

Studia Bezpieczeństwa Narodowego  
Zeszyt 23 (2022)  
ISSN 1508-5430, pp. 87-96  
DOI: 10.37055/sbn/149537

Instytut Bezpieczeństwa i Obronności  
Wydział Bezpieczeństwa, Logistyki i Zarządzania  
w Warszawie

National Security Studies  
Volume 23 (2022)  
ISSN 1508-5430, pp. 87-96  
DOI: 10.37055/sbn/149537

Institute of Security and Defense  
Faculty of Security, Logistics and Management  
Military University of Technology  
in Warsaw

## ZNACZENIE SPEKTRUM ELEKTROMAGNETYCZNEGO DLA WSPÓŁCZESNEGO POLA WALKI

### THE IMPORTANCE OF THE ELECTROMAGNETIC SPECTRUM FOR THE CONTEMPORARY FIGHT AREA

Łukasz Kominek

Wojskowa Akademia Techniczna

**Abstrakt.** Celem przedmiotowej pracy jest analiza i ocena znaczenia spektrum elektromagnetycznego na współczesnym polu walki. Główny problem badawczy pracy określono w formie pytania: jakie jest znaczenie spektrum elektromagnetycznego na współczesnym polu walki? Celem pobocznym natomiast było wskazanie wzrostu zapotrzebowania na przepustowość częstotliwości na polu walki. W pracy zastosowano następujące metody badawcze: definiowanie, które pozwoliło na określenie jednoznaczności terminów, analizę i syntezę, które pozwoliły na odpowiednią interpretację zastanych danych, indukcję i dedukcję, które pozwoliły na znalezienie odpowiedzi na rozważane w pracy pytanie badawcze. W pracy posłużono się także metodą analizy porównawczej w zakresie definicji dotyczących omawianego zakresu. Zastosowano również analizę źródeł, monografii, artykułów naukowych traktujących o badanej tematyce oraz obserwację uczestniczącą.

**Słowa kluczowe:** spektrum elektromagnetyczne, przepustowość, wojsko, wojna, pole walki

**Abstract:** The aim of this work is to analyze and evaluate the importance of the electromagnetic spectrum in the contemporary battlefield. The main research problem of the thesis was defined in the form of a question: what is the significance of the electromagnetic spectrum in the contemporary battlefield? A secondary goal, however, was to indicate the increase in the demand for frequency bandwidth on the battlefield. The following research methods were used in the work: definition, which allowed to define the uniqueness of terms, analysis and synthesis, which allowed for appropriate interpretation of the existing data, induction and deduction, which allowed for finding answers to the research question considered in the work. The work also uses the method of comparative analysis in terms of definitions relating to the discussed scope. The analysis of sources, monographs, scientific articles on the research topic and participant observation were also used.

**Keywords:** electromagnetic spectrum, bandwidth, military, war, battlefield

## Wstęp

Bezpieczeństwo każdego człowieka jest swoistym procesem, który nie jest punktem na osi czasu. To proces długotrwały, związany z analizą rzeczywistości, która nas otacza. Świadomie lub nie, bierzemy pod uwagę ustalone reguły te same analizy, które zależą od punktu widzenia na płaszczyźnie systemowej, operacyjnej i technicznej.

Nie bez przyczyny podniosłem tu kwestię świadomości, która jest kwestią kluczową (obok płaszczyzny technicznej) w zrozumieniu znaczenia spektrum elektromagnetycznego. Współczesne społeczeństwa od czasu wprowadzenia ARPANETU aż po sieć Internet i World Wide Web (WWW) znalazły się w sieciocentrycznym społeczeństwie informacyjnym. Nie ulega wątpliwości, że jest to okres wzrostu znaczenia wiedzy, nanotechnologii, informatyki, technologii elektronicznych oraz globalizacji, z której wynikają liczne wyzwania i zagrożenia. Nie sposób nie zauważyć w tym czasie mnogości zagrożeń wynikających z rozwoju techniki cyfrowej i elektromagnetycznej. Na płaszczyźnie militarnej, mamy do czynienia ze swoistą rewolucją, która prowadzi do powstania sieciocentrycznego pola walki, które będzie tematem moich rozważań w niniejszym artykule.

