

ГІДРОГЕОАКУСТИЧНИЙ КОМПЛЕКС ЯК ІНСТРУМЕНТ ВИВЧЕННЯ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ ПРОЦЕСІВ У ВОДНІЙ ТОВЩІ ТА ДОННИХ ВІДКЛАДЕННЯХ

Запропоновано сучасний вітчизняний гідрогеоакустичний комплекс, що є інструментом вивчення взаємозв'язку водної товщі та донних відкладів, як елементів складної геогідродинамічної системи. Відзначається актуальність донного профілювання і розглядаються питання спільного представлення результатів зйомки рельєфу дна і його ґрунтових карт у вигляді тривимірних зображень (3D). Вирішено задачу отримання невідомої інформації про стан донних відкладів, остронь від носія гідроакустичного профілографа, методом просторової інтерполяції. Наведено результати комплексного дослідження структури верхніх шарів донних ґрунтів і рельєфу донної поверхні за допомогою розробленого комплексу в рамках проекту «Створення системи спостережень за впливом господарської діяльності на природні комплекси та оперативного контролю негативних змін у їх складі». Зазначений напрям робіт поєднував в собі геофізичні та геохімічні методи досліджень акваторії р. Дніпра, контактну та дистанційну зйомку верхнього шару донних відкладень. При цьому контактна зйомка забезпечувала як аналіз розподілу і депонування важких металів в донних відкладах, так контроль та підтвердження результатів дистанційної зйомки. Попередній аналіз результатів свідчить про наявність закономірностей розповсюдження певних літологічних типів донних відкладень – замулені ділянки відповідають районам мінімальної гідродинамічної активності а також активної господарської діяльності. Проблематика гідрофізичного моніторингу, необхідність проведення тривалих спостережень і складність гідроакустичних досліджень на шельфі ставлять задачі не тільки збору та зберігання інформації, але й передбачають комплексну обробку даних з метою вилучення закономірностей і знань, створюючи умови для спільної роботи фахівців різного профілю. Розроблений гідрогеоакустичний комплекс здатен вирішувати ці задачі.

Ключові слова: рельєф дна; донні відклади; гідролокатор бічного огляду; гідроакустичний профілограф; ехолот; геоакустичні параметри донних відкладів.

Вступ.

Структура відкладів дна та геодинамічні процеси, що відбуваються в них, впливають на стан водної товщі, яка, взаємодіючи з поверхнею дна, забезпечує на границі розділу двох середовищ безперервний процес енерго- і масообміну. Рельєф дна впливає на параметри течій, які, в свою чергу, впливають на процес осадконакопичення. Необхідно враховувати фактор геологічної будови підстилаючих відкладів, що визначають латеральну мінливість форм рельєфу та інтенсивність геодинамічних процесів в межах досліджуваних акваторій [Лобковский Л. И., 2005, 2013].

Вивчення взаємозв'язку водної товщі та донних відкладів, як елементів складної геогідродинамічної системи, вимагає їх одночасного дослідження в режимі моніторингу. При цьому моніторинг стану середовищ передбачає, крім безперервних спостережень в часі, створення єдиної математичної моделі розглянутих процесів [Амбросимов А. К., 2010; Архипов В. В. 2006].

Мета.

У зв'язку з цим, виникає необхідність створення апаратного комплексу та методик вимірювання і обробки даних, що забезпечують спільне вивчення

мінливості гідрофізичних параметрів водної товщі, геофізичних характеристик придонного шару і структури підстилаючих геологічних тіл.

Важливим є досвід багатопільового використання засобів панорамної гідроакустики, а саме: застосування профілографа для акустичного зондування верхнього шару донних відкладень в безперервному режимі [Каєвицер В. И., 2008] та дослідження водного середовища за допомогою гідролокатора бічного огляду (ГБО) [Ананов О. А., 2014]. Отримані результати показали перспективність застосування таких приладів не тільки за прямим призначенням (дослідження поверхні дна), але і під час вивчення параметрів донних відкладів [Корякин Ю. А., 2004]. В інших країнах розроблено комплекси [Римский-Корсаков Н. А., 2007; Лисс А. Р. 2012; Stewart Robert H. