

<https://doi.org/10.15407/gpimo2022.01.022>

С.Г. Федосєнков, канд. геол. наук, зав. відділом

E-mail: 22lex22s@ukr.net

О.І. Шундель, канд. фіз.-мат. наук, наук. співроб.

E-mail: lixyta666@gmail.com

С.І. Неверова, наук. співроб.

E-mail: sidzp2019@gmail.com

Л.В. Нестеренко, мол. наук. співроб.

E-mail: nest.lubov.v@gmail.com

ДУ «Науковий гідрофізичний центр НАН України»

03187, м. Київ, просп. Академіка Глушкова, 42

СУЧАСНІ ГІДРОАКУСТИЧНІ МЕТОДИ ВИВЧЕННЯ РЕЛЬЄФУ ДНА ТА ДОННИХ ВІДКЛАДІВ РІЧКИ ДНІПРО: ШЛЯХИ ВИКОРИСТАННЯ ПРИ РОЗВІДЦІ ТА РОЗРОБЦІ РОДОВИЩ РІЧКОВОГО ПІСКУ

Складна ситуація в економічній сфері держави зумовила практичну відсутність фінансування проведення геологознімальних, пошукових робіт, комплексного геологічного вивчення території України, природних та антропогенних змін геологічного середовища в режимі його постійного моніторингу; а темпи та обсяги відтворення власної мінерально-сировинної бази не відповідають потребам країни. Надзвичайно важливими завданнями є реформування геологічної галузі для забезпечення ефективного функціонування інституцій у сфері, пов'язаній із надрокористуванням та охороною довкілля; належне забезпечення державного контролю за цими процесами. Розвиток сучасних гідроакустичних методів для вивчення рельєфу дна та донних відкладів з метою пошуку та оцінки стану місць залягання родовищ річкового піску дозволить удосконалити спеціалізований гідроакустичний комплекс (гідроакустичні засоби, алгоритми та програмне забезпечення) для виконання робіт з дистанційної ґрунтової зйомки, який надасть можливість скласти ґрунтові карти та розрізи донного ґрунту без взяття проб, а також виявити об'єкти в придонному шарі водної товщі.

Ключові слова: *гідроакустика, гідролокатор бокового огляду, рельєф дна, донні відклади, геоакустичні параметри донних відкладів, дистанційна ґрунтова зйомка.*

Цитування: Федосєнков С.Г., Шундель О.І., Неверова С.І., Нестеренко Л.В. Сучасні гідроакустичні методи вивчення рельєфу дна та донних відкладів річки Дніпро: шляхи використання при розвідці та розробці родовищ річкового піску. *Геологія і корисні копалини Світового океану*. 2022. 18, № 1: 22—29. <https://doi.org/10.15407/gpimo2022.01.022>

Вступ

Відомо, що проведення гідротехнічних робіт призводить до знищення природних біотопів, внаслідок чого відбувається зрушення екологічної рівноваги водойм і водотоків у бік погіршення якості водного середовища [4, 9, 10]. Видобування піску, як і будь-які гідротехнічні роботи на водних об'єктах, що входять невід'ємною складовою до акваландшафтів мегаполісів, призводить до зміни абіотичних (морфометричних характеристик, гідрологічного, гідрохімічного, радіоекологічного режиму тощо), а також біотичних компонентів екосистем (біорізноманіття на всіх рівнях функціонування живої матерії). Актуальність зазначеної проблеми вимагає також ґрунтового дослідження наслідків такого антропогенного втручання у водні екосистеми і розробки методичних засад, які б дозволяли оцінювати виникаючі ризики біорізноманіттю, екологічному стану водойм і здоров'ю населення, особливо в межах мегаполіса [8].

Аналізуючи результати проведених досліджень [4, 9, 10], можна стверджувати, що забір донних відкладів (незалежно від типу застосованих гідромеханізмів) призводить не тільки до руйнування просторової структури, а й до знищення організмів, які ведуть донний спосіб життя (бентос): бактеріо-, фіто-, зообентосу, личинок і мальків риб. Якщо гідротехнічні роботи проводяться в літоральній зоні (глибини акваторій до 2,0—2,5 м), то нищаться і зарості вищої водної рослинності з їхньою мікрофлорою й фауною.

Значну загрозу біорізноманіттю несе в собі «шлейф» або «факел» каламутності води, який формується вниз за течією від працюючого механізму і складається із частинок різної природи, завислих у водній товщі практично від поверхні до дна. Залежно від гранулометричного складу донних відкладів під час гідротехнічних робіт у завислий стан може переходити від 1 до 5 % загальної кількості розроблених ґрунтів; зокрема піски характеризуються одновідсотковим рівнем переходу в завись [7].

Основою для прийняття рішень у сфері раціонального природокористування та довкілля при видобутку річкового піску на всіх рівнях державних управлінських структур України є наявність актуальних даних і, в першу чергу, забезпечення зазначених структур оперативною інформацією щодо обстановки в необхідних районах річки Дніпро. При цьому, одним з основних завдань — є формування інформаційних масивів, що містять дані та результати гідроакустичного й екологічного моніторингу річки Дніпро, необхідні для оцінки підводної обстановки.

Метою роботи є розвиток сучасних гідроакустичних методів для вивчення рельєфу дна та донних відкладів річки Дніпро з метою пошуку та оцінки стану місць залягання річкового піску, удосконалення спеціалізованого гідроакустичного комплексу (гідроакустичні засоби, алгоритми та програмне забезпечення) для виконання робіт з дистанційної ґрунтової зйомки, який надасть можливість складання ґрунтових карт і розрізів донного ґрунту без взяття проб та виявити об'єкти (в тому числі й «факел» каламутності води) в придонному шарі водної товщі.

Результати

Створений в Державній установі «Науковий гідрофізичний центр Національної академії наук України» (ДУ «Гідрофізичний центр НАН України») комплекс су-

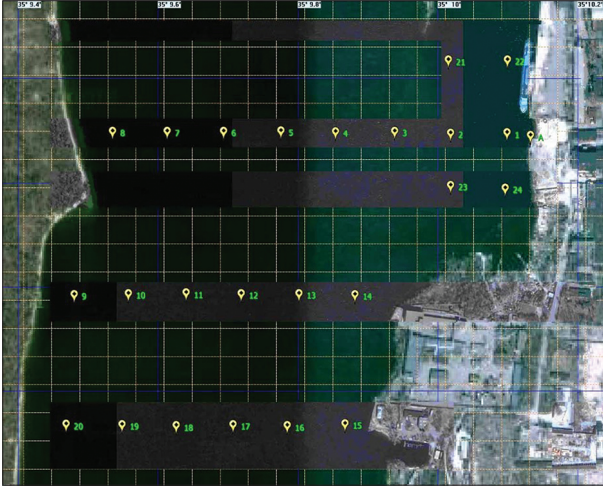


Рис. 1. Полігон досліджень з позначками точок пробовідбору верхнього шару донного ґрунту

часних гідроакустичних методів для вивчення рельєфу дна та донних відкладів Азово-Чорноморського басейну з прив'язкою до координат і часу здійснює:

- детальне дослідження рельєфу дна акваторій (за площею) з використанням ГБО з частотами від 29 до 470 кГц;
- стратифікацію шарів донних відкладів за допомогою гідроакустичного профілографу ПГ-100 з частотами від 3 до 10 кГц;
- вимірювання глибин до 100 м ехолотом ЕМ-100 з середньою інструментальною похибкою від 0,025 до 0,1 м;
- дообстеження дна та знайдених об'єктів підводною камерою.

Далі первинна інформація комплексу зазнає складної математичної обробки [1] для визначення фізико-механічних параметрів верхніх шарів донних відкладів та побудови планшету з галсами (траєкторією руху носія) обстеження й нанесеними на нього виявленими об'єктами та особливостями рельєфу (ізобати глибин).

Комплексне дослідження гідроакустичними засобами структури верхніх шарів донних ґрунтів і рельєфу донної поверхні дозволяє усунути неоднозначність в інтерпретації акустичного зображення морського (річкового) дна співставленням результатів вимірювань отриманих гідролокатором бокового огляду та профілографом.

Гідроакустичний комплекс пройшов апробацію у 2015 р., а саме спільними зусиллями фахівців Інституту геологічних наук та ДУ «Гідрофізичний центр НАН України» в рамках проекту «Створення системи спостережень за впливом господарської діяльності на природні комплекси та оперативного контролю негативних змін у їх складі» було впроваджено систему спостережень за надходженням важких металів в седиментаційні потоки в акваторії Дніпра та закономірностями депонування їх в верхньому шарі донних відкладів [5, 6]. В рамках проекту створено пункти моніторингу осадкоутворюючої речовини атмосферних еолових потоків та водної зависі, а також геоекологічний полігон для вивчення взаємодії рельєфу дна, водної товщі та верхніх шарів донного ґрунту.

Однією з основних задач досліджень, що проводяться на експериментальному полігоні в межах ділянки акваторії (рис. 1), прилеглої до території ДУ «Гідрофізичний центр НАН України», є визначення змін в розподілі літологічних типів верхнього шару донних відкладів.

Зазначений напрям робіт поєднує в собі геофізичні та геохімічні методи досліджень акваторії Дніпра, контактну та дистанційну зйомку верхнього шару донних відкладів. При цьому контактна зйомка забезпечує як аналіз розподілу і

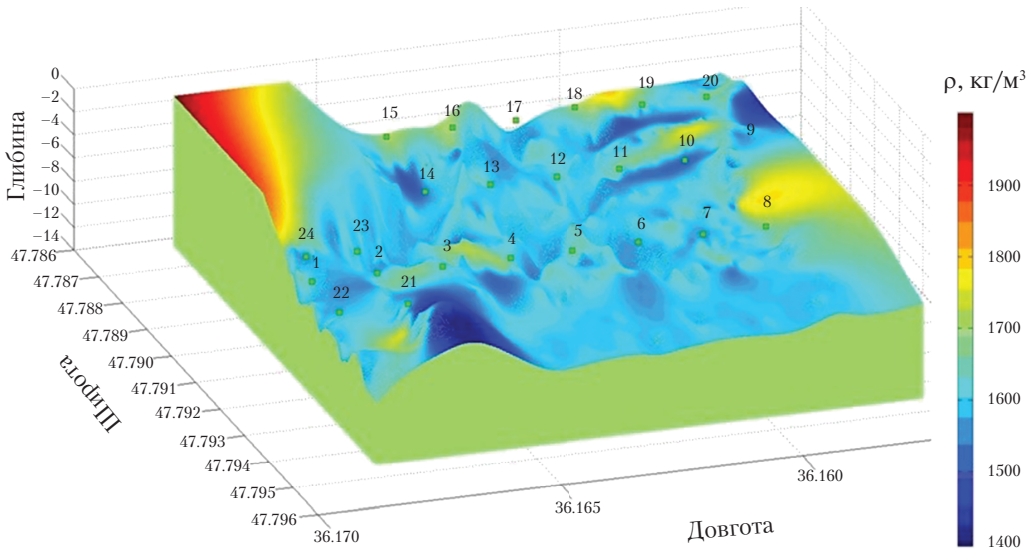


Рис. 2. 3D-візуалізація району обстеження, яка побудована за даними глибини з нанесеною інтерполяцією інтенсивності щільності з позначками точок пробовідбору

депонування важких металів в донних відкладах, так і контроль та підтвердження результатів дистанційної зйомки. За даними гідроакустичного профілювання було визначено дистанційним методом [2] геоакустичні параметри поверхневих донних відкладів обраного полігону на рис. 1. Отримано інформацію про стан донних ґрунтів всієї площі полігону, у статті подаються лише деякі характерні точки (на фарватері та біля судноремонтного заводу) результатів обробки профілограм за методикою дистанційної профільної ґрунтової зйомки дна [2] (табл. 1).

Розроблений гідрогеоакустичний комплекс забезпечив оптимальне виконання комплексного обстеження полігону, в процесі якого проводиться одночасний збір і обробка інформації. На рис. 2 показано полігон даних, що об'єднує дані глибини, географічні координати та інтерполяцію інтенсивності щільності верхнього шару донних відкладів району обстеження [3] з позначками точок пробовідбору.

