Niemal każdemu kapitanowi przynajmniej raz w ciągu jego praktyki na morzu, zdarzyło się popełnić błąd, który mógł być źródłem poważnej awarii, ale szczęśliwie tak się nie stało. Myślę, że ważnym jest, aby z takich „o mało co" awarii wyciągać konstruktywne wnioski zarówno dla siebie, jak i w miarę możliwości dla całego środowiska.

Idąc dalej twierdzę, że doświadczeniami, przemyśleniami należy się dzielić z kolegami „po fachu". Kiedy wiele lat temu gdy otrzymałem swój wymarzony dyplom kapitana żeglugi wielkiej zapisałem się do Stowarzyszenia Kapitanów Żeglugi Wielkiej w Gdyni liczyłem na wymianę doświadczeń, na naukę od starszych kolegów. Niestety tak wtedy nie było i dlatego do tego stowarzyszenia już dawno nie należę. Ale mam nadzieję, że teraz jest tam inaczej.

W minionym sezonie na jednym z polskich żaglowców miał miejsce bardzo głęboki, groźny przechył w szkwale (ponad 60 stopni). W wywiadzie z kapitanem tego żaglowca opublikowanym w jednym z morskich kwartalników o tym groźnym incydencie znalazło się zaledwie kilka zdań – o chmurze, szkwale, przechyle i o tym, że w zasadzie nic się nie stało.

Ten wywiad oraz niefrasobliwe reakcje niektórych żeglarzy skłoniły mnie do przejrzenia dostępnej mi literatury na temat żeglugi żaglowcem rejowym w szkwale oraz odbycia rozmów z innymi kapitanami, lub ex-dowódcami dużych żaglowców szkolnych i pasażerskich.

Co to jest szkwał, biały szkwał, microburst

Jak najprościej podaje amerykański poradnik żeglowania statkiem rejowym „Eagle Seamanship – A Manual for Square-Rigger Sailing", wydanie czwarte z 2011 roku, strony 148-149:

> *Szkwały związane są z przejściem frontów atmosferycznych oraz burzami. W szkwale prędkość wiatru może wzrosnąć do siły huraganu. Często taki wzrost prędkości wiatru poprzedzony jest nagłą zmianą kierunku nawet do 180 stopni w czasie kilku minut, czasami nawet sekund. Taka kombinacja wzrostu prędkości wiatru i jego kierunku może być bardzo niebezpieczna dla statku pod pełnymi żaglami, potencjalnie może uderzyć od dziobu, lub nawet spowodować wywrotkę*.

Jak wiemy jest kilka rodzajów takich nagłych uderzeń wiatru. Dla przypomnienia, w skrócie za Wikipedia.org, oraz opracowaniem dr Jana Młynarczyka („Bezpieczeństwo eksploatacyjne jachtów w aspekcie fizycznym i prawnym", Konferencja Bezpieczeństwa Żeglarzy Na Morzu, Gdańsk, 19 marca 2016) podaję dwa przykłady:

Szkwał – jest to lokalny wzrost prędkości wiatru średnio rzędu 10 x V_0 (gdzie V_0 – prędkość wiatru niezakłóconego), któremu towarzyszy jednocześnie zmiana kierunku. Ciśnienie jest 100 razy większe niż ciśnienie wiatru niezakłóconego (P_0), a czas trwania t = (1 – 10) minut

Microburst – prędkość (V_{MB}) = 70 – 150 węzłów, ciśnienie (P_{MB}) = niszczące, nieobliczalne, t = (1-nx10) min.

Żaglowiec jest zawsze narażony na nieprzewidziane szkwały, które stanowią ogromne niebezpieczeństwo szczególnie w strefie tropikalnej, gdzie załoga jest zrelaksowana, wiele wejść do wnętrza jednostki zostało otwarte dla lepszej wentylacji pomieszczeń załogi, a postawiona ilość żagli odpowiednia do wiatru.

W takich warunkach nadejście szkwału staje się powodem tragedii, jaka przykładowo spotkała ”Pride of Baltimore” w dniu 14 maja 1986 roku.

Na bazie wypadków spowodowanych uderzeniami szkwałów zrozumiano podstawową różnicę pomiędzy nagłym szkwałem a żeglowaniem w ciężkich warunkach sztormowych. Różnica polega na tym, że sztorm rozwija się stopniowo. Zasadniczo kapitan i załoga mają czas na przygotowanie statku do pogarszającej się pogody poprzez sprzątnięcie niektórych, zarefowanie żagli podstawowych, zamknięcie „na mocno” wejść do statku, luków, świetlików („sky-lightów”), na zmianę kursu. W takich warunkach prawdziwy praktyczny maksymalny test stateczności statku żaglowego, pomimo żeglugi w ciężkiej pogodzie, nigdy się nie odbył.

Jeden krótki ale nagły i silny szkwał jest prawdopodobnie bardziej groźny, niż silny, ale odpowiednio wcześniej zapowiedziany sztorm.

Bardzo ciekawą jest informacja kapitana i załogi statku szkolnego „Albatross” (film „Biały Szkwał”), że odczuwalny wiatr na pokładzie był słaby. Uderzenie w żagle było znacznie powyżej pokładu. Przed i po wywrotce morze było spokojne, wiatr był na tyle słaby że ster statek zaledwie słuchał steru. Podobna sytuacja była z niemieckim żaglowcem szkolnym „Niobe”.

