The Central Research institute
of the Armed Forces of Ukraine

ISSN (print): 2786-9318
ISSN (online): 2786-9326
Military Science. Vol. 4 No. 2 (2026)

Received: *November 1, 2025* | **Revisions Requested:** - | **Revision Received:** -
Accepted: *December 17, 2025* | **Published Online:** *August 5, 2026*

Licensed (C) by Creative Commons Attribution International License 4.0 (CC BY-NC-SA)

DOI: 10.62524/msj.2026.4.2.8

Сенсорний шар протичовнової боротьби підводної війни майбутнього

Наталія Кучеренко
кандидат географічних наук
провідний науковий співробітник науково-дослідного відділу
проблем навігаційно-гідрографічного, гідрометеорологічного забезпечення
науково-дослідного управління розвитку системи оперативного (бойового)
забезпечення Військово-Морських Сил
науково-дослідного центру Збройних Сил України "Державний океанаріум"
Інститут Військово-Морських Сил
Національний університет "Одеська морська академія"
65029, вулиця Дідріхсона, 8, Одеса, Україна
e-mail: tulip2302@ukr.net
ORCID: 0009-0009-9461-1411

Борис Капочкін
кандидат геолого-мінералогічних наук
провідний науковий співробітник науково-дослідного відділу розвитку озброєння
та військової техніки Військово-Морських Сил
науково-дослідного управління розвитку озброєння та військової техніки
Військово-Морських Сил науково-дослідного центру
Збройних Сил України "Державний океанаріум"
Інститут Військово-Морських Сил
Національний університет "Одеська морська академія"
65029, вулиця Дідріхсона, 8, Одеса, Україна
e-mail: kapochkin.b@gmail.com
ORCID: 0000-0002-7004-3503

Анотація. На сучасному історичному етапі на заміну зброї, що характеризується індивідуальними тактичними прийомами і реалізує локальний принцип застосування, приходить зброя мережецентричної війни, яка передбачає об'єднання всіх сил і засобів, що беруть участь у бойових діях, в єдину мережу. Підводний човен діє індивідуально і вирішує локальну задачу. Для цього він має власну (інерціальну) систему позиціонування, що замінює інформаційний шар, власну сенсорну систему пошуку цілі та забезпечення ситуаційної обізнаності, власну систему ураження цілі й працює практично не використовуючи зв'язок. Авторитарні країни, насамперед рф, не мають перспектив опанувати шостий технологічний уклад з відповідними зразками новітньої зброї, але маючи на озброєнні підводні човни з ядерною зброєю ще деякий час впливатимуть на геополітичну ситуацію у світі. Метою дослідження є позбавлення підводного флоту авторитарних країн впливу на геополітику. Це досягатиметься шляхом створення ефективного сенсорного шару підводної війни, як комплексу неакустичних та гідроакустичних засобів спостережень. Мережецентрична гідроакустична система на відміну від позиційних аналогів минулого часу має підвищену

The Central Research institute
of the Armed Forces of Ukraine
ISSN (print): 2786-9318
ISSN (online): 2786-9326
Military Science. Vol. 4 No. 2 (2026)

надійність, бо не потребує прецезійної точності при максимальній дальності цілі. Неакустичні засоби, на відміну від гідроакустичних, мають значну площу покриття завдяки комплексному застосуванню різних методів фіксації демаскувальних ознак підводного човна, насамперед гідрохімічного сліду. Результати дослідження дозволяють застосувати на практиці новітні технології для фіксації компонентного складу поверхневого мікрошару океану і дистанційного виявлення практично безшумних підводних цілей, передусім носіїв ядерної зброї – підводних човнів типу "Борей" та швидкісних глибоководних ядерних торпед типу "Посейдон". Суттєве підвищення ситуаційної обізнаності у підводній війні та, відповідно, опанування переваг мережецентричної війни може дати не лише мережеве розгортання авіаційних засобів пошуку підводних човнів, а й їх ідентифікацію гідроакустичними засобами. Вдосконалення сенсорного шару мережецентричної підводної війни забезпечить вразливість підводних носіїв ядерної зброї і зменшить ризики застосування ядерної зброї.

Ключові слова: мережецентрична підводна війна, підводний човен, гідрохімічний слід, "горб Бернуллі", шумопеленгація.

Вступ (Introduction)

Війна майбутнього, відповідно до оперативних концепцій ВМС США, передбачає повне припинення застосування підводних човнів, зокрема атомних підводних човнів – важких ракетних крейсерів стратегічного призначення з атомним озброєнням на борту. Це пояснюється тим, що підводні човни не відповідають базовим принципам мережецентричної підводної війни. На заміну зброї, що характеризується індивідуальними тактичними прийомами і реалізує локальний принцип застосування, приходить мережецентрична війна, яка передбачає об'єднання всіх сил і засобів, що беруть участь у бойових діях, в єдину мережу. Мережецентрична війна, як система систем, передбачає мережеву систему збору та аналізу інформації, мережеву систему обміну даними і керування зброєю та мережеву систему ураження.

Мережецентрична війна нового гібридного типу швидкими темпами опановує принцип "демократизація насильства". "Демократизація насильства" це поняття, яке характеризує процес трансформації ведення сучасної війни, успіх, якій раніше був гарантований лише економічно розвинутим країнам з ядерним статусом, на більш широке коло країн, завдяки робототехниці, інформаційним технологіям (штучному інтелекту) і, як наслідок, появі на полі бою високоточного автономного озброєння. В результаті наявних трансформацій у військовій сфері країни з потужним ВВП, які мають на озброєнні авіаносці, важкі танки, далекобійну артилерію, ракети дальнього радіуса дії, виявилися вразливими перед високоточною автономною зброєю нового покоління, яка є доступною для виготовлення навіть йєменським хуситам. Завдяки цьому насильство, у вигляді сучасної війни нового гібридного типу, перестало бути прерогативою економічно розвинутих країн. За таких умов економічно слабкі, але технологічно (у військовому плані) розвинуті країни, отримали спроможності перемагати у війні, яскравим прикладом чого стала Україна.