To wszystko doprowadziło do sytuacji, w której nawet niska jakość dostaw energii elektrycznej stała się śmiertelnym zagrożeniem, co zresztą było determinantem powstania specyficznych systemów elektroenergetycznych, takich jak Smart Grids (M. Shouran, F. Anayi, M. Packianather, 2021, *A State-of-the-Art Review on LFC Strategies in Conventional and Modern Power Systems*, s. 268-277). Systemy tego typu nakładają bowiem na klasyczne sieci elektroenergetyczne nowe rodzaje sieci teleinformatycznych, które zawierają w sobie skomplikowane, cyfrowe systemy sensoryczne i kontrolery dające niemal pełną kontrolę nad parametrami przesyłanej energii.

Na współczesnym polu walki widzimy również wielość zagrożeń związanych z rozwojem spektrum magnetycznego. Wszystkie militarne środki działań elektronicznych, czy też radioelektronicznych (tak naprawdę powinniśmy definiować je jako środki działań elektromagnetycznych) stały się znacznie groźniejsze. Co ciekawe, nawet w badaniach czołowych fizyków można zauważyć, iż wzrastające zapotrzebowanie na pasma częstotliwości na polu walki, skierowały uwagę naukowców na możliwość wykorzystywania pasm w zakresie częstotliwości terahercowych, czyli takich rzędu  $10^{12}$  (R. Studański, M. Brewka, A. Studańska, R. Wąs, 2010, *Cyfrowy odbiór sygnałów systemu Inmarsat*).

## Spektrum elektromagnetyczne na współczesnym polu walki

Ze względu na występujący w literaturze przedmiotu oraz w wielu dyskursach, nawet czołowych analityków, zamęt w zakresie nazewnictwa, uściślijmy zatem - wojna elektromagnetyczna (EMW) obejmują wojnę informacyjną (IW) i walkę

elektroniczną (EW), jak również aspekty energetyczne broni skierowanych energii oraz kwestie użycia impulsu elektromagnetycznego (EMP) oraz broni mikrofalowej (HPM). Warto przytoczyć tu definicję walki elektronicznej według NATO. Czym jest zatem walka elektroniczna? Jest to: „militarna akcja wymagająca wykorzystania energii elektromagnetycznej do decydowania o korzystaniu, wyzyskaniu dla siebie, obniżeniu wrogiego wykorzystania albo niedopuszczenia do wrogiego wykorzystania widma elektromagnetycznego; jest to działanie zachowujące jego skuteczne wykorzystanie przez własne jednostki” (AAP-6 – 2014, *Słownik terminów i definicji NATO*). Wszystko zatem kręci się wokół wspomnianego wcześniej fenomenu elektromagnetyzmu.

Reguły sieciocentrycznego pola walki (NCW) są oparte na niezawodnych i odpornych sieciach zminiaturyzowanych węzłów. W Siłach Zbrojnych są to:

- sieci rozpoznania,
- sieci dowodzenia i łączności (C4ISR),
- sieci precyzyjnego ataku (C4ISTAR), które są budowane dla lekkich komponentów wojsk, żołnierzy przyszłości i mobilnych stanowisk dowodzenia,
- sieci nadzoru przestrzeni powietrznej (J. Borysiewicz, D. Gwizdała, 2017, *Strategiczna Koncepcja Bezpieczeństwa Morskiego Rzeczypospolitej Polskiej*, s. 12).

Do tej pory klasyczne pole walki w modelu sieciocentrycznym miało na celu prowadzenie precyzyjnego ognia, atakowanie i walkę w sieci. Współcześnie, nieklasyczne pole walki, obejmujące widmo elektromagnetyczne ma na celu osiągnięcie przewagi i dominację na polu walki w widmie częstotliwości, którego najważniejszą częścią w czasie konwencjonalnego pokoju jest cyberprzestrzeń. Wynika to z właściwości broni elektromagnetycznej – jest ona bowiem niezwykle przydatna do użycia w działaniach asymetrycznych, pozwala dostosować skalę użycia do skali zagrożenia (od obezwładniania przeciwnika do śmiercionośności), jest ona również trudna do zlokalizowania. Ponadto jest stosunkowo tania, można stosować ją zarówno w fazie ofensywnej jak i defensywnej oraz, co na polu walki jest kluczowe, czasu jej działania nie mierzymy w godzinach czy minutach, ani nawet w sekundach, lecz w mikrosekundach. Nie sposób również nie wskazać, iż obejmuje wykradanie chronionych informacji oraz wymusza permanentne zmiany w doktrynach, strategiach, działaniach bojowych, czy też sporządzaniu listy celów. Skuteczność tego typu broni potwierdzają casusy ich użycia przez Federację Rosyjską w stosunku do Gruzji, Estonii, czy też nawet obecnie – Ukrainy (choćby Borisoglebsk-2 widziany w ostatnich dniach przed inwazją, zbrodniczą napaścią Rosjan na Ukrainę, czy też WRE 1RŁ257 Krasucha-4). Zagrożenia i analiza podatności oraz przeciwdziałanie i uzyskanie odporności tego typu broni, leży w obszarze zainteresowania kompatybilności elektromagnetycznej (EMC).

Wojna elektromagnetyczna odbywa się w środowisku, które wydawałoby się dobrze znany (B. Wohlfarth, P. Tarasov, O. Bennike, T. Lacourse, D. Subetto, P.

Torssander and F. Romanenko, 2006, *Late glacial and Holocene palaeoenvironmental changes in the Rostov-Yaroslavl' area*, s. 543–569). W tym miejscu jednak chciałbym zwrócić uwagę na ciekawe spostrzeżenia dotyczące wykorzystania radiowych pasm częstotliwości. Podczas operacji Desert Storm w 1991 roku zapotrzebowanie dla 540 tys. wojsk wynosiło 10 Mb/s. W operacji Iraqi Freedom - 350 tys. żołnierzy (prawie połowę mniej) – 4.2 Gb/s. Dziś natomiast na 160 tysięczne wojsko, potrzeba pasma przekraczającego aż 7.7 Gb/s. Zapotrzebowanie, mimo zmniejszającej się liczby żołnierzy drastycznie (40-krotnie!) wzrosło. To pokazuje jak współczesne pole walki się zmienia i jak bardzo jego specyfika zmierza w kierunku sieciocentrycznej płaszczyzny. Warunkiem powodzenia współczesnych operacji wojskowych jest dostępność pasma elektromagnetycznego dla mobilnych środków łączności i transmisji danych o odpowiedniej przepustowości. Jak zatem należy zdobyć przewagę w tym środowisku? Odpowiedź jest prosta. Należy wykorzystywać pasma na coraz wyższych częstotliwościach. Siły Zbrojne USA wdrożyły system łączności satelitarnej AEHF oparty na przełomowej technologii, która zapewnia bezpieczną łączność na szczeblu strategicznym. AEHF zapewnia łączność w całym spektrum misji, w tym na obszarach lądowych, w powietrzu, na morzu, dla operacji specjalnych, strategicznych działań nuklearnych, strategicznej obrony, obrony raketowej działań i miejsc operacji wywiadowczych (R. W. Postma, 2012, *Constant Torque Spring Analysis: Stress Relaxation and Torque Loss*). Przedstawione zmiany są nieuchronne i nieodwracalne oraz dotyczą zarówno Sił Zbrojnych RP jak i wojsk sojusznicych. Wiąże się to przede wszystkim z wprowadzeniem (co jest możliwe i konieczne) nowej architektury systemów C4ISR/C4ISTAR.

Środowisko elektromagnetyczne (EME) w ostatnich dziesięcioleciach odgrywało istotną rolę, niekiedy wręcz decydującą o sukcesie na polu walki. Codziennie, niemal na każdym kroku, nasze funkcjonowanie i sposób życia zależą od zastosowania energii elektromagnetycznej w postaci elektryczności, łączności czy też technologii IT. Co więcej, zależność ta się zwiększa. Możliwości, jakie niesie ze sobą energia elektromagnetyczna, w tym aspekt jej militarnego użycia, są zachętą do jej szerokiego stosowania, zwłaszcza w konfrontacji z przeciwnikiem mniej zaawansowanym technologicznie. Z drugiej jednak strony wiążą się to z pewnymi zagrożeniami wynikającymi z wrażliwości szeroko pojętej elektroniki. Dziedziny, w których wykorzystuje się możliwości operacyjnego użycia EM, wciąż się rozwijają z uwzględnieniem kolejnych doświadczeń, w tym bojowych. Korzyści z zarządzania spektrum elektromagnetycznym – jako pewną całością – stają się oczywiste dla osiągnięcia sukcesu. Jak wynika z doświadczeń wspomnianych wcześniej konfliktów zbrojnych, jest to niemal pewny klucz do uzyskania powodzenia.