Таблиця 1. Геоакустичні параметри донних відкладів у точках пробовідбору та їх стратифікація з відсотковими показниками поєднання в шарі декількох літологічних класів (за результатами дослідження полігону 21.08.2015 року)

Номер точки	Широта	Довгота	Коеф. відбиття	Щільність, кг/м ³	Швидкість звуку, м/с	Пісок, %	Мул, %
1	47°47,5408'	35°10,0967'	0,3	1712	1638	68	32
2	47°47,5404'	35°10,0162'	0,33	1770	1669	60	40
3	47°47,5422'	35°09,9364'	0,31	1736	1645	65	35
5	47°47,5426'	35°09,7748'	0,32	1740	1670	91	9
11	47°47,3886'	35°09,6393'	0,34	1870	1622	98	2
16	47°47,2623'	35°09,7835'	0,35	1878	1650	99	1
18	47°47,2623'	35°09,6252'	0,34	1840	1645	93	7
23	47°47,4908'	35°10,0165'	0,26	1620	1590	55	45
24	47°47,4882'	35°10,0944'	0,28	1650	1600	57	43

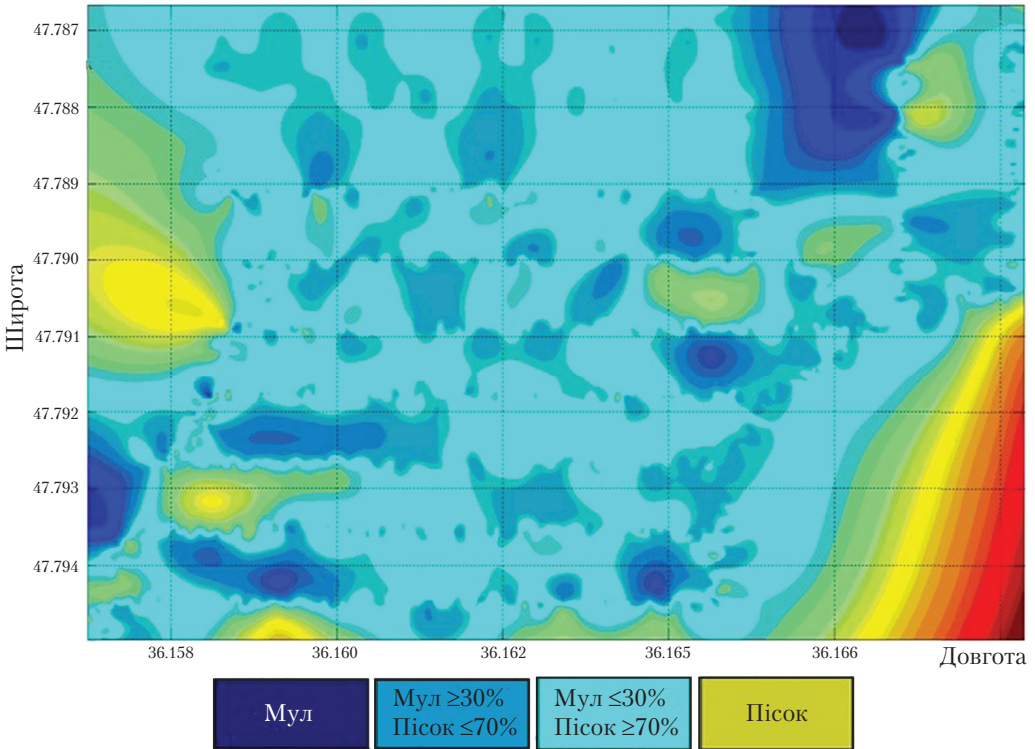


Рис. 3. Стратифікація верхнього шару донних відкладень обстеженого полігону

За отриманими параметрами було проведено стратифікацію верхнього шару донних відкладів на основі статистичного аналізу з імовірністю визначення типу ґрунту не менш ніж 0,85. Планшет із зазначеними літологічними класами верхнього шару донних відкладів обстеженого полігону показано на рис. 3.