Підводний човен діє індивідуально і вирішує локальну задачу. Для цього має власну (інерціальну) систему позиціонування, що замінює інформаційний шар, власну сенсорну систему пошуку цілі та забезпечення ситуаційної обізнаності, власну систему ураження цілі й працює практично не використовуючи зв'язок. Тому є підстави констатувати, що підводні човни з атомним озброєнням на борту ще тривалий час будуть підтримувати високий рівень ризиків виникнення ядерної війни. Це пов'язано з тим, що мережецентричний принцип підводної війни майбутнього, на базі гідроакустичних засобів у складі її сенсорного шару, знижує рівень ситуаційної обізнаності у підводному просторі у порівнянні з рубіжними та позиційними засобами пошуку підводних човнів минулого. Це відбувається з причини

ISSN (print): 2786-9318
ISSN (online): 2786-9326
Military Science. Vol. 4 No. 2 (2026)

обмеженої дальності дії акустичних засобів протичовнової боротьби засобами гідролокації і шумопеленгації. Суттєве підвищення ситуаційної обізнаності у підводній війні і, відповідно, опанування переваг мережецентричної війни може дати лише мережеве розгортання авіаційних та супутникових засобів пошуку підводних човнів (далі – ПЧ) з використанням неакустичних технологій спостереження за демаскувальними ознаками ПЧ на морській поверхні. Однак, достатня ефективність ідентифікації ПЧ може бути досягнута лише шляхом комплексного застосування дистанційних неакустичних методів з методами розпізнавання акустичної сигнатури ПЧ засобами шумопеленгації та гідролокації.

Авторитарні країни, насамперед рф, не мають перспектив опанувати шостий технологічний уклад з відповідними зразками новітньої зброї, але маючи на озброєнні підводні човни з ядерну зброю ще деякий час впливатимуть на геополітичну ситуацію у світі. Метою дослідження є позбавлення підводного флоту авторитарних країн впливу на геополітику. Це досягатимуть шляхом створення ефективного сенсорного шару підводної війни, як комплексу неакустичних та гідроакустичних засобів спостережень. Мережецентрична гідроакустична система на відміну від позиційних та рубіжних аналогів минулого часу має підвищену надійність, бо не потребує прецезійної точності при максимальній дальності цілі. Неакустичні засоби, на відміну від гідроакустичних, мають значну площу покриття завдяки комплексному застосуванню різних методів фіксації демаскувальних ознак підводного човна, насамперед бульбашкового сліду. Виконане дослідження дозволяє застосувати на практиці новітні технології для фіксації компонентного складу поверхневого мікрошару океану для дистанційного виявлення практично безшумних підводних цілей, передусім носіїв ядерної зброї підводних човнів типу “Борей” та швидкісних глибоководних ядерних торпед типу “Посейдон”.

Що стосується ВМС Збройних Сил України, у Чорноморській зоні відповідальності за відсутності власних ПЧ необхідна організація системи протичовнової боротьби (далі – ПЧБ) шляхом створення сенсорного шару мережецентричної підводної війни на базі сенсорного шару неакустичних засобів спостереження.

Огляд літератури (Literature review)

Найпоширенішим є пошук ПЧ гідроакустичними методами шумопеленгації за первинним акустичним полем. Інфразвукова складова гідроакустичної сигнатури підводного човна за наявності хвилеводу (підводного звукового каналу) дозволяла ефективно застосовувати у відкритому океані позиційні та рубіжні гідроакустичні комплекси системи типу SOSUS, більш сучасні пасивно-активні мультистатичні гідроакустичні комплекси. Ця система забезпечувала ситуаційну обізнаність вздовж східного кордону США у Північній Атлантиці, шириною до ста кілометрів. На сучасному науково-технічному рівні мережецентричний принцип ПЧБ реалізується шляхом створення мережі шумопеленгаторів на безпілотних платформах, наприклад, в рамках проєкту “Морська безпілотна протичовнова система” (MUSAS) [17]. Такою платформою може бути гібридний квадрокоптер типу “Aqua-Quad” – безпілотний літальний апарат для виявлення рухомих ПЧ за первинним акустичним полем (застосовується у ВМФ США) [9]. У перспективі Aqua-Quad може бути замінений аналогічним гібридним безпілотником CRACUNS, розробленим для ВМС США. CRACUNS розрахований на перебування під водою протягом декількох місяців, дозволяючи тривалий час вести прослуховування акваторії та, в разі виявлення і класифікації підводної цілі, спливати на поверхню для передачі отриманої інформації.

Альтернативою для гібридних засобів є підводні безпілотні апарати планерного типу (глайдер). Так, глайдер “Slocum” є платформою шумопеленгатора і стоїть на озброєнні ВМФ США [3]. У Світовому океані вже створені підводні мережі ПЧБ на основі підводних глайдерів: Австралія (IMOS), Європа (EGO/Coriolis) та США (IOOS) [4, 5]. ГНІЦ РТ

ISSN (print): 2786-9318
ISSN (online): 2786-9326
Military Science. Vol. 4 No. 2 (2026)

міноборони рф також розроблена мережева система ПЧБ, що діє на базі глайдерів.

Пошук ПЧ, що знаходиться у рухомому чи нерухомому режимах, дистанційними методами включає відеоспостереження у оптичному діапазоні, зокрема лазерними засобами та магнітометрами. Нерухомий підводний човен у підводному положенні може генерувати аномалії у розповсюдженні внутрішніх хвиль [12]. У рухомому режимі ПЧ генерує збурення електромагнітного поля океану, що виникають шляхом індукції турбулентності (морська вода є провідником електричного струму) в умовах магнітного поля Землі [6]. Пошук рухомих ПЧ виконують за демаскувальними ознаками, такими як кільватерний слід, аномалія топографії морської поверхні, що формується над ПЧ. На рис. 1 показано супутниковий знімок демаскувальної ознаки – "горба Бернуллі", над підводним човном на виході з ВМБ у Гданській затоці (Польща). Довжина демаскувальної ознаки складає не менше ніж 400 м.



Рисунок 1. Фото морської поверхні на виході з порту "Гданськ" (Польща)

Розглянемо загальновідомі дистанційні неакустичні методи пошуку підводних човнів, узагальнені у публікації T. Stefanik [13]. Головна фізична демаскувальна ознака ПЧ на морській поверхні – це слід, створений рухомим ПЧ. Характеристики сліду ПЧ визначаються: габаритами ПЧ, швидкістю його руху, глибиною занурення. Низка окремих фізичних явищ, які прямо або опосередковано викликані рухом ПЧ – це "горб Бернуллі", хвилі Кельвіна [10], аномалії внутрішніх хвиль, проявлені на поверхні моря [6], турбулентний слід [11], слід каламутності [6], біолюмінесцентний слід тощо.

Демаскувальна ознака ПЧ "Горб Бернуллі" розпізнана на рис. 1 як зона оптичної тіні на водній поверхні. Радіолокатор з синтезованою апертурою (SAR), лазерний сканер також можуть бути використані для фіксації "горба Бернуллі". Але вважається, що найбільшу інформативність має кільватерний слід, як турбулентний слід, який на поверхні моря проявлений смугою пригніченості поверхневих капілярних хвиль.

На рис. 2 показано супутникове радіолокаційне зображення корабля та його кільватерного сліду, які були отримані за допомогою радара ALOS PALSAR [12].

Довжина кільватерного сліду може вимірюватися десятками кілометрів. Кільватерний слід є найбільш інформативним на зображеннях SAR у HH-поляризації. Метод дозволяє отримувати інформацію цілодобово і майже незалежно від погодних умов.

The Central Research institute
of the Armed Forces of Ukraine

ISSN (print): 2786-9318
ISSN (online): 2786-9326
Military Science. Vol. 4 No. 2 (2026)

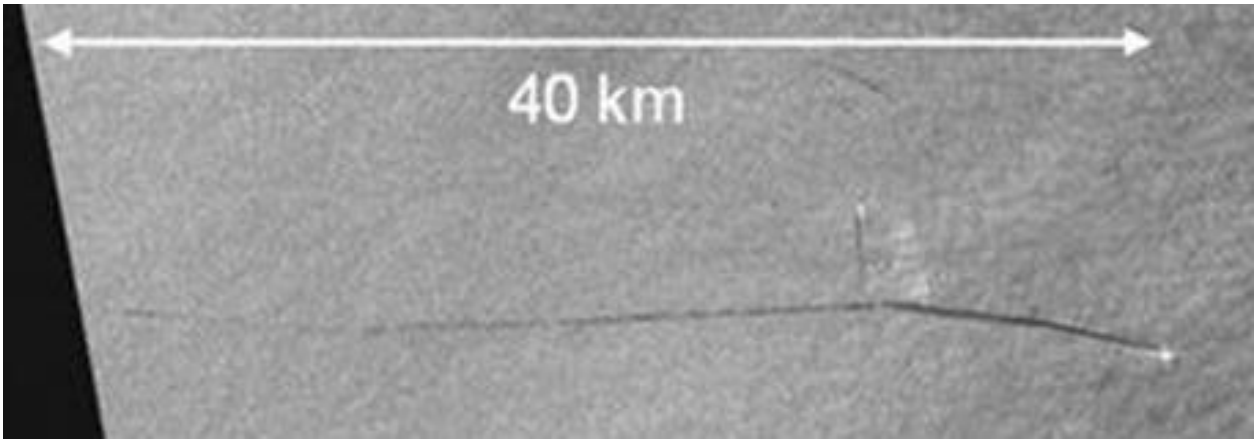


Рисунок 2. Зображення корабля та його кільватерного сліду, отримане радаром ALOS PALSAR [12]

Неакустичні методи ПЧБ включають фіксацію аномалій магнітного поля, кільватерного сліду, спостереження за демаскувальними ознаками на морській поверхні і використовуються протичовновими літаками типу Boeing P-8 Poseidon. Спостереження за кільватерним слідом можуть виконуватися і зі стратосферних БпЛА типу "Zefir-8", бо "Zefir-8" є платформою SAR з режимом індикації рухомих цілей (Moving Target Indicator). Цей режим забезпечує відстеження рухомих ПЧ за такими демаскувальними ознаками: "Горб Бернуллі", кільватерний слід, "хвилі Кельвіна".

Матеріали та методи (Materials and Methods)

Гідроакустичні методи, на відміну від дистанційних методів моніторингу морської поверхні, дозволяють за акустичною сигнатурою класифікувати підводну ціль. Але особливості нелінійного розповсюдження акустичних хвиль у підводному просторі негативно впливають на дальність, на співвідношення сигнал / шум та порушують безперервність поширення сигналу у горизонтальній площині (в основному завдяки рефракції). Неприпустимо низька ефективність сучасних гідроакустичних засобів протичовнової боротьби підтверджена інцидентом за участю підводного човна ВМФ рф у територіальних водах Швеції, який відбувся 19.10.2014 року. Цього дня засоби радіорозвідки Швеції зафіксували інформацію про час і приблизний район аварії підводного човна. Протягом декількох діб у районі місця аварії підводного човна на площі лише 30×60 км безуспішно виконувалися дії з ПЧБ. Були задіяні найсучасніші гідроакустичні методи та засоби ПЧБ. У результаті, координати ПЧ не були визначені, і через декілька діб підводний човен рф успішно покинув район аварії [16].

Нами також було виконано аналіз ефективності застосування сучасних гідроакустичних засобів, що встановлені на підводних човнах з метою уникнення навігаційних перешкод та виявлення підводних цілей. У період з 1980-го по 2020 роки у Світовому океані зафіксовано 14 зіткнень підводних човнів з навігаційними перешкодами, 21 випадок зіткнення підводного човна з надводним кораблем, 8 випадків зіткнень двох підводних човнів. Як приклад, можна навести зіткнення 03.02.2009 р. під водою атомних підводних човнів Великої Британії "Vanguard" та Франції "Le Triomphant" [19]. Зазначена статистика свідчить про те, що низька ефективність штатних засобів гідролокації ПЧ, які призначені для відстеження навігаційних перешкод (рельєфу морського дна та льодових умов у поверхневому шарі), привела до 14 випадків зіткнення ПЧ зі скелями та айсбергами. 21-ше зіткнення з кораблями свідчить про низьку ефективність не тільки засобів гідролокації, а й засобів шумопеленгації, що

ISSN (print): 2786-9318
ISSN (online): 2786-9326
Military Science. Vol. 4 No. 2 (2026)

встановлені на підводних човнах для виявлення підводних та надводних цілей. Факт 8 зіткнень двох підводних човнів свідчить про одночасну неефективну роботу штатних гідроакустичних засобів, що працюють з первинним та вторинним акустичним полями на обох ПЧ.

Практичний досвід невідповідної ефективності засобів виявлення підводного човна за первинним акустичним полем свідчить про те, що створення ефективного сенсорного шару ПЧБ підводної мережецентричної війни потребує занадто щільної мережі гідрофонів. Відповідно до результатів досліджень, опублікованих у роботі Sunhyo Kim [15], мережа підводних акустичних датчиків може вимагати відстані між гідрофонами навіть менше ніж 2 км. Розгортання перманентних мереж такої щільності у Світовому океані не може бути реалізовано на практиці. Тому сенсорний шар ПЧБ підводної війни майбутнього має бути створений за іншими фізичними принципами.

Сенсорну перманентну мережу ПЧБ підводної війни забезпечує угруповання низькоорбітальних супутників з SAR, що забезпечує моніторинг поверхні Світового океану за демаскувальними ознаками рухомого ПЧ. “Горб Бернуллі” має незначний розмір демаскувальної ПЧ ознаки на морській поверхні, бо за довжиною він лише у 2–3 рази перевищує розмір підводного човна. Враховуючи неповне покриття поверхні океану треками угруповання низькоорбітальних супутників з SAR, більш інформативною може бути демаскувальна ознака підводного човна – кільватерний слід.