Przez ostatnie lata wiele żaglowców zostało uderzonych szkwałem. Niektóre z nich zatonęły i straciły część załogi. Te najbardziej znane wypadki rozpatrywane przez odpowiednie instytucje rządowe to: niemiecki żaglowiec szkolny „Niobe” (1932), brygantyna „Albatross” (1961), polski „Zew Morza” (1981), żaglowiec „Marques” (1984), żaglowiec replika „Pride of Baltimore” (1986), australijska brygantyna „Windeward Bound” (2004), kanadyjski żaglowiec szkolny „Concordia”(2010), kanadyjski żaglowiec ” Down North” (2015).

Taki układ chmur (shelf cloud) zwiastuje nadchodzący szkwał. Wał burzowy wyznacza linię burzy z wyładowaniami atmosferycznymi i silnym strumieniem prądu wznoszącego. Zjawisko występuje z huraganami i cyklonami na linii frontu atmosferycznego z silnymi opadami lub burzą gradową i błyskawicami. (fot. Tobias Hämmer, Pixabay)

Biały szkwał jest to nagły silny podmuch wiatru nad morzem któremu nie towarzyszą czarne kłębiaste chmury będące zwiastunem szkwału. Nazwa odnosi się do tworzenia się białego dywanu wodnego od rozpryskiwanych fal. Rzadko występuje nad morzem najczęściej w rejonie Wielkich Jezior Amerykańskich. (fot. Serge Ouachée, licencja CC BY-SA 3.0, Wikimedia Commons.)

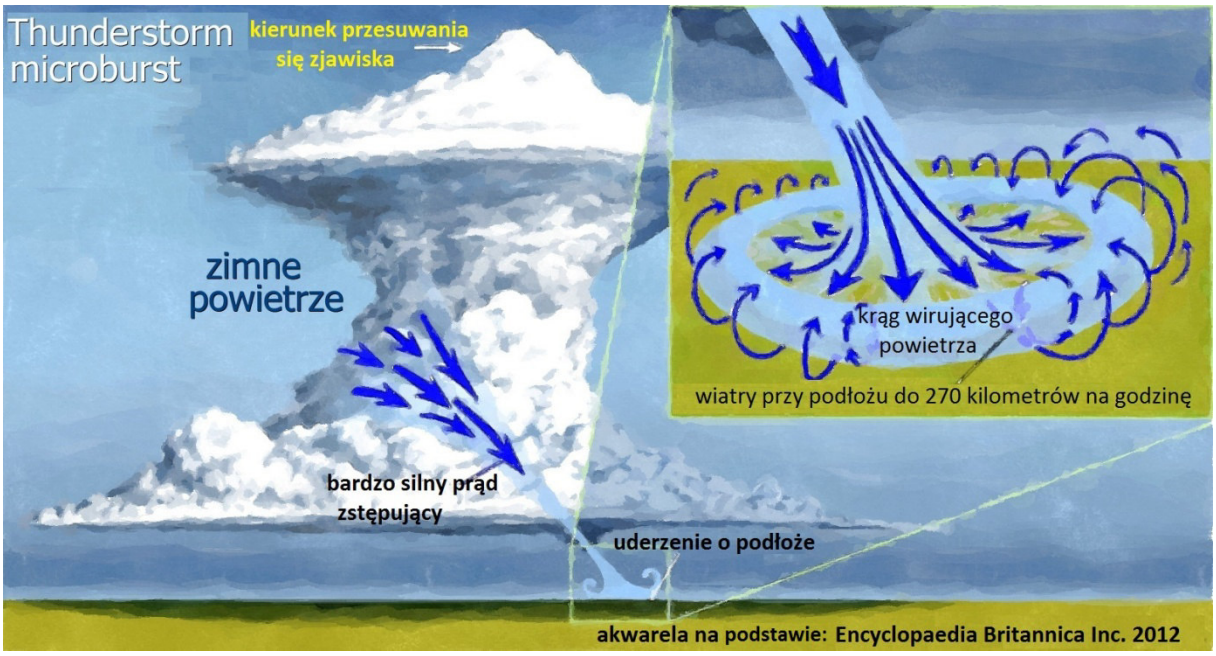
Znacznie groźniejszy od szkwału jest *microbust*. Jest to pionowo spadający strumień powietrza, który uderzając w ziemię rozchodzi się we wszystkich kierunkach. Kierunek wiatru jest przeciwny niż w tornado, lecz wywołuje podobne zniszczenia. *Microburst* może występować jako *wet microburst* (mokry) i *dry microburst* (suchy).

Posiada trzy cykle istnienia:

- pęknięcie chmury (*downburst*),
- koncentracja powietrza (*outburst*),
- tworzenie poduszki powietrzna nad wodą (*cushion stage*).

Zjawisko bardzo niebezpieczne z powodu wysokich wartości pionowego i poziomego gradientu prędkości powietrza Zazwyczaj trwa parę sekund. Prędkość powietrza może osiągać 270 km/h (168 węzłów, 75 m/s). To właśnie zjawisko atmosferyczne prawdopodobnie było przyczyną zatonięcia kilku żaglowców: „Albatros”, „Marques”, „Pride of Baltimore”.