Istotnym zagrożeniem może być wykorzystanie fizycznych cech środowiska elektromagnetycznego w zaawansowanych technologicznie pociskach raketowych z sensorami elektrooptycznymi, działającymi w podczerwieni czy też radarowymi. Należy wskazać, że część tych systemów starszej generacji otrzymała drugą młodość

w konfliktach w Iraku, czy w Afganistanie. Jak identyfikować ich nowe oblicze? Jako przykład można tu wskazać chociażby improwizowane urządzenia wybuchowe sterowane drogą radiową (już chyba legendarne mikrofalówki przerobione na materiał wybuchowy – nawiasem mówiąc instrukcja jest obecnie dostępna w DarkNecie – autor niniejszego artykułu odnalazł ją w ciągu 2 minut). Ponadto należy liczyć się z tym, że strona przeciwna, w przypadku konfliktu, również będzie chciała użyć uzbrojenia, którego celem będą tylko i wyłącznie te dziedziny, w których znalazło zastosowanie spektrum elektromagnetyczne – łączność satelitarna, nawigacja czy systemy pozycjonowania GPS. Kolejne generacje systemów uzbrojenia, które są przeznaczone tylko i wyłącznie do niszczenia wybranych elementów wykorzystujących spektrum elektromagnetyczne, będą wciąż rozwijane. Nie chodzi tutaj jedynie o potencjalny atak w znaczeniu tradycyjnie kinetycznym, lecz również o wysublimowane działania ukierunkowane na pokonywanie zabezpieczeń w systemach łączności utajnionej z użyciem własnych systemów, czy też o cyberataki (co widzieliśmy chociażby w przededniu wojny na Ukrainie, a nie jest to pierwszy raz, co jest tematem na osobne rozważania – podobnie Syria, czy nawet „ostatni” Kaszmir – czyżbyśmy widzieli pewien wzór?).

Idea walki radioelektronicznej narodziła się niemal równocześnie z zastosowaniem do celów wojskowych łączności na falach radiowych. Wojskowi byli pierwszymi, którzy docenili rolę łączności bezprzewodowej. Byli też pierwszymi, którzy zaczęli zastanawiać się, w jaki sposób utrudnić przeciwnikowi korzystanie z takiej łączności. Najpierw jednak skorzystano w praktyce z możliwości podsłuchiwania przeciwnika. Jako przykład dowodu, jak długo problematyka ta nam towarzyszy, niech będzie bitwa pod Tannenbergiem z 1914 roku, która została wygrana przez Niemców w dużej mierze dzięki znajomości planów przeciwnika, o których przez radio rozmawiali rosyjscy sztabowcy.

Zakłócanie łączności odbywało się początkowo w sposób bardzo prymitywny: po ręcznym odszukaniu częstotliwości, na której nadawała radiostacja przeciwnika, zaczynało nadawać na niej komunikaty głosowe, nakładające się na rozmowy nieprzyjaciela. Z czasem zaczęto stosować zakłócenia szumowe, do których nie trzeba było wykorzystywać wielu operatorów, a tylko radiostacje o dużej mocy. Kolejne kroki to automatyczne poszukiwanie częstotliwości i dostrajanie się do niej oraz bardziej skomplikowane rodzaje zakłóceń. Gdy pojawiły się pierwsze urządzenia radiolokacyjne, zaczęto szukać sposobów zakłócenia także ich pracy.