Результати і обговорення (Results and Discussions)

Кільватерний слід класифікують, як зону відсутності (значного зменшення) поверхневого, насамперед капілярного хвилювання, за рухомим ПЧ, яка відповідає траєкторії його руху. У наукових колах ця демаскувальна ознака ПЧ розглядається у дуже обмеженому спектрі проявлення на морській поверхні, що безумовно знижує ефективність його використання в інтересах ПЧБ. Однак, кільватерний слід одночасно проявляється у декількох додаткових фізичних полях, які досліджуються іншими системами спостережень. Комплексне застосування різних засобів виявлення кільватерного сліду за різними демаскувальними ознаками значно підвищує вірогідність виявлення підводного човна.

Розглянемо спочатку фізику процесу виникнення кільватерного сліду за рухомими об’єктами у водному середовищі. Виникнення ефекту відсутності капілярного хвилювання у кільватерному сліді пояснювалося ефектом в’язкої пружності поверхневих плівок, який нібито призводить до придушення гравітаційно-капілярних хвиль Брегівського розсіювання [8], [12]. Однак, до теперішнього часу точно невідомо, яким чином кінетична енергія вітру передається до поверхні океану, формуючи поверхневі хвилі. Однією з точок зору на цей процес є вплив тангенційної складової сили вітру на створення гравітаційних капілярних хвиль, без яких подальший розвиток хвилювання (передача енергії вітру поверхні води) утруднений. Створення капілярних гравітаційних хвиль залежить від сили поверхневого натягу морської води, який у неї є аномально великим. За умовної “відсутності” поверхневого натягу капілярні хвилі не формуються і передача енергії вітру поверхні рідини відбувається іншим способом, який є менш ефективним. Максимальний вплив на зменшення сили поверхневого натягу води мають поверхнево-активні речовини, далі ПАР [7].

На нашу думку, важливо враховувати, що кільватерний слід, як прояв аномалії пригнічення капілярних хвиль, зафіксований радіолокаційними засобами, одночасно фіксуватиметься позитивною аномалією температури плівки поверхнево-активної речовини, яка покриває аномально холодний поверхневий мікрошар океану [1]. У кільватерному сліді позитивна температурна аномалія фіксується супутниковими інфрачервоними радіометрами, які утворюють окреме супутникове угруповання. Крім того, плівка ПАР у кільватерному сліді одночасно фіксуватиметься позитивною аномалією відбитого сонячного випромінювання у зеленій частині спектра оптичного діапазону [1], і фіксується супутниковими

ISSN (print): 2786-9318
ISSN (online): 2786-9326
Military Science. Vol. 4 No. 2 (2026)

мультиспектральними засобами, які також утворюють окреме (додаткове) супутникове угруповання.

Комплексний аналіз демаскувальних ознак ПЧ на поверхні океану методами SAR, інфрачервоної радіометрії, мультиспектральної радіометрії, лазерної спектрометрії (як буде показано далі) насамперед підвищує показник надійності та безперервності моніторингу морської поверхні в інтересах ПЧБ у часі та просторі.

Результати наукових досліджень у двох різних напрямах: фізики – дослідження фізичних характеристик, особливостей та функцій поверхневого мікрошару океану та дослідження геохімічних процесів флотації у водній товщі океану призвели до відкриття "гідрохімічного сліду", який генерує рухомий підводний човен. Науковий напрям пошуку підводного човна за новою демаскувальною ознакою на морській поверхні – за "гідрохімічним слідом" – був започаткований ще у 1985–1990 роках авторами цієї публікації. Теоретичними методами було забезпечено наукове обґрунтування поверхневого мікрошару океану, який більш коректно називати у англійському варіанті "skin-layer" (шкіра – шар у буквальному перекладі; шкіра водного середовища у цьому випадку), як 2D інформаційна площина. Інформаційність "skin-layer" полягає у тому, що він "консервує" у часі та просторі ознаки проходження ПЧ. Науково-технологічний рівень зазначеної ознаки "skin-layer" полягає у тому, що цей поверхневий мікрошар гідросфери Землі є стійко стратифікованим, тобто існує постійно на поверхні води, має особливу структуру, виконує функції саморегуляції взаємодії океану і атмосфери. Дослідження у цьому напрямку проводились протягом декількох десятиліть вченими Інституту Гідромеханіки НАНУ (під керівництвом академіка О. Д. Федоровського), Державного океанографічного інституту (В. І. Михайлов [7]), МГУ ім. Ломоносова (С. Н. Дружинін, В. Л. Лебедєв, А. І. Гінзбург) та багатьма іншими. Однак, їх численні експериментальні та теоретичні дослідження базувались на помилковому допущенні про нестійку стратифікацію поверхневого мікрошару гідросфери. Наші наукові дослідження фізичної природи "skin-layer" (Н. В. Кучеренко) проходили у гідроакустичному відділенні Морського Гідрофізичного Інституту НАНУ в рамках супутникової програми дослідження Світового океану на підсупутниковому морському контрольно-калібрувальному полігоні у Чорному морі на острові Тендра і дали абсолютно неочікуваний і дуже важливий результат. Фундаментальність цього дослідження полягає у відкритті фізичного явища стійкої стратифікації "skin-layer", незважаючи на його низьку температуру і високу солоність. "Skin-layer" характеризується високою стабільністю, існує навіть у штормових умовах. Технологічність "skin-layer" підтверджена тим, що авіаційні та супутникові методи дослідження океану сканують лише "skin-layer" і не глибше. Тобто, пошук ПЧ супутниковими методами обмежений тонким поверхневим мікрошаром, інша інформація про океан для систем супутникового моніторингу практично недоступна.

Іншим співавтором (Б. Б. Капочкін), в результаті експедиційних емпіричних досліджень, що проходили в рамках Державної програми Міністерства геології СРСР "Світовий океан" у Чорному морі, Індійському та Тихому океанах, експериментальним шляхом було виявлено, що у "skin-layer" над місцями аерліфтингу газових бульбашок, тобто над газовими родовищами та над підводними гідротермами, за рахунок явища флотації на тривалий час "консервуються" гідрохімічні аномалії важких металів.

Надалі нами було встановлено, що умови вертикального розподілу змін концентрацій розчинених газів в океані у сукупності з особливостями вертикального розподілу температури та тиску, за умов кавітації рушіями підводного човна та наступної дегазації, сприяють виникненню лавиноподібного вивільнення газів з розчиненого стану у вільний – бульбашки. Бульбашки піднімаються вгору, адсорбуючи певний комплекс розчинених у воді елементів (флотація), виносять їх до поверхні, формуючи за підводним човном гідрохімічний слід. Важливо звернути увагу на те, що зі збільшенням глибини занурення ПЧ контрастність і

ISSN (print): 2786-9318
ISSN (online): 2786-9326
Military Science. Vol. 4 No. 2 (2026)

тривалість існування його кільватерного сліду не зменшується, а збільшується.