Zjawisko pogodowe znane jako znane jako „microburst „ . Akwarela autora na podstawie zdjęcia znalezionego w Internecie.



Za „Encyklopedia Britannica", Inc. 2012: Microburst. Akwarela autora.

HMS „Arizona" uderzona przez szkwał. Dziesięć z czternastu postawionych żagli żaglowca zostało podartych w nagłym szkwale który uderzył w statek, gdy ten stał unieruchomiony przez flautę - szkic autora na podstawie grafiki zamieszczonej w „Illustrated London News" z 1852 roku (za „Seamanship In the Age of Sail")

Przygotowania, obserwacja oraz podstawowy manewr statkiem rejowym gdy nadchodzi szkwał

Żeglując na akwenach, na których szkwały pojawiają się często, dobrą praktyką jest sprzątanie na noc – dla bezpieczeństwa – bombramżagli, bramżagli i górnych sztaksli.

Jak pamiętam z własnej praktyki – zarówno kandydackiej, jak i studenckiej – na starym „Darze Pomorza" za czasów kapitana K. Jurkiewicza bombramsle (najwyższe żagle rejowe) na wszystkich trzech masztach były sprzątane na noc.

Kapitan Brunon B. na dowodzonych przez siebie pasażerskich żaglowcach „Royal Clipper", „Star Clipper" i „Star Flyer" stosuje takie same zasady. Dodatkowo uczula swoich oficerów na problem związany z największym żaglem typu fisherman (około 300 metrów kwadratowych). Żagiel ten stawiany jest na wyraźne polecenie kapitana. Ale każdy oficer wachtowy ma pełne prawo do sprzątania żagli jeżeli uzna, że pogoda/siła wiatru tego wymaga. Dobrym zwyczajem jest oczywiście powiadomienie kapitana, szczególnie w nocy, że sytuacja wymaga redukcji ożaglowania. Podobne zwyczaje stosowano kiedyś na polskich jachtach.

Udział w regatach zmusza kapitanów i załogi do bycia non-stop w pogotowiu, stąd zrozumiała jest zasada niesienia maksymalnej ilości żagli do „ostatniej chwili".

Ale regaty żaglowców szkolnych powinny stawiać na pierwszym miejscu bezpieczeństwo, oraz dobrą praktykę morską. Nie wygrywanie za wszelką cenę!

Wszyscy pamiętamy niechlubne zachowania dowódców radzieckich żaglowców „Kruzensztern" i „Towariszcz" w regatach przez Atlantyk w 1976 roku. Użyły one wówczas silników, więc nadano im przydomki „Motorsztern" i „"Motoriszcz". To nie one zwyciężyły! Nagrodę „Fair Play" otrzymał „Dar Pomorza", jego ówczesny dowódca komendant Kazimierz Jurkiewicz, oficerowie, oraz załoga stała i szkolna.

W końcu młodzież na pokładach żaglowców ma się szkolić i to w pełnym tego słowa znaczeniu. Kiedyś będzie naśladowała swoich starych kapitanów. Myślę, że warto o tym pamiętać.

Zasadniczo na klasycznym żaglowcu, jakim jest na przykład „Eagle", można przetrzymać nawet huraganowe szkwały gdy bombramsle, bramsle i górne sztaksle są sprzątnięte. Patrząc na plany serii żaglowców do których należy „Eagle" widać, że są one raczej niedożaglowane.

Mają one bezpiecznie szkolić młodzież, a nie wygrywać regaty i tak zostały zaprojektowane.

Jak zaleca kapitan Willoughby w swoim poradniku „Square Rig Seamanship”, gdy pogoda jest niepewna – a taka jest zazwyczaj przy nadejściu frontu zimnego – gdy statek jest w pobliżu burzy z piorunami, lub gdy można spodziewać się szkwałów, warto zredukować żagle do górnych marsli. Gdy uderzy szkwał przechył nie będzie nadmierny, a sterowność zostanie utrzymana.

Ogólnie, wszystkie znane mi poradniki żeglarskie, począwszy od tych najstarszych z mojej kolekcji, jak „A Treatise on Practical Seamanship” (William Hutchinson, reprint z pierwszego wydania z 1777 r.) do najnowszych: jak „Square Rig Seamanship” (kpt. R.M. Willoughby), „A Square Rig Handbook” (kpt. Frank Scott), „Eagle Seamanship” – zalecają odpadanie, lub nawet żeglugę z wiatrem w sytuacjach gdy nadchodzi szkwał, no i oczywiście wystarcza bezpiecznej przestrzeni na płynięcie kursami pełnymi.

W sytuacji uderzenia huraganowego wiatru od dziobu statek nie straci steng, gdy górne żagle są sprzątnięte. W tropikach, po okresie ciszy szkwał może nadejść z każdego kierunku jako ciężka, czarna chmura. Jej nadejście może powodować umiarkowany wiatr, ale za to bardzo silną ulewę; niekiedy jednak spod takiej chmury może w statek uderzyć huraganowy wiatr.

Z zasady szkwały można zaobserwować wystarczająco wcześnie przed ich uderzeniem w statek. Rozpoznanie może być zarówno wzrokowe, jak i radarem. Jak sugerują autorzy większości znanych mi poradników, oraz twierdzą doświadczeni dowódcy żaglowców rejowych – rozważny kapitan/oficer wachtowy żaglowca rejowego powinien odpowiednio wcześniej odpaść zmieniając kurs na pełny, uciekając z wiatrem.