W czasie II wojny światowej były to głównie metody pasywne, w postaci tworzenia chmur dipoli (paski metalizowanej folii), które odbijały impulsy radarów przeciwnika. Po II wojnie światowej liczba i różnorodność urządzeń elektronicznych używanych przez wojsko do łączności, rozpoznania, czy też nawigacji błyskawicznie rosła. Z czasem pojawiły się także urządzenia, wykorzystujące elementy satelitarne. Uzależnienie wojska od łączności bezprzewodowej systematycznie rosło, a trudności z jej utrzymaniem nierzadko paraliżowały działania bojowe. Na przykład podczas wojny falklandzkiej

w 1982 roku brytyjska marynarka wojenna posiadała tak wiele radiostacji, że te nie tylko zakłócały się wzajemnie, ale i zablokowały działanie transponderów systemu IFF (swój-obcy). Wskutek tego Brytyjczycy stracili więcej śmigłowców od ognia własnych żołnierzy niż przeciwnika. Rozwiązaniem doraźnym okazał się zakaz używania radiostacji na szczeblu drużyny z plutonem i zastąpienie ich chorągiewkami sygnałowymi, których wielką ilość dostarczono specjalnym samolotem z magazynów w Anglii.

Trudno się dziwić, że współcześnie niemal we wszystkich armiach świata istnieją jednostki walki radioelektronicznej. Jest także oczywiste, że ich sprzęt należy do szczególnie chronionych – przeciwnik nie powinien wiedzieć, jakie metody zakłócania mu zagrażają, jakie urządzenia mogą po ich zastosowaniu stracić efektywność. Szczegółowa wiedza na ten temat daje możliwość opracowania zawczasu różnych kontradział – wprowadzenia innych częstotliwości, nowych metod szyfrowania przesyłanych informacji lub wręcz nowych sposobów użycia sprzętu elektronicznego. To właśnie z tego powodu publiczne prezentacje sprzętu do walki radioelektronicznej nie zdarzają się często i rzadko podaje się szczegółowe charakterystyki takiego sprzętu. Czasem jednak się to zdarza, jak na przykład podczas salonu lotniczo-kosmicznego MAKS 2015 w Moskwie, gdzie pokazano rekordowo dużo takich urządzeń i podano nieco informacji na ich temat. Przyczyny takiej jawności są prozaiczne: rosyjski przemysł obronny jest ciągle niedofinansowany przez budżet i zamówienia centralne, stąd sporą część dochodów musi czerpać z eksportu. Znalezienie klientów zagranicznych wymaga marketingu produktów, co jest procesem kosztownym i długotrwałym.

Chcąc przedstawić przykład znaczenia spektrum elektromagnetycznego na współczesnym polu walki w pierwszej chwili chciałem wskazać chińskie działania (choćby związane z niedawnym oddelegowaniem ekspertów z zakresu działań elektromagnetycznych do różnorodnych prowincji – mowa o około 6000 specjalistów). Jednak ciężko w obecnej sytuacji kierować myśli dalej, niż do naszych sąsiadów, którzy są sztandarowym przykładem znakomitego podejścia do tej płaszczyzny obecnej specyfiki działań militarnych (jednak pod kątem sprzętowym, realizacja jego użycia, zdaniem autora niniejszej publikacji jest raczej nikła ze względu na brak odpowiednio wykwalifikowanej kadry obsługującej ten rodzaj broni – dopiero rozpoczęty konflikt zweryfikuje zdanie autora na ten temat). Ze względu na obecne działania dezinformacyjne Federacji Rosyjskiej w aspekcie konfliktu na Ukrainie ciężko rzetelnie ocenić obecne wykorzystanie środków spektrum elektromagnetycznego w tym konflikcie. Jednakże Rosjanie przyznali się na przykład do tego, że wykorzystali system walki elektronicznej RB-341W „Lier-3”, w którym nadajniki zakłóceń są przenoszone przez bezałogowe samoloty „Orlan-10” podczas ostatniej „interwencji” w Kazachstanie na przełomie 2021 i 2022 roku. Wskazane drony były widziane m.in. w Ałma-Acie i Nur-Sułtanie. Według ujawnionych raportów rosyjskie systemy walki elektronicznej pozwoliły na wyszukiwanie miejsc koncentracji „grup terrorystów” (poprzez namierzanie ich telefonów), na zakłócanie łączności komórkowej GSM oraz na utrudnianiu koordynowania działania „oddziałów

ekstremistycznych” (co powinno stanowić przestrożę dla Ukraińców podczas rozpoczętej właśnie inwazji).