На підставі отриманих наукових результатів нам було видано авторське свідоцтво СРСР № 277602 (гриф "Таємно") від 01.07.1987 на винахід способу пошуку підводного човна за ознаками "гідрохімічного сліду", а згодом, 01.12.1989, отримано авторське свідоцтво № 305157 (гриф "Таємно") [1], яке розширювало можливості пошуку ПЧ. Доступ до зазначених українських технологій, які випередили час більше ніж на 30 років, наразі має виключно рф. Зараз геополітична ситуація є такою, що союзниками України є демократичні країни, зокрема морські ядерні держави (США, Велика Британія, Франція), а авторитарна рф, за підтримки Північної Кореї та Ірану, ведуть неспровоковану ганебну війну проти народу України. Тому відповідно до Постанови Кабінету Міністрів України від 24 квітня 2019 р. № 358 "Про припинення для України дії Угоди про взаємне забезпечення збереження міждержавних секретів у галузі правової охорони винаходів" створено юридичні підстави для надання інформації про українські технології широкому колу наших союзників. Слід зазначити, що зацікавленість США в розробках українських вчених з ПЧБ-технологій проявилася ще у 1986 році деякими профілактичними діями КДБ СРСР під час оформлення заявки на винахід. Після невдалих спроб отримати доступ до технологій агентурним шляхом, у травні 1988 року на перших сторінках журналу *Scientific American* була надрукована стаття "Неакустичні методи виявлення підводних човнів" [13], у якій прямим текстом заявлялося про зацікавленість США у наших наукових розробках з неакустичних методів пошуку ПЧ. Мова йде про вплив рушіїв підводних цілей на водне середовище з описаною вище відповідною генерацією гідрохімічного сліду, який дистанційно фіксується методом лазерної спектроскопії. Як вже було зазначено, технологія значно випередила час, адже спроможність фіксувати гідрохімічний слід важких металів за ПЧ-методом лазерної спектроскопії виникає тільки зараз. Тобто здається, що ВМФ рф не мала достатнього технологічного рівня для застосовування демаскувальної ознаки на поверхні моря (гідрохімічного сліду) для пошуку ПЧ провідних країн блоку НАТО.

Наукові дослідження у цьому напрямі були продовжені та розширені. Декілька років тому у матеріалах заявки на винахід "Спосіб пошуку підводних цілей за бульбашковим слідом" за № a2020000044 від 02.01.2020 р., розробленої відповідно до щорічного плану ВНУ ГШ ЗС України, наводиться інформація стосовно технології пошуку ПЧ комплексом з двох методів: за первинним акустичним полем та за аномаліями у оптичному спектральному діапазоні. Матеріали у відкритому доступі (гриф "Таємно" знято рішенням заступника МО України від 16.02.2021). Отримані результати доцільно проаналізувати в сукупності з результатами експериментів дослідження кільватерного сліду за ознаками поверхневого хвилювання (радіолокаційний метод) та наявності у кільватерному сліді бульбашок (гідроакустичний метод) [14], [18]. Крім того, слід залучити до аналізу експериментальні дані, опубліковані у роботі В. А. Буланова [2], де показано, що бульбашки газу діаметром більше ніж 0.5 мм спливають до поверхні, дрібні бульбашки діаметром близько 0.025 мм розчиняються у воді, а бульбашки середніх розмірів (0.07–0.3 мм) існують довше дрібних і великих, тому вони мають найбільшу концентрацію в об'ємі води поверхневого шару. Сонограма кільватерного сліду надводного корабля свідчить, що у кільватерному сліді бульбашки з діаметром більше ніж 3 мм мають типову швидкість спливання до 10 см/с. Бульбашки з діаметром понад 0,07 мм (ті, що не розчиняються у воді а повільно підіймаються) мають типову швидкість спливання до 0,1 см/с [12]. Тобто у кільватерному сліді діють одночасно і пролонговано сили дисипації сліду від бульбашок діаметром 3 мм та його відновлення бульбашками діаметром до 0,07 мм.

Слід також більш детально розглянути результати сонарного зондування кільватерного сліду кораблів довжиною близько 100 м, що відповідає розміру типового ПЧ [12]. Ідея проведеного натурного експерименту полягала у тому, щоб кілька разів перетнути

The Central Research institute
of the Armed Forces of Ukraine

ISSN (print): 2786-9318
ISSN (online): 2786-9326
Military Science. Vol. 4 No. 2 (2026)

кільватерний слід корабля сонаром саме у той час, коли здійснювалося сканування морської поверхні супутниковим радаром TerraSAR-X. Приклад отриманих даних сонара в 3D-варіанті показаний на рис. 3.

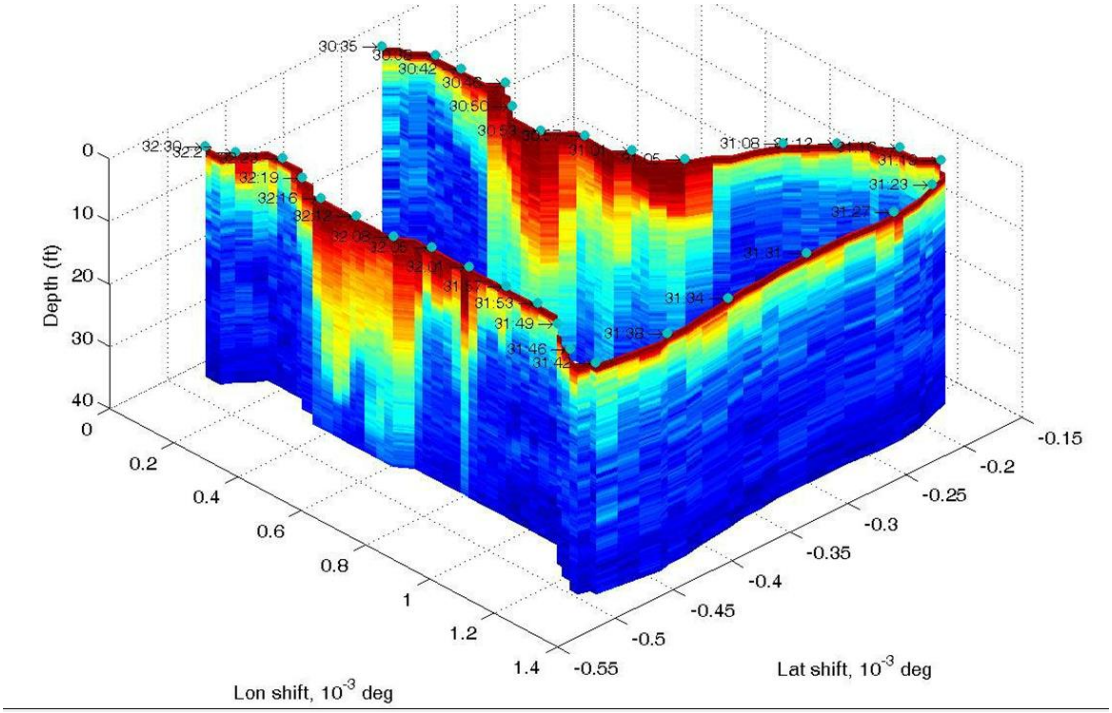


Рисунок 3. 3D-ілюстрація частини корабельного сліду у профілі сонара (частота 200 кГц) після проходження корабля [12]