Правильність стратифікації було підтверджено аналізом взятих проб донного ґрунту. На рис. 4 показано вибрані фотографії проб відбору донного ґрунту в заданих точках полігону.

Тобто, було визначено дистанційним методом геоакустичні параметри донних відкладів (див. табл. 1), проведено їх стратифікацію (див. рис. 3) та підтверджено результати стратифікації аналізом проб відбору донного ґрунту (див. рис. 4).

Наукова новизна

Аналіз результатів зйомки (див. рис. 2, 3), свідчив про наявність закономірностей розповсюдження певних літологічних типів донних відкладів — замулені ділянки відповідали районам мінімальної гідродинамічної активності, а також активної господарської діяльності (зокрема, район судноремонтного заводу). Крім того, накопичення мулів відбувалося у пониженнях рельєфу в межах фарватеру, внаслідок того, що вони працюють як пастки, створюючи умови для нагромадження мулів.

Практична значимість

Традиційно розвідка родовищ піску проводиться методами геологорозвідувальних робіт (взяття проб донного ґрунту, лабораторний аналіз та ін.), вони є досить

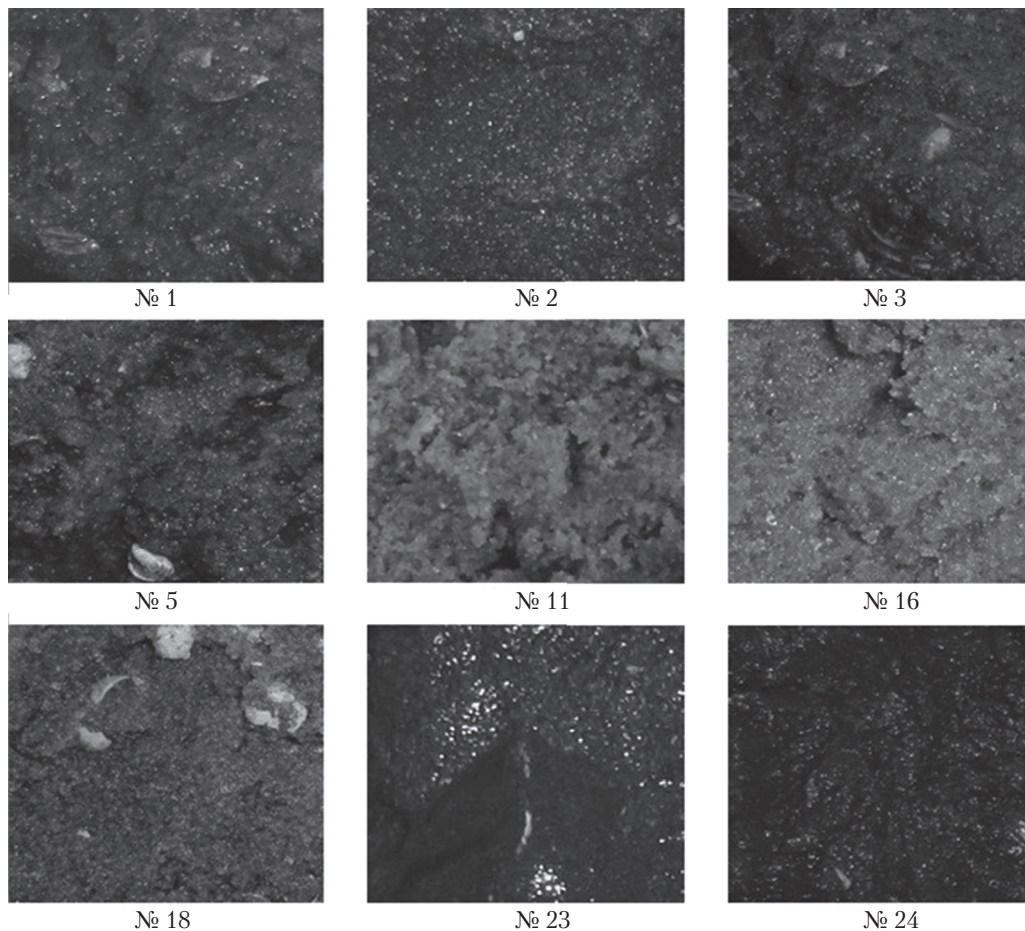


Рис. 4. Фотографії проб відбору донного ґрунту в заданих точках

трудомісткими, повільними й дорогими. Завдяки використанню сучасної гідроакустичної апаратури можна отримати детальну топографію дна з додатковою інформацією, що стосується структури верхньої частини розрізу донного ґрунту та наявності об'єктів в придонному шарі водної товщі. При цьому істотно зменшуються витрати на виконання робіт з ґрунтової зйомки, підвищується продуктивність робіт, а контрольний відбір проб виконується в обмеженому обсязі для підтвердження результатів інтерпретації. Отримані дані та їх аналіз стосовно складу донних відкладів та рельєфу дозволяють зробити комплексне вивчення дна з метою виявлення перспективних родовищ піску та захисту навколишнього середовища при його видобутку. Проведені дослідження мають науково-технічне та прикладне значення.

Висновки

Проведені натурні дослідження обраного полігону (див. рис. 1) за допомогою розробленого гідрогеоакустичного комплексу, дозволили отримати первинну інформацію про екологічний стан дна та донних відкладів. Обробка за методи-

кою автоматизованої профільної ґрунтової зйомки морського дна дозволила визначити геоакустичні параметри верхнього шару донних відкладів. Класифіковано донні відклади як неоднорідні шари з відсотковими показниками поєднання декількох літологічних класів (пісок, мул).