Dostawa systemów walki elektronicznej (WRE) to jeden z najbardziej konsekwentnie realizowanych procesów modernizacyjnych w rosyjskiej armii. W ostatnim czasie, Rosjanie na terenie Południowego Okręgu Wojskowego wprowadzili kilkadziesiąt stacji rozpoznania i kierowania 1Ł267 „Moskwa-1” (produkowane przez koncern KRET „Radioelektronnyje technologii”). Zadaniem tych stacji ma być rozpoznanie i identyfikacja sygnałów radiolokacyjnych wysyłanych przede wszystkim przez urządzenia pokładowe statków powietrznych i raket manewrujących oraz kierowanie działaniem aktywnych systemów zakłóceń elektronicznych i systemów obrony przeciwlotniczej w celu neutralizacji lub zniszczenia wykrytych celów. Rosjanie podkreślają, że główną zaletą zestawu „Moskwa-1” jest pasywność (stacja nie jest widoczna przez systemy rozpoznawcze przeciwnika) oraz możliwość jednoczesnego kierowania pracami dziewięciu kompleksów WRE lub systemów przeciwlotniczych. Stacja 1Ł267 jest dookólna i ma zasięg około 400 km. „Moskwa-1” to zestaw mobilny, rozwijany z położenia marszowego w ciągu 45 minut, obsługiwana przez 4 osoby. W skład zestawu wchodzi trzy pojazdy specjalistyczne na podwoziu KamAZ - pojazd rozpoznania 1Ł265E oraz dwa pojazdy kierowania stacjami zakłóceń radioelektronicznych 1Ł266/1Ł266E. Rosjanie informują, że system ten działa praktycznie w pełni automatycznie. Dane z rozpoznania wyświetlają się na ekranie monitora, a operator na specjalnym planszecie wyznacza środek, który ma zostać użyty i wskazuje mu cel do neutralizacji lub zniszczenia. Później system działa już samodzielnie, na bieżąco informując o zmianie sytuacji.

Jednostki Zachodniego Okręgu Wojskowego, otrzymały zaś chociażby przenośne kompleksy walki elektronicznej „Lier-3”. Ich główną cechą jest wykorzystanie bezzałogowego dronu „Orłan-10” jako nosiciela odbiornika rozpoznania systemów łączności przeciwnika (podkreślam to ponownie ze względu na wspomniane wcześniej ich użycie w Kazachstanie). Pozwala to, zdaniem Rosjan, na nakierowywanie dedykowanych zakłóceń nawet z odległości 100 km od własnych pozycji (komentarz od autora – prawda, ale zależy od ukształtowania powierzchni, rosyjscy naukowcy na płaskim terenie zanotowali nawet nieco większe powierzchnie, jednak w terenie o braku równowagi kształtującej powierzchnie były to znaczące mniejsze wyniki – Rosjanie podali zatem zapewne średnią). Dron może prowadzić rozpoznanie przez około 9 godzin. Jest to system wielozadaniowy, ponieważ w razie konieczności może być również wykorzystywany do prowadzenia rozpoznania optycznego i np. korygowania ognia artylerii. W skład każdego kompletu wchodzi pulpit operatora ze wskaźnikiem (na bazie wzmocnionego komputera przenośnego Panasonic), dwa drony, antena łączności oraz katapulta.

Ciekawym rozwiązaniem jest również wprowadzenie w tym okręgu nowych radarów rozpoznania pola walki „Fara-WR”. Są to przenośne stacje radiolokacyjne, wprowadzone na uzbrojenie w 2015 roku (wystawiane podczas wspomnianego

