26 Jan–2 Feb, 2014) and the wind direction in Bay of Gdańsk at the period indicated.



Rys. 1. Mapa analizy ciśnienia UK Met Office w dniu powstania kul lodowych na Mierzei Helskiej (26.01.2014 r., godz. 12.00 UTC) wraz z naniesioną informacją meteorologiczną

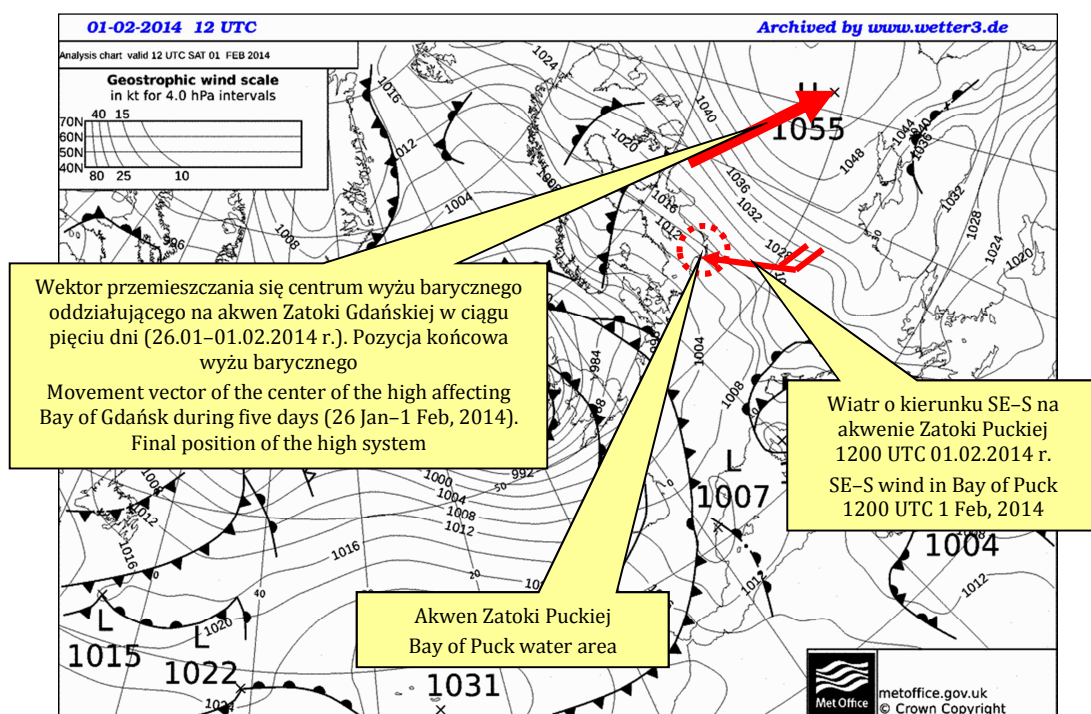
Fig. 1. UK Met Office pressure analysis chart on the day of ice balls forming in the Hel Spit (26 Jan, 2014, 12:00 UTC) together with weather data

Źródło: opracowanie na podstawie mapy analizy dolnej UK Met Office.

Source: based on the low analysis of UK Met Office.

Rysunek 2. przedstawia informację meteorologiczną z 1 lutego 2014 roku. Był to ostatni dzień tworzenia kul lodowych i zapoczątkowanego procesu ich przymarzania w strefie napływu na brzeg Mierzei Helskiej. Zatoka Pucka znajdowała się w dalszym ciągu pod wpływem wyżu barycznego znanego z północno-zachodniej Rosji. Długotrwałe oddziaływanie wysokiego ciśnienia na akwen Zatoki Gdańskiej spowodowało obniżenie poziomu morza powiększające o około 1,5–2,0 m strefę napływu fal toczących formy lodowe.

Figure 2 illustrates the weather conditions on 1 February, 2014. It was the last day of ice balls forming and the process of their freezing in the out-wash zone on the shores of the Hel Spit. The Bay of Puck was still under the high system from north-western Russia. Long duration of high pressure caused the sea level in the Bay of Gdańsk to lower and thus increase the wave out-wash zone carrying ice forms by approximately 1.5–2.0 m.



Rys. 2. Mapa analizy ciśnienia UK Met Office z 01.02.2014 r., godz. 12.00 UTC wraz z naniesioną informacją meteorologiczną w końcowym okresie powstania kul lodowych na Mierzei Helskiej

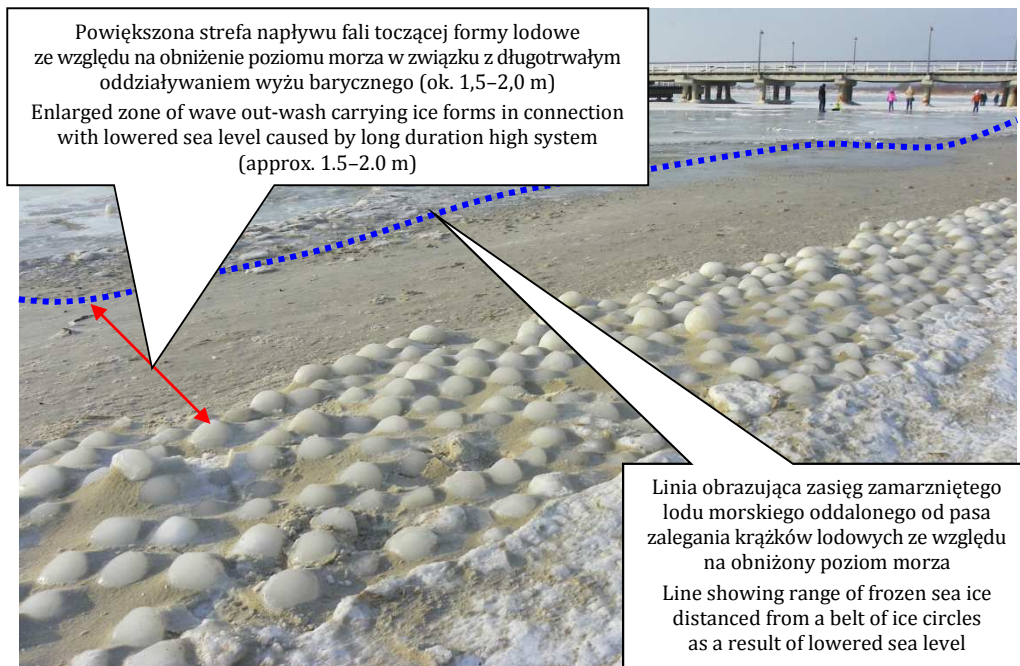
Fig. 2. UK Met Office pressure analysis chart on 1 Feb, 2014, at 12:00 UTC together with the weather data in the final period of ice balls formation in the Hel Spit

Źródło: na podstawie mapy analizy dolnej UK Met Office.

Source: based on the low chart analysis of UK Met Office.

Na fotografii 4. zobrazowane zostały przymarznione kule lodowe w strefie napływu wraz z zaznaczonym niskim poziomem morza w dniu obserwacji.

Figure 4 shows ice balls frozen on to the flow zone together with the marked low sea level on the day of observation.



Fot. 4. Przymarznione kule lodowe do strefy napływu na Mierzei Helskiej w rejonie Jastarni w dniu obserwacji, 01.02.2014 r.

Photo 4. Ice balls frozen on to the out-wash zone in the Hel Spit near Jastarnia on the observation day 1 Feb, 2014

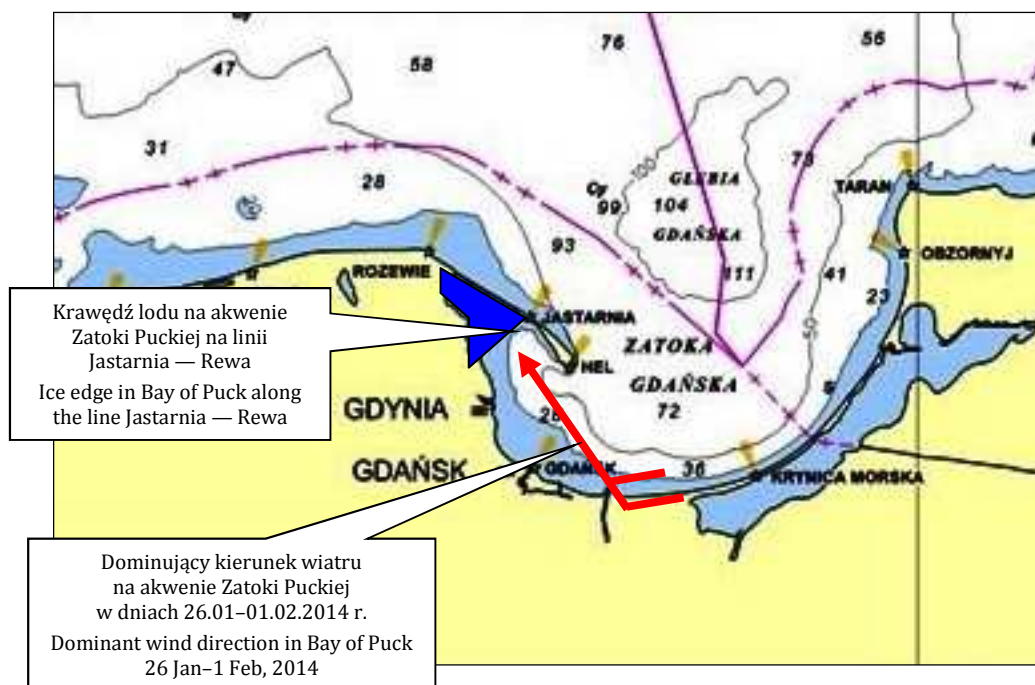
Źródło / Source: fot./photo C. Dyrzcz.