Загалом, визначення взаємозв'язку процесів часової та площинної трансформації антропогенних речовин, що за певних причин потрапили в природні комплекси із закономірностями розподілу седиментаційних потоків в різних середовищах, дозволить створити цілісну картину взаємодії антропогенних та природних процесів та їх прогнозу. А наявність репрезентативних натурних даних щодо стану природного середовища у зоні впливу урбаністичних осередків з високим ступенем антропогенного навантаження, а також рівня негативного впливу, що воно зазнає і можливості його самовідтворення дозволить в подальшому визначити заходи щодо мінімізації впливу господарської діяльності на природні комплекси [5].

У перспективі розвитку зазначених сучасних гідроакустичних методів для вивчення рельєфу дна та донних відкладів річки Дніпро (при належному фінансуванні):

- формування інформаційних масивів, що містять дані та результати гідроакустичного моніторингу рельєфу дна та донних відкладів (в місцях видобутку піску);
- аналіз даних щодо розподілу літологічних типів донних відкладів гідроакустичними засобами;
- розробка методик порівняння даних для аналізу стану дна з плином часу та трансформації за рахунок видобутку річкового піску;
- виконання розрахунків та отримання якісних оцінок впливу видобутку річкового піску на загальний стан акваторії за гідроакустичними даними;
- дослідження взаємодії між різними методами дослідження водної товщі і будови дна;
- вивчення впливу структури відкладів дна і процесів, що відбуваються в них на стан водної товщі, яка, в свою чергу, взаємодіючі з поверхнею дна, забезпечує на межі поділу двох середовищ безперервний процес енерго- і масообміну;
- дослідження впливу рельєфу дна на параметри течій, які, змінюючи рельєф, впливають на процес накопичення відкладів;
- визначення рекомендацій з ефективних технологій раціонального, комплексного і екологічно безпечного освоєння родовищ річкового піску в акваторіях річки Дніпро.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гончар А.И., Голод О.С., Федосєєнков С.Г., Шлычек Л.И., Шундель А.И. Вероятностная оценка послойного определения литологических свойств донных отложений в профилограммах. *Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики — ГА-2012: материалы XI межд. конф.*, 22—24 мая 2012 г. СПб., 2012. С. 265—268.
2. Гончар А.И., Гончар Ю.А., Голод О.С., Федосєєнков С.Г. Методология дистанционной профильной ґрунтової зйомки для определения типов донных отложений. *Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики — ГА-2014: материалы XII межд. конф.*, 27—29 мая 2014 г. СПб., 2014. С. 417—422.
3. Гончар А.И., Худоконь В.В., Шлычек Л.И. Обработка данных в многоканальной системе сбора и обработки информации комплекса средств экологического мониторинга. *Гидроа-*