Stosując taki manewr wiatr względny zmniejszany jest o prędkość statku. Huragan, czyli 12° Beauforta zaczyna się od 64 węzłów. Przeciętny współczesny statek żaglowy pod pełnymi żaglami przy takim wietrze łatwo osiągnie prędkość 14 węzłów. Wiatr względny, czyli odczuwalny będzie miał około 50 węzłów, czyli 10°B. Nacisk w kg na metr kwadratowy (patrz załączona skala Beauforta, WMO) zmniejszy się z 68 do około 40 kg na metr kwadratowy. Przykładowo, napór na bombramżaglu grota „Daru Młodzieży”, którego powierzchnia wynosi 132 m^2, zmaleje od niemal 9 ton do nieco ponad 5 ton. Jest to bardzo duża zmiana!

Na jednym z największych żaglowców rejowych świata „Royal Clipper” jego wieloletni dowódca, wspomniany wcześniej kpt.ż.w. Brunon B., szkoląc nowych oficerów, oraz w swoich codziennych „Night orders book” (zeszyt nocnych poleceń kapitana) zaleca <u>odpowiednio wcześniejsze odpadanie z wiatrem</u> w razie nadchodzącego groźnego szkwału.

Zbyt późna reakcja oficera, kapitana na zagrożenie szkwałem powoduje bardzo szybko gwałtowny przechył jednostki, nieczęsto sięgający 60 i więcej stopni. Przy takim przechyle ściany stają się podłogą, a sam żaglowiec nie chce reagować na ster (płaszczyzna steru jest prawie w poziomie, plus sama prędkość żaglowca gwałtownie spada). Jeżeli jednostka nie jest dobrze zabezpieczona przed zalewaniem taka sytuacja praktycznie kończy się zatonięciem żaglowca. W podobnej sytuacji pani kapitan australijskiej brygantyny „Windeward Bound" podjęła dwie słuszne decyzje: rzucenia szotów marselżagla oraz uruchomienia i użycia silnika aby uderzenie prądu od śruby napędowej zadziałało na ster i pozwoliło na odpadanie o wiatru, a co za tym idzie wyprowadzenie jednostki z bardzo groźnego przechyłu.

Ale oczywiście aby działać prawidłowo i mieć czas na manewr szkwał należy odpowiednio wcześniej rozpoznać!

Wzrokowe rozpoznawanie szkwałów, oznaki na niebie i wodzie

Chmury sztormowe o rozmytych kształtach uważa się za mniej niebezpieczne niż te z wyraźnie widocznymi ostrymi, poszarpanymi krawędziami. Szkwał, którego nadejście jest widoczne na wodzie, jest – jak twierdzą znawcy przedmiotu – mniej niebezpieczny niż nadchodząca posępna, czarna, groźna chmura. Związek pomiędzy deszczem a wiatrem najlepiej oddaje brytyjskie przysłowie:

When the rain's before the wind
Halliards, sheets and braces mind.
When the wind's before the rain,
Hoist the topsails up again.

W moim luźnym tłumaczeniu:

Gdy przed wiatrem jest ulewa
Żeglarz szkwału się spodziewa.
A gdy dmuchnie, tak przed deszczem
Stawiaj żagle – jest bezpiecznie!

Taką wierszowaną wskazówkę łatwo można zapamiętać.

Bardzo groźne są wiatry spadowe. Należy uważać żeglując wzdłuż wysokich, górzystych wybrzeży. Przykładem niech będzie Zatoka Stołowa (Table Bay) w Afryce Południowej.

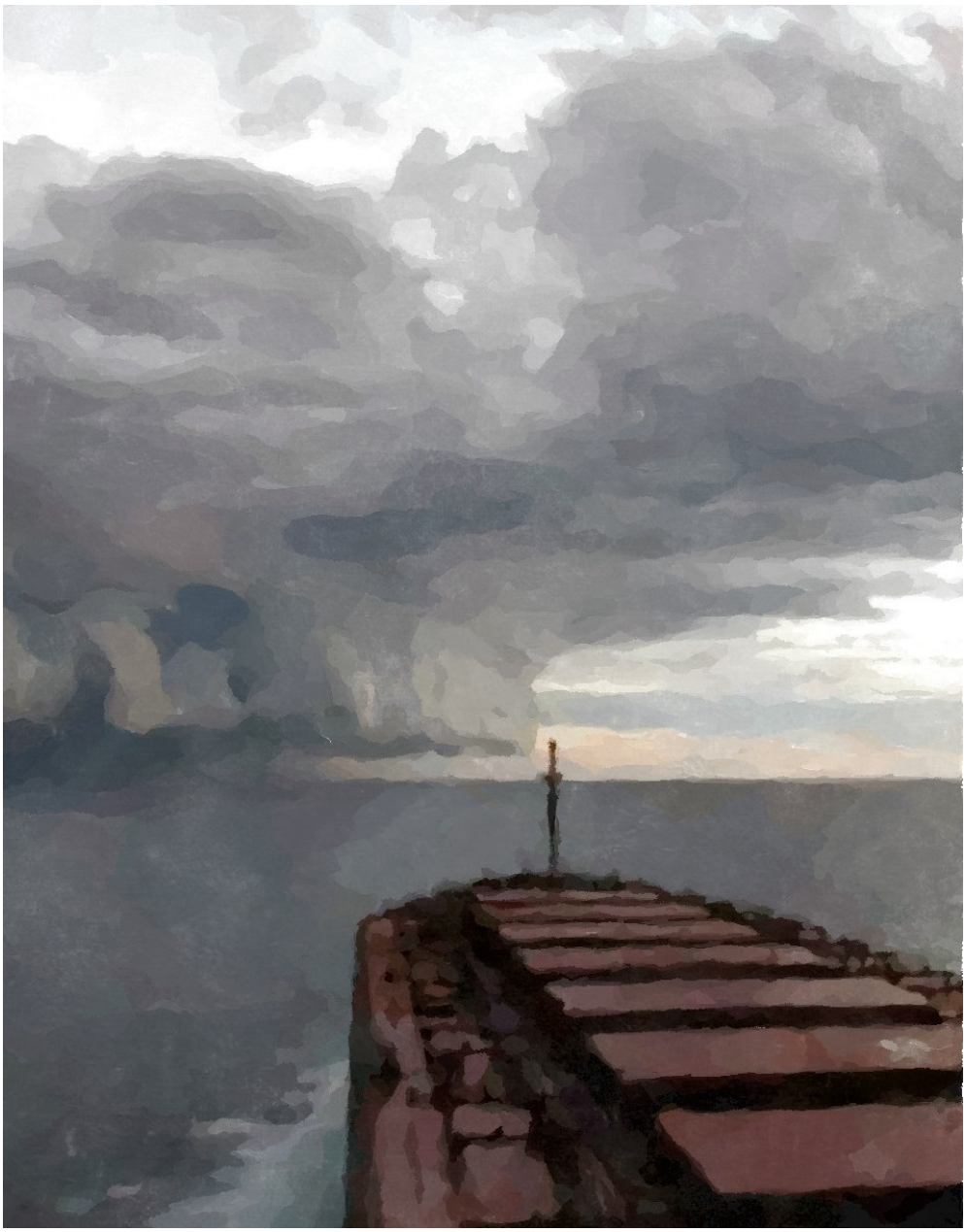
Myślę, że warto przejrzeć w dostępnych źródłach informacje na temat chmur burzowych.

Do niniejszego opracowania dołączyłem kilka zdjęć groźnych szkwałowych chmur z którymi się spotkałem w ciągu ostatnich kilkunastu lat mojej pracy na morzu.

Od początku istnienia polskich szkół morskich szkolono słuchaczy, studentów na żaglowcach po to aby umieli obserwować i doceniać pogodę, wiatr, szkwały, deszcze.

Właściwe zrozumienie pogody i jej czynników (w szczególności wiatru) ma ogromny wpływ na właściwy sposób prowadzenia, przwidłowe manewry każdego statku zarówno w morzu jak i w porcie.

Wał szkwałowy (roll cloud).



Wał szkwałowy spod chmury w kształcie kowadła. Pływając po wodach indonezyjskich brytyjskimi „panamaxami" tego typu chmury spotykałem od czasu do czasu. Akwarela autora na podstawie zdjęcia znalezionego w Internecie.

30.01.2017. Południowy Atlantyk. Pozycja: ϕ = 26-08'5 S; λ = 032-03,2 W. Statek „CAS Amares" na którym wtedy byłem kapitanem. Na tych wodach takie szkwałowe chmury z błyskawicami są typowe wieczorami . Żeglujące tam jachty, żaglowce muszą być bardzo ostrożne. Zdjęcie autora

Silna ulewa tropikalna na redzie Santos (Brazylia), po niej bardzo silne szkwały. Statek „ CAS Amares" (luty 2017). Wszystko zgodnie z wierszykiem! Zdjęcie autora.

Burza piaskowa („khamasin”) – M/V „CAS Amares” Kanał Sueski - 27.10.2016 15:36LT. Zdjęcie autora.

Morze Arafura. Typowe wieczorowe chmury na wodach tropikalnych spod których mogą uderzyć szkwały. M/V „ Dorthe Odendorff” – 2005 rok. Zdjęcie autora.

Tropikalne szkwały i trąba wodna. Wejście do Cieśniny Malacca. Statek „ Imme Oldendorff" rok 2005. Zdjęcie autora.

Taka chmura zwiastuje deszcz i szkwał. Wody indonezyjskie. Statek „ Imme Oldendorff" rok 2005. Zdjęcie autora.

W dzień nadchodzący szkwał jest zazwyczaj widoczny jako „białe grzywki” pod chmurami znanymi jako „*Shelf Cloud*”, lub „*Roll Cloud*” (wał szkwałowy). Jak widać powyżej, chmura w kształcie kowadła jest typowym zwiastunem szkwału. Dobrze mieć lornetkę pod ręką i sprawdzać czy widać „białe grzywki” taką burzowa chmurą. Od momentu zauważenia takiego zjawiska można się spodziewać wzrostu kierunku i siły wiatru w czasie krótszym niż 15 minut.