salonu lotniczo-kosmicznego, podobnie zresztą jak 1Ł267 „Moskwa-1”) – zdaniem autora niniejszego artykułu, najprawdopodobniej nie zostaną użyte podczas ataku na Ukrainę, a są przeznaczone raczej do przygotowania strategicznego w razie konfliktu z państwami bałtyckimi. Ich głównym zadaniem jest wykrywanie ludzi oraz pojazdów, ale można je wykorzystać także do kierowania uzbrojeniem. Rosjanie informują, że dotychczas sprawdzono połączenie radaru „Fara-WR” z karabinami maszynowymi 6P41 „Pieczeng” kalibru 7,62 mm, „Kord” kalibru 12,7 mm oraz automatycznymi granatnikami AGS-17 i AGS-30 kalibru 30 mm. Armia rosyjska nie otrzymała więc jedynie systemu obserwacji, ale również kompleks uzbrojenia zdolny do rażenia przeciwnika i to w warunkach braku widoczności optycznej. Masa całego zestawu wynosi około 12 kg, może on być przenoszony przez jednego żołnierza. Zasięg wykrycia zależy od wielkości obserwowanych obiektów, waha się od 4 do 8 km. System zobrazowania jest na tyle dokładny, że pozwala na korygowanie ognia artylerii oraz na naprowadzanie lotnictwa.

## Podsumowanie

Nie ulega wątpliwości, że współczesne pole walki będzie opierać się w dużej mierze (zdaniem autora niniejszej publikacji: nie dużej, a głównie) na wykorzystaniu technologicznych zdobyczy spektrum elektromagnetycznego. Od lat, zarówno Amerykanie, jak i Chińczycy czy Rosjanie inwestują ogromne środki w rozwój tej gałęzi przemysłu wojskowego. Polacy mają tendencję do braku wiary w siebie w tej dziedzinie, co nie jest uzasadnione. W aspekcie C4ISR dobrym przykładem jest polskie rozwiązanie Comarch Defence Platform. Należy jednak, wskazując ważność modernizacji polskich Sił Zbrojnych, stopniowo zwiększać nakłady na rozwiązania związane z prowadzeniem działań związanych z walką informacyjną. Powinno się również podkreślać na każdym kroku jednak jedno: najważniejszym w tym wszystkim jest człowiek – to on tworzy tego typu technologię, to on nią operuje i to on ma nad nimi kontrolę. To wbrew pozorom niezwykle istotne spostrzeżenie w świecie, w którym coraz bardziej odczłowieczamy militarną rzeczywistość prowadzenia operacji hybrydowych. Pozwala ono bowiem wierzyć, że nie zapomnimy o tym, że mimo elektromagnetyzmu otaczającego Nas z każdej strony, największa energia jest w Nas samych.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] AAP-6 – 2014, *Słownik terminów i definicji NATO*.
- [2] Altman, J., 2016, *Russian A2/AD in the Eastern Mediterranean: A Growing Risk*, Naval War College Review, 69:1, <https://www.usnwc.edu/getattachment/4ac8b59c-4634-44b3-af06-dee0203d6c67/Russian-A2-ADin-the-Eastern-Mediterranean—A-Gro.aspx>, [dostęp: 25.04.2022 r.].



- 
- [3] Biersack J., O'Lear S., 2022, *The geopolitics of Russia's annexation of Crimea: narratives, identity, silences, and energy*, „Eurasian Geography and Economics”, Vol. 65, nr 4, s. 248–249.
- [4] Borysiewicz J., Gwizdała D. (red.), 2017, *Strategiczna Koncepcja Bezpieczeństwa Morskiego Rzeczypospolitej Polskiej*, wyd. BBN, Warszawa, s. 12.
- [5] Postma, R. W., 2012, *Constant Torque Spring Analysis: Stress Relaxation and Torque Loss*. Aerospace Report TOR-2012(3207) -9.
- [6] Shouran M., Anayi F., Packianather M., 2021, *A State-of-the-Art Review on LFC Strategies in Conventional and Modern Power Systems*, Advance Computing and Innovative Technologies in Engineering (ICACITE), s. 268-277.
- [7] Studański R., Brewka M., Studańska A., Wąs R., 2010, *Cyfrowy odbiór sygnałów systemu Inmarsat*, XVII International Scientific and Technical Conference - The role of navigation in support of human activity, Gdynia.
- [8] Wohlfarth B., Tarasov P., Bennike O., Lacourse T., Subetto D., Torssander P., Romanenko F., 2006, *Late glacial and Holocene palaeoenvironmental changes in the Rostov-Yaroslavl' area*, West Central Russia J. of Paleolimnol. 35, s. 543–569.