Авторами [12] було встановлено, що довжина осьової лінії сліду за кораблем на знімках SAR корелює з наявністю його гідроакустичної сигнатури. За даними експерименту [12] було підтверджено також нашу гіпотезу про те, що в реальних умовах гідроакустичні і SAR-сигнатури кільватерного сліду можуть не збігатися, бо радіолокаційний слід може зсуватися в напрямку дії вітру, а гідроакустичний слід залишатиметься вздовж центральної осі руху корабля, тобто не спотворюється течією. Результати цього експерименту дозволяють нам зробити власні додаткові висновки. Визначено, що бульбашковий слід за кораблем має ширину 100–200 м і простягається на глибину не менше ніж 20 м. Нами встановлено, що бульбашки газу генеруються на різних глибинах та мають різний розмір, тому з'являються біля морської поверхні пролонговано у часі. Тому дисипація кільватерного сліду, як демаскуювальної ознаки ПЧ на поверхні океану, яка з часом мала б спотворювати плівки ПАР на поверхні, не відбувається, адже безперервно на поверхню виносяться нові порції ПАР, і цей процес триває доти, доки не піднімуться до поверхні останні бульбашки, генеровані рушієм корабля. Тобто встановлено, що кільватерний слід не розширюється з часом за рахунок того, що незалежно від стратифікації водної товщі, вертикальний обмін газами в океані на порядки вище горизонтального газообміну, тому розмивання кільватерного сліду дуже уповільнене в часі, що підтверджено радіолокаційним зображенням кільватерного сліду на рис. 2.

Важливо також надати інформацію, що у розвиток і на підставі розробленого нами "Способу пошуку підводних цілей за бульбашковим слідом" та інших інноваційних розробок, ще у 2018 році було надано на затвердження у МО України оперативно-тактичні вимоги до підсупутникових (стратосферних) безпілотних авіаційних комплексів з SAR та гібридних гідроакустичних БпЛА морського базування в інтересах ПЧБ.

ISSN (print): 2786-9318
ISSN (online): 2786-9326
Military Science. Vol. 4 No. 2 (2026)

Висновок (Conclusion)

У результаті комплексного дослідження переваг та недоліків акустичних та неакустичних методів пошуку підводних човнів, з метою розширення просторових масштабів та підвищення ефективності гібридного сенсорного шару ПЧБ мережецентричної війни, можуть бути запропоновані варіанти покрокового застосування ефективних технологій ПЧБ. Дистанційні методи спостереження за демаскувальними ознаками ПЧ на поверхні океану використовуються у комплексі з гідроакустичними, як це пропонується у "Способі пошуку підводних цілей за бульбашковим слідом" за № a2020000044 від 02.01.2020 р. Під час спостережень переваги дистанційних методів використовуються для пошуку рухомого підводного човна, визначення його курсу і кінцевої цілі. Переваги гідроакустичних методів використовуються для отримання акустичної сигнатури ПЧ, індикації його класу та відповідних бойових спроможностей.

Рекомендації (Recommendations)

Автори вважають, що вдосконалення сенсорного шару ПЧБ мережецентричної війни, шляхом розширення просторового масштабу мережі та підвищення ефективності ПЧБ, приведе до підвищення вразливості атомних підводних човнів-носіїв ядерної зброї до критичного рівня і, відповідно, до зменшення ризиків ядерного конфлікту. Це підтверджує факт того, що за декілька діб до широкомасштабного вторгнення рф в Україну ВМФ США, з метою підвищення готовності до можливої ескалації ядерного конфлікту із застосуванням ПЧ рф, вперше розгорнула у Північній Атлантиці не перманентну, а тимчасову (може діяти до 70–100 діб) систему шумопеленгації (рис. 4) за мережецентричним принципом дії [20]. З двох цивільних суден було розгорнуто більше ніж 3 тисячі гідроакустичних буїв нової модифікації.

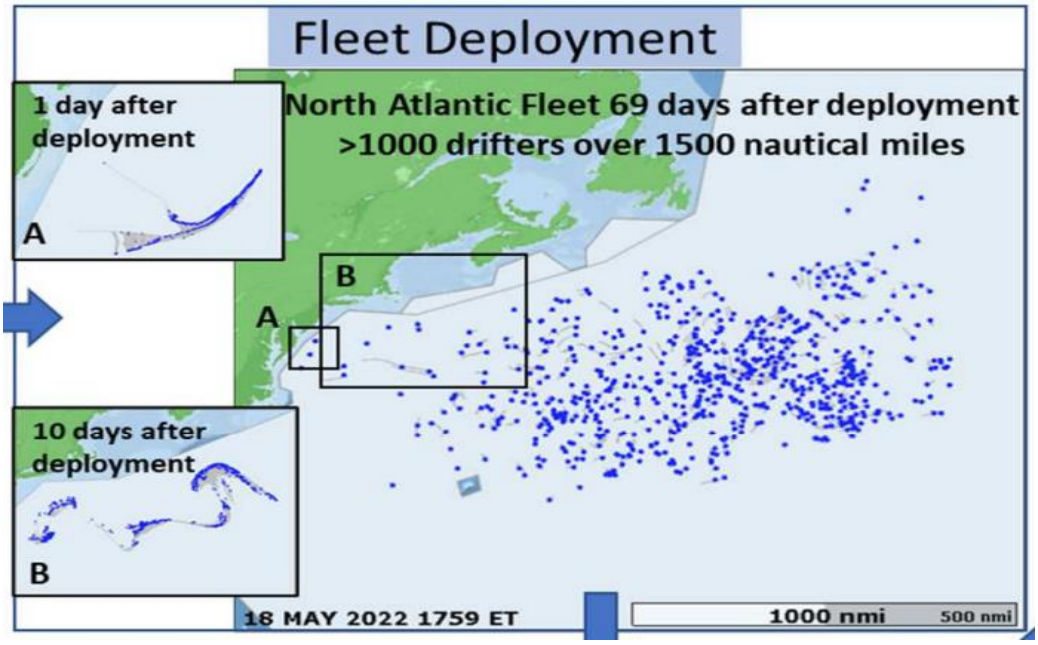


Рисунок 4. Карта гідроакустичних буїв ПЧБ ВМФ США у Північній Атлантиці станом на 18.05.2022 р. [20]

У Чорноморському регіоні ВМС ЗС України, за відсутності власних ПЧ, потребують негайної організації системи ПЧБ, шляхом створення сенсорного шару мережецентричної підводної війни на базі сенсорного шару неакустичних засобів спостереження.