Rozpoznawanie szkwałów / nagłego silnego deszczu w nocy

W nocy wzrokowe rozpoznawanie szkwałów, nadejścia opadów deszczu jest znacznie utrudnione, a w ciemną, bezgwiezdną, bezksiężycową noc praktycznie niemożliwe.

Radar jako podstawowa pomoc w nocy

Wielką pomocą jest radar. Ale trzeba go umieć używać, „czytać” i znać podstawowe zasady działania i obsługi. Należy też zapoznać się z instrukcją użytkownika.

Zasięgowa regulacja wzmocnienia i rozróżnialnik – stosować z umiarem, rozsądnie.

Po włączeniu radaru należy poczekać do momentu aż się odpowiednio nagrzeje. Powinna się pokazać informacja „STBY” (stand-by = pogotowie). Można włączyć wtedy radar na pracę, czyli wywołać zobrazowanie.

W pierwszej kolejności pokrętła zasięgowej regulacji wzmocnienia (anti-clutter sea), oraz rozróżnialnika (anti-clutter rain) należy skręcić w lewo do maksymalnego minimum.

Ekran radaru powinien być czysty, bez żadnych ech.

Następnie płynnie należy zwiększyć wzmocnienie (gain). Zwiększamy wzmocnienie do momentu aż się pojawia echa innych statków, ora widzimy „śnieżenie” na ekranie.

Zgodnie z praktyką doświadczonych obserwatorów radarowych w takiej sytuacji wzmocnienie należy lekko cofnąć, ale tu uwaga – śnieżenie nie powinno zniknąć całkowicie.

Bardzo wżną kwestią jest tzw. strojenie radaru („tune”). Obecnie w większości przypadków strojenie jest automatyczne. Ale oczywiście Istnieje też możliwość strojenia ręcznego. Należy to czasami robić. Stara praktyka podaje że najlepsze rezultaty są na echa od fal w pobliżu jednostki, ale oczywiście zasięgowa regulacja wzmocnienia musi być skręcona do zera.

Później po dostrojeniu zasięgowa regulację wzmocnienia (tłumienie od fal, „anti-sea clutter”, „sea clutter”) należy ustawić odpowiednio, tak aby echa od fal w pobliżu statku były w miarę małe (ale nie powinny zaniknąć).

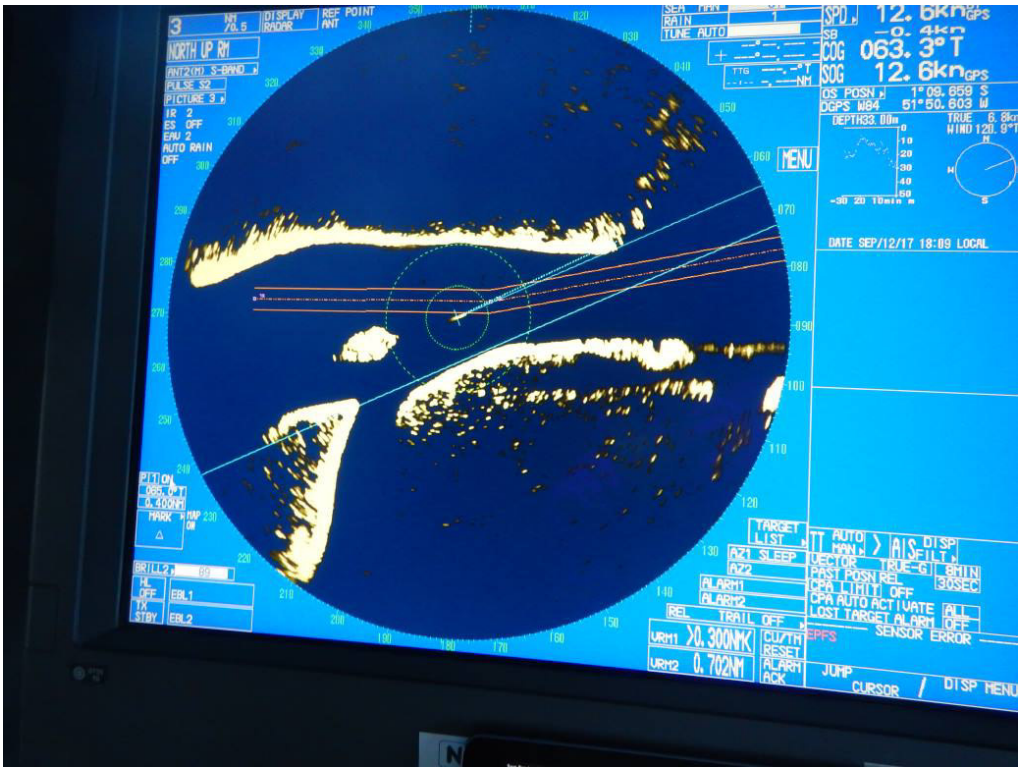
Jeżeli deszcz nie pada rozróznialnik („anti-rain clutter”, „rain clutter”) musi być wyłączony.

Po zmianie zakresu działania radaru często należy raz jeszcze sprawdzić dostrojenie radaru.