Powstanie kul lodowych na brzegu w Jastarni możliwe było w wyniku nałożenia się warunków sprzyjających ich powstaniu. Uwagę zwraca miejsce powstania kul lodowych, które jest stykiem krawędzi lodu morskiego powstałego na linii Jastarnia — Rewa oraz strefy brzegowej Mierzei Helskiej, a także pozostałe uwarunkowania, takie jak rzeźba dna morskiego w strefie napływu oraz kierunek wiatru wiejącego w tym czasie na akwenie Zatoki Puckiej

Ice balls forming on the shore of Jastarnia was possible as a result of the occurrence of conditions favorable for them to develop. Attention is attracted to the place where ice balls formed, which was the contact area between the edge of sea ice developed along the line Jastarnia — Rewa and the coast area in the Hel Spit, as well as the remaining conditions, such as the configuration of the sea bottom in the out-wash area, and the wind direction at the time in

i w strefie brzegowej półwyspu. Niska temperatura powietrza i wody oraz warunki napływu i spływu wody ze strefy brzegowej (specyficznie ukształtowane ze względu na kierunek i siłę wiatru) umożliwiły powstanie zjawiska lodowego, jakim są kule lodowe.

the Bay of Puck and in the coast zone of the peninsula. The low air and water temperatures as well as the conditions relating to the in-flow and out-flow of water from the coast zone (the configuration in relation to the wind direction and force) made it possible for the ice balls to develop.



Rys. 3. Warunki zlodzenia i meteorologiczne mające wpływ na powstanie kul lodowych na Mierzei Helskiej w dniach 26.01–01.02.2014 r.

Fig. 3. Weather conditions leading to ice balls forming in the Hel Spit between 26 Jan and 1 Feb, 2014

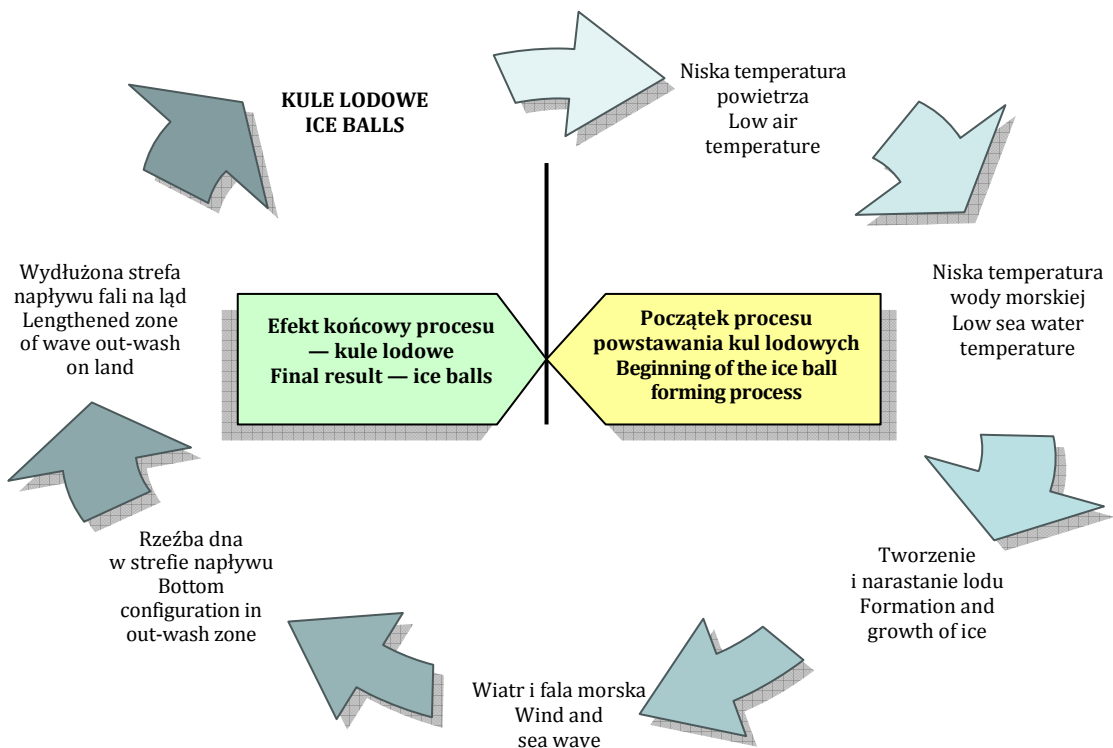
Schematycznie hipotetyczny mechanizm powstawania kul lodowych przedstawiono na rysunku 4. Uwzględnione zostały następujące czynniki tworzące proces powstawania kul lodowych:

- niska temperatura powietrza;
- niska temperatura wody;

The hypothetical mechanism for the formation of ice balls presents figure 4. The factors constituting the process of ice balls forming are as follows:

- low air temperature;
- low water temperature;
- long duration south-east wind;

- długotrwały wiatr z kierunku południowo-wschodniego;
 - wysoka fala powstająca w strefie styku z lądem (Mierzeja Helska);
 - rzeźba dna w strefie napływu fal morskich na brzeg;
 - wydłużenie strefy napływu fal morskich na brzeg ze względu na długotrwałe oddziaływanie układu wysokiego ciśnienia na Zatoce Puckiej.
- high waves occurring in the contact area with land (Hel Spit);
 - bottom configuration in the out-wash area;
 - lengthened zone of wave out-wash on land due to long duration high pressure in the Bay Puck.



Rys. 4. Hipotetyczny mechanizm procesu powstawania kul lodowych na Mierzei Helskiej

Fig. 4. Hypothetical ice ball formation process on the Hel Spit

Określenia i opisu form lodowych dokonuje się przede wszystkim podczas obserwacji wzrokowych. W tym przypadku zostały one poczynione przez autora i udokumentowane materiałem fotograficznym z dnia 1 lutego 2014 roku.

Ice forms are determined and described mostly during visual observations. In this case they were made by the author and documented with photographic material from 1 February, 2014.

PODSUMOWANIE

Kule lodowe (otoczaki lodowe) są regionalną osobliwością procesów lodowych poznanych głównie na akwenie jeziora Michigan i obecnie na wybrzeżu Zatoki Puckiej w pobliżu Jastarni. Ze względu na rzadkość występowania tej formy lodu słodkowodnego i morskiego konieczne wydaje się zwrócenie uwagi na zaistniały na polskich wodach morskich przypadek powstania kul lodowych wraz z przedstawieniem hipotezy tego zjawiska. Kule lodowe nie mają znaczenia w procesie prowadzenia nawigacji, gdyż występują najczęściej na linii styku ląd — morze (ocean).

CONCLUSION

Ice balls (ice boulders) are a regional peculiarity of ice-relating processes known mainly in the area of Lake Michigan and now on the Bay of Puck coast near Jastarnia. Because of the rare occurrence of this form of fresh and sea water-based ice it seems necessary to pay attention to the subject of ice balls forming in Polish sea waters together with presenting a hypothesis relating to this phenomenon. Ice balls do not have any significance in relation to navigation as they most often occur in contact areas of land-sea (ocean).

BIBLIOGRAFIA / REFERENCES

- [1] *Lake Michigan turns into a sea of ice balls*, <http://www.telegraph.co.uk/news/newstoppers/howaboutthat/10561510/Lake-Michigan-turns-into-a-sea-of-ice-balls.html> (1 Feb, 2014).
- [2] Loewe F., *An observation of ball ice*, 'Journal of Glaciology', 1949, No 1.
- [3] MacMath J., *Lake Michigan waves birth giant ice balls*, <http://www.accuweather.com/en/weather-news/watch-lake-michigan-waves-birth/21899386> (1 Feb, 2014).
- [4] Marshall E. W., *Air photo interpretation of Great Lakes ice features*, *Great Lakes Research Division Institute of Science and Technology The University of Michigan*, <http://quod.lib.umich.edu/g/glrr/4736697.0001.001/1?view=image&size=100> (1 Feb, 2014).
- [5] Olmsted L., *Massive Ice Balls Along Lake Michigan*, <http://www.livescience.com/27844-lake-michigan-ice-balls-photo.html> (1 Feb, 2014).
- [6] Zoe Mintz, *Giant Ice Balls Appear On Lake Michigan, Is Polar Vortex To Blame?*, <http://www.ibtimes.com/giant-ice-balls-appear-lake-michigan-polar-vortex-blame-video-1535524> (1 Feb, 2014).