ISSN (print): 2786-9318
ISSN (online): 2786-9326
Military Science. Vol. 4 No. 2 (2026)

Конфлікт інтересів (Conflict of Interest)

Автори заявляють, що у них немає конкуруючих інтересів за тематикою статті.

Використані джерела

1. Башкиров, Г. С., & Кучеренко, Н. В. (1989). (Авторське свідоцтво № 305157).
2. Буланов, В. А., & Стороженко, А. В. (2017). Особенности рассеяния звука и структура микронеоднородностей в мелком море. *Тихоокеанский океанологический институт имени В.И. Ильичева ДВО РАН.* http://pacificinfo.ru/data/cdrom/11/inc/r4_pdf/shultz/7. pdf
3. Daniel, L., Rudnick, Russ E., Scripps, D., Eriksen, Ch. C., David, M., & Perry, M.-J. (2004). Underwater Gliders for Ocean. *Marine Technology Society Journal, 38* (1), 48–59. http://pordlabs.ucsd.edu/rdavis/publications/MTS_Glider.pdf
4. Integrated Marine Observing System (IMOS). (2024, March 1). *Active Global Glider Tracks.* https://anfog.ecm.uwa.edu.au/index.php?page=global_gliders
5. Integrated Marine Observing System (IMOS). (2024, March 3). *IMOS Ocean Gliders.* https://anfog.ecm.uwa.edu.au/?page=slocum
6. Matt, S., Fujimura, A., Soloviev, A., Rhee, S. H., & Romeiser, R. (2014). Fine-scale features on the sea surface in SAR satellite imagery. *Ocean Sci, 10,* 427–438. https://doi:10.5194/os-10-427-2014
7. Михайлов, В. И. (1994). *Поверхностный микрослой Мирового океана* [Дис. докт. геогр. наук, Морський гідрофізичний ін-т НАН України]. https://earthpapers.net/poverhnostnyy-mikrosloy-mirovogo-okeana-gidrotehnicheskie-i-fizicheskie-osobennosti
8. Milgram, J. H., Skop, R. A., Peltzer, R. D., & Griffin, O. M. (1993). Modeling short sea wave energy distributions in the far wakes of ships. *Journal of Geophysical Research, 98* (C4), 7115–8370.
9. Peter, C. Chu, & Loney, R. (2019, March 22). Cason Feasibility Study on Unmanned Aerial Vehicle-Based Undersea Acoustic Sensing. *Journal of Oceanography and Marine Research, 7* (192), 1–4. https://www.longdom.org/open-access/feasibility-study-on-unmanned-aerial-vehiclebased-undersea-acoustic-sensing-25889.html
10. Reed, A. M., & Milgram ,J. H. (2002). Ship wakes and their radar images. *Annual Review of Fluid Mechanics, 34*, 469–502.
11. Rhee, S. H., & Kim, H. A. (2008). suggestion of gap flow control devices for the suppression of rudder cavitation. *J. Mar. Sci. Technol, 13*, 356–370.
12. Soloviev, A., Ch., Maingot, M., Agor, L., Nash, K. Dixon. (2012). 3D Sonar Measurements in Wakes of Ships of Opportunity. *Journal of atmospheric and oceanic technology, 29*, 880–886.
13. Stefanik T. (1988, March). The Nonacoustic Detection of Submarines. *Scientific American Magazine, 238* (3), 41.
14. Shen C., & Lemmin U. (1998). A new method for probing the turbulence scalar spectrum by ultrasonic sonar scanning. *Journal Experiments in Fluids, 24* (1), 90–92.
15. Sunhyo Kim, Jee Woong Choi. (2017, Oct. 20). Optimal Deployment of Sensor Nodes Based on Performance Surface of Underwater Acoustic Communication. *Sensors. Advances and Challenges in Underwater Sensor Networks, 17* (10), 2389. https://doi.org/10.3390/s17102389
16. Thelocal.se. *Sweden calls off suspect submarine search* (2014, Oct. 24). https://www.thelocal.se/20141024/submarine-search-called-off
17. The Permanent Structured Cooperation (PESCO). (2020, Jul. 31). *Harbour & Maritime Surveillance and Protection.* https://pesco.europa.eu/project/harbour-and-maritime-surveillance-and-protection/
18. Weber, T. C., Lyons, A. P., & Bradley, D. L. (2005). An estimate of the gas transfer rate from oceanic bubbles derived from mul-tibeam sonar observations of a ship wake. *J. Geophys, Res.*,110 C04005. https://doi:10.1029/2004JC002666.

ISSN (print): 2786-9318
ISSN (online): 2786-9326
Military Science. Vol. 4 No. 2 (2026)

19. Wikipedia.org. (2024, March 1). *Accidents on submarines (since 1945.)* https://ru.wikipedia.org/wiki/Accidents on submarines (since 1945).
20. Steven Neltner, Michael Gray Low-Cost. *Intelligent Drifter Fleet for Large-Scale, Distributed Ocean Observation*. https://oceanofthings.darpa.mil/reference_docs/PARC_drifter_IEEE_full_paper_Oct_2022.pdf