- кустический журнал (*Проблемы, методы и средства изучения Мирового океана*). 2009. № 6. С. 123—128.
4. Зайцев Ю.П., Яценко В.А. Экологические аспекты гидротехнического строительства в прибрежной зоне. *Биология моря*. 1983. № 5. С. 62—66.
 5. Митропольський О.Ю., Наседкін Є.І., Іванова Г.М., Кураєва І.В., Войтюк Ю.Ю., Федосеєнков С.Г. Моніторинг стану річкових відкладів у межах індустріальних осередків (на прикладі м. Запоріжжя). *Мінералогічний журнал*. 2017. Т. 39, № 3. С. 75—84.
 6. Митропольський О.Ю., Наседкін Є.І., Федосеєнков С.Г., Іванова Г.М., Довбиш С.М. Відновлення та адаптація проекту моніторингу седиментаційних процесів на шельфі Чорного моря на полігоні «Запоріжжя». *Геология и полезные ископаемые мирового океана*. 2016. № 3. С. 89—94.
 7. Рыжков С.С., Брезкун Ю.Б. Влияние дноуглубительных работ на морские экосистемы. *Вісн. Нац. ун-ту кораблебудування*. 2009. № 2. С. 138—144.
 8. Щербак В. І., Якушин В. М., Майстрова Н. В., Семенюк Н. Є. Екологічні наслідки видобування піску в різнотипних водних об'єктах мегаполіса. *Допов. НАН України*. 2011. № 9. С. 180—183.
 9. Экологическая оценка воздействия гидротехнического строительства на водные объекты / Романенко В.Д. и др.; отв. ред. Ю.П. Зайцев. Киев, 1990. 256 с.
 10. Экологические аспекты воздействия гидростроительства на биоту акватории восточной части Финского залива. *Сб. науч. тр. Гос. науч.-исслед. ин-та озерн. и речн. рыбн. хоз-ва* / под ред. Г. М. Лаврентьевой и О. Н. Суслопаровой. СПб., 2006. Т. 1. Вып. 331. 333 с.

Стаття надійшла 24.01.2022

S.H. Fedoseienkov, PhD (Geol.), Head of the Department

E-mail: 22lex22s@ukr.net

A.I. Shundel, PhD (Phys. & Math.), Researcher

E-mail: lixyta666@gmail.com

S.I. Nevierova, Researcher

E-mail: sidzp2019@gmail.com

L.V. Nesterenko, Junior Researcher

E-mail: nest.lubov.v@gmail.com

Scientific Hydrophysical Center, NAS of Ukraine

42, Akademik Hlushkov Ave, Kyiv, 03187, Ukraine

MODERN HYDROACOUSTIC METHODS FOR STUDYING THE BOTTOM RELIEF AND BOTTOM SEDIMENTS OF THE DNIEPER RIVER: WAYS OF USING IT IN THE EXPLORATION AND DEVELOPMENT OF RIVER SAND DEPOSITS

The difficult state of the economy of the state entailed a practical lack of funding for geological survey, prospecting work, a comprehensive geological study of the territory of Ukraine, natural and anthropogenic changes in the geological environment in the mode of its constant monitoring; the rates and volumes of reproduction of its own mineral resource base do not meet the needs of the country. Reforming the geological industry to ensure the effective functioning of institutions in the field of subsoil use and environmental protection is an extremely important task; proper provision of state control over subsoil use processes. The development of modern hydroacoustic methods for studying the bottom topography and bottom sediments of the Azov-Black Sea basin in order to search and assess the state of deposits of nonmetallic minerals, protect the environment will improve a specialized hydroacoustic complex (hydroacoustic tools, algorithms and software) for performing survey work, allowing the collection of ground maps and sections of bottom soil without taking samples, and to detect objects in the bottom layer of the water column.

Keywords: hydroacoustics, side-scan sonar, bottom relief; bottom sediments; geoaoustic parameters of bottom sediments.