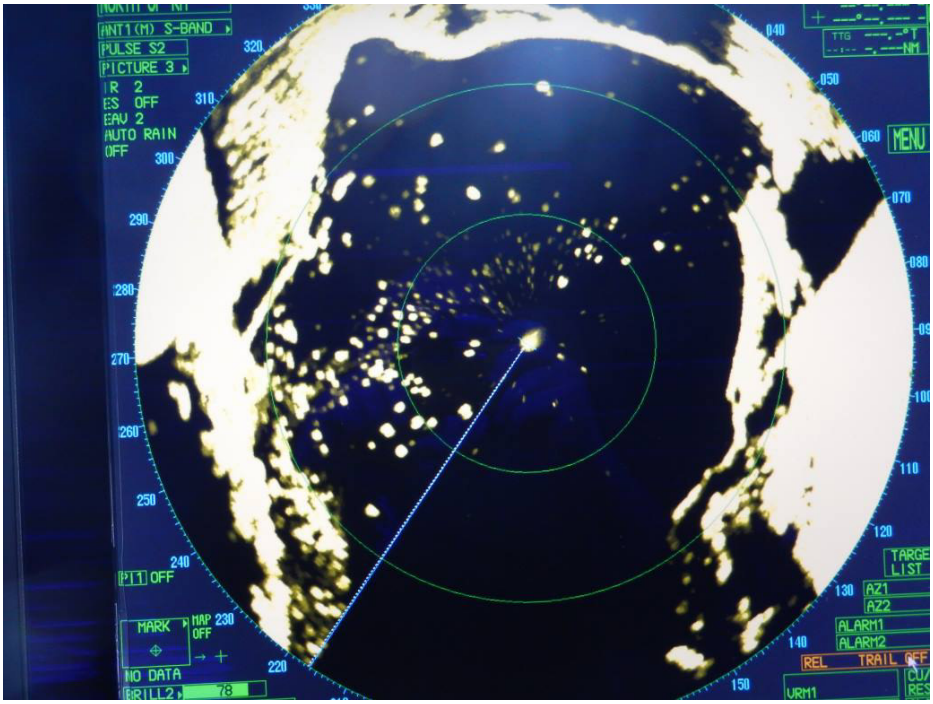
Obserwacja ech od chmur umożliwia obserwację szybkości i kierunku przesuwania się frontów burzowych, a zatem również nadchodzących szkwałów.

W tym miejscu przypominam sobie co uczyli nas studentów WSM w Gdyni nasi wykładowcy: Marian Łucznik oraz Julian witkowski,

> *Opady o niewielkiej intensywności oraz małych rozmiarach drobin dają echa występujące w pobliżu własnego statku i mogą być skutecznie eliminowane za pomoc zasięgowej regulacji wzmocnienia (podobnie jak echa od fal).*
>
> *Opady o dużej intensywności oraz o dużych rozmiarach drobin dają silne echa na całym obszarze obserwacji, a ich eliminacja jest utrudniona i wiąże się zawsze ze zmniejszeniem zasięgu radaru. Do osłabienia takich ech służy w radarach układ rozróżni alnika, lecz w przypadku bardzo silnych zakłóceń (na przykład przez deszcze tropikalne) konieczne jest dodatkowe zmniejszenie wzmocnienia ogólnego, a nawet nieznaczne rozstrojenie odbiornika.*
>
> *Używając radaru w takich warunkach należy pamiętać, że słabo obijające obiekty, takie jak łodzie rybackie, niski ląd, jachty, małe statki mogą być niewykryte.*
>
> *W radarach pracujących na większych długościach fali, czyli 10 cm zakłócenia echami od opadów występują w mniejszym stopniu.*



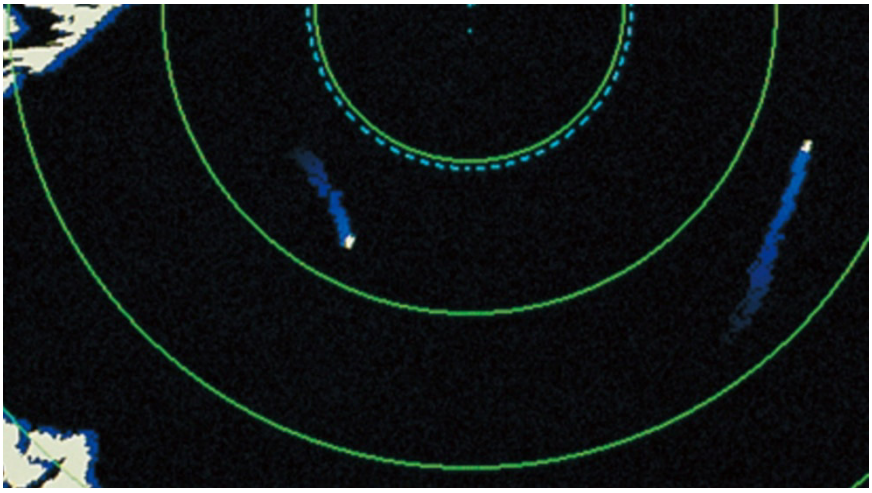
Dobrze dostrojony radar morski. Echa od brzegu, wyspy są „twarde". M/V „Cas Amares", żegluga po rzece Amazonka, 12.09.2017. Zdjęcie autora.



Obraz radaru statku szkolnego „Horyzont II". Postój przy Lodowcu Hansa, Spitsbergen. 18.09.2018. Na dole ekranu po prawej stronie włączenie – wyłączenie śladu (trail). W tym przypadku śladu względnego (relative). Zdjęcie autora.

Najprostszym sposobem jest włączenie śladów („trails”). Ślady względne („relative trails”) w krótkim okresie czasu pokażą czy spotkamy się z chmurą szkwałową, czy też przejdzie bokiem.

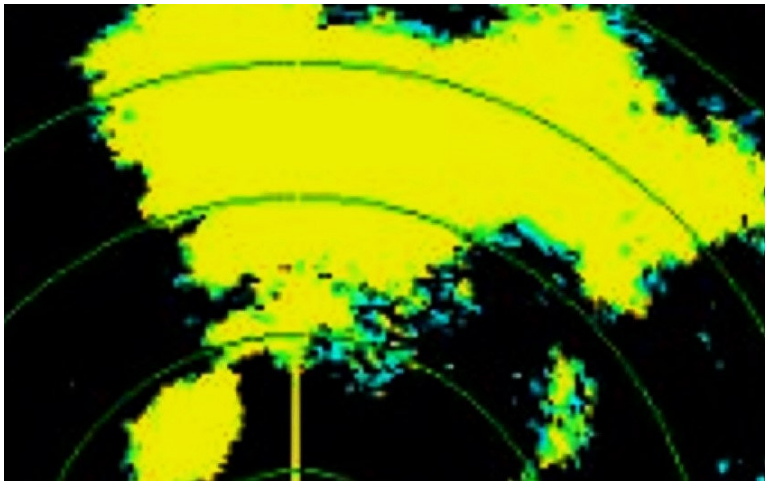
Taka metodę praktykuje się bardzo często w nocy w porcie na statkach handlowych, aby pomóc sobie w organizacji prac ładunkowych materiałów wrażliwych na wilgoć, np. zboża.



„Ślady” (trails) na radarze morskim. Źródło: zbiory autora

Podstawową różnicą pomiędzy echem normalnym (od statków, wysokich brzegów, urządzeń portowych itp.) a echem od chmur jest „twardość”.

Echa od chmur deszczowych są bardziej „miękkie”



Obraz chmury deszczowej na radarze morskim. Wyraźnie widać „miękkie”, postrzępione brzegi echa. Świadczy to o echu od chmury burzowej. Źródło: zbiory autora

Chyba warto w tym miejscu przypomnieć kilka podstawowych zasad z wiedzy o radarach.

Radary używane na statkach pracują na falach 3,2 centymetrowych (X band) oraz 10-centymetrowych (S band).

Ze wzrostem długości fali tłumienie i siła odbić ulegają zmniejszeniu i z tego względu pomimo innych niedogodności eksploatuje się radary o długości fali 10 cm.

Zazwyczaj normalne, wysokie chmury, w przeciwieństwie do opadów atmosferycznych, nie wywołują tłumienia impulsów mikrofal, ponieważ na ogół znajdują się ponad torem łączącym radar z wykrywanym obiektem.

Niskie, zawierające duże ilości drobin wody lub lodu chmury burzowe, mogą wywołać silne echa.

Obserwacja ech od chmur umożliwia obserwację szybkości i kierunku przesuwania się frontów burzowych, a wraz z nimi możliwości nadejścia szkwałów. Celowe jest sporządzanie nakresów radarowych obrazujących ruch szkwału względem statku.

Długość impulsu : liczba możliwych długości impulsu zależy od konstrukcji radaru (od 2 do 5), zakres długości impulsów to 0,05 do 1,3 μs, długość impulsu uzależniona jest zarówno od wymagań obserwatora, jak i od zakresu pracy radaru. Półautomatyczny wybór długości impulsów spowodowany jest faktem, iż na długich zakresach powracające echa będą słabe, a więc długości impulsów powinny być dłuższe. Natomiast na krótkich zakresach echa będą silniejsze dlatego można zastosować krótsze impulsy.

Im dłuższy impuls tym lepiej jest rysowana chmura, ale echa od innych obiektów będą słabsze.

Długi impuls należy używać na dalekich zakresach.

Należy pamiętać o właściwościach impulsu długiego, a mianowicie:

- **Wykrywanie na dużych odległościach**: lepsze, używać na dalekich zakresach, na krótkich w przypadku występowania słabych ech.
- **Zasięg minimalny**: gorszy, bez większego znaczenia na dalekich zakresach.
- **Rozróżnialność kątowa**: Gorsza.
- **Wpływ na rozmiar echa**: dłuższy rozmiar kątowy widoczny zwłaszcza na krótkich zakresach,. do zaakceptowania na dłuższych zakresach.
- **Wpływ na zakłócenia od fal morskich**: podwyższa prawdopodobieństwo zamaskowania echa przez echa od fal

- **Wpływ na zakłócenia od opadów**: podwyższa prawdopodobieństwo zamaskowania echa przez echa od opadów.

Porównanie radarów X i S

- Odzew obiektu (echo) jest większy dla pasma X;
- Liczba ech od fal morskich jest mniejsza w przypadku pasma S, dlatego prawdopodobieństwo zamaskowania echa od obiektu jest niższe;
- Prawdopodobieństwo wykrycia obiektu zlokalizowanego w obszarze opadów atmosferycznych jest wyższe dla pasma S;
- Transmisja w paśmie S jest mniej podatna na osłabienie w warunkach opadów atmosferycznych.