References

1. Bashkyrov, G. S., & Kucherenko, N. V. (1989). (Copyright certificate № 305157).
2. Bulanov, V. A. & Storozhenko, A. V. Features of sound scattering and the structure of microinhomogeneities in the shallow sea. Pacific *Oceanological Institute named after V.I. Ilyycheva DVO RAS.* http://pacificinfo.ru/data/cdrom/11/inc/r4_pdf/shultz/7. Pdf
3. Daniel, L., Rudnick, Russ E., Scripps, D., Eriksen, Ch. C., David, M., & Perry, M.-J. (2004). Underwater Gliders for Ocean. *Marine Technology Society Journal, 38* (1), 48–59. http://pordlabs.ucsd.edu/rdavis/publications/MTS_Glider.pdf
4. Integrated Marine Observing System (IMOS). (2024, March 1). *Active Global Glider Tracks.* https://anfog.ecm.uwa.edu.au/index.php?page=global_gliders
5. Integrated Marine Observing System (IMOS). (2024, March 3). *IMOS Ocean Gliders.* https://anfog.ecm.uwa.edu.au/?page=slocum
6. Matt S., Fujimura A., Soloviev A., Rhee S. H., & Romeiser R. (2014). Fine-scale features on the sea surface in SAR satellite imagery. *Ocean Sci, 10,* 427–438. https://doi:10.5194/os-10-427-2014.
7. Mikhailov, V. I. (1994). *Surface microlayer of the World Ocean.* [Dis. Doctor of Geogr. Sciences, Marine Hydrophysical Institute of the]. https://earthpapers.net/poverhnostnyy-mikrosloy-mirovogo-okeana-gidrotehnicheskie-i-fizicheskie-osobennosti
8. Milgram, J. H., Skop, R. A., Peltzer, R. D., & Griffin, O. M. (1993). Modeling short sea wave energy distributions in the far wakes of ships. *Journal of Geophysical Research, 98* (C4), 7115–8370.
9. Peter, C. Chu, & Loney, R. (2019, March 22). Cason Feasibility Study on Unmanned Aerial Vehicle-Based Undersea Acoustic Sensing. *Journal of Oceanography and Marine Research, 7* (192), 1–4. https://www.longdom.org/open-access/feasibility-study-on-unmanned-aerial-vehiclebased-undersea-acoustic-sensing-25889.html
10. Reed, A. M., & Milgram, J. H. (2002). Ship wakes and their radar images. *Annual Review of Fluid Mechanics, 34,* 469–502.
11. Rhee, S. H., & Kim, H. A. (2008). suggestion of gap flow control devices for the suppression of rudder cavitation. *J. Mar. Sci. Technol,* 13, 356–370.
12. Soloviev, Ch., Maingot, M., Agor, L., & Nash, K. Dixon. (2012). 3D Sonar Measurements in Wakes of Ships of Opportunity. *Journal of atmospheric and oceanic technology, 29,* 880–886.
13. Stefanik, T. (1988, March). The Nonacoustic Detection of Submarines. Scientific American *Magazine, 238* (3), 41.
14. Shen, C., & Lemmin, U. (1998). A new method for probing the turbulence scalar spectrum by ultrasonic sonar scanning. *Journal Experiments in Fluids, 24* (1), 90–92.
15. Sunhyo Kim, Jee Woong Choi. (2017, Oct. 20). Optimal Deployment of Sensor Nodes Based on Performance Surface of Underwater Acoustic Communication. Sensors. *Advances and Challenges in Underwater Sensor Networks, 17* (10), 2389. https://doi.org/10.3390/s17102389.
16. Thelocal.se. *Sweden calls off suspect submarine search* (2014, Oct. 24). https://www.thelocal.se/20141024/submarine-search-called-off
17. The Permanent Structured Cooperation (PESCO). (2020, Jul. 31). *Harbour & Maritime Surveillance and Protection.* https://pesco.europa.eu/project/harbour-and-maritime-surveillance-and-protection/

ISSN (print): 2786-9318
ISSN (online): 2786-9326
Military Science. Vol. 4 No. 2 (2026)

18. Weber, T. C., Lyons, A. P., & Bradley, D. L. (2005). An estimate of the gas transfer rate from oceanic bubbles derived from mul-tibeam sonar observations of a ship wake. *J. Geophys, Res.*110. C04005. https://doi:10.1029/2004JC002666.
19. Wikipedia.org. (2024, March 1). *Accidents on submarines* (since 1945) https://ru.wikipedia.org/wiki/Accidents on submarines (since 1945).
20. Steven Neltner, Michael Gray Low-Cost. *Intelligent Drifter Fleet for Large-Scale, Distributed Ocean Observation.* https://oceanofthings.darpa.mil/reference_docs/PARC_ drifter_IEEE_full_paper_Oct_2022.pdf.

The touch layer of the search for submarines of the underwater war in the future

Nataliia Kucherenko
candidate of geographical sciences
leading researcher of the research department of the problems
of navigation-hydrographic, hydrometeorological support of the research management
of the development of the system of operational (combat) support of the Naval Forces
of the research center of the Armed Forces of Ukraine "State Oceanarium"
Naval Institute of the National University "Odesa Maritime Academy"
65029, Didrichsona Street, 8, Odesa, Ukraine
e-mail: tulip2302@ukr.net
ORCID: 0009-0009-9461-1411

Borys Kapochkin
candidate of geological and mineralogical sciences
leading research associate of the Scientific Research Section of Armament and Military Equipment
Development of the Naval Forces Scientific Research Department of Armament and Military
Equipment Development of the Naval Forces of the Research Center
of the Armed Forces of Ukraine "State Oceanarium"
Naval Institute of the National University "Odesa Maritime Academy"
65029, Didrikhsona Street, 8, Odesa, Ukraine
e-mail: kapochkin.b@gmail.com
ORCID: 0000-0002-7004-3503

Abstract. At the current historical stage, weapons characterized by individual tactical techniques and implementing the local principle of application are being replaced by weapons of network-centric warfare, which involve the unification of all forces and means participating in combat operations into a single network. A submarine acts individually and solves a local problem. To do this, it has its own (inertial) positioning system that replaces the information layer, its own sensor system for finding a target and providing situational awareness, its own system for defeating a target, and it works practically without using communication. Authoritarian countries, primarily the Russian Federation, have no prospects of mastering the sixth technological order with the corresponding samples of the latest weapons, but having nuclear-armed submarines in service, they will continue to influence the geopolitical situation in the world for some time. The purpose of the study is to deprive the submarine fleet of authoritarian countries of influence on geopolitics. This will be achieved by creating an effective sensor layer of underwater warfare, as a complex of non-acoustic and hydroacoustic observation tools. The network-centric hydroacoustic system, unlike positional

ISSN (print): 2786-9318
ISSN (online): 2786-9326
Military Science. Vol. 4 No. 2 (2026)

analogues of the past, has increased reliability, because it does not require precision accuracy at the maximum target range. Non-acoustic tools, unlike hydroacoustic, have a significant coverage area due to the complex use of various methods of fixing the unmasking signs of a submarine, primarily the hydrochemical trail. The results of the study allow the practical application of the latest technologies for recording the component composition of the surface microlayer of the ocean and remote detection of practically silent underwater targets, primarily nuclear weapons carriers - submarines of the Borei type and high-speed deep-sea nuclear torpedoes of the Poseidon type. A significant increase in situational awareness in underwater warfare and, accordingly, mastering the advantages of network-centric warfare can only be achieved by the network deployment of aircraft to search for submarines, and their identification by hydroacoustic means. Improving the sensor layer of network-centric underwater warfare will ensure the vulnerability of underwater nuclear weapons carriers and reduce the risks of using nuclear weapons.

Keywords: network-centric underwater warfare, submarine, hydrochemical trail, “Bernoulli hump”, noise direction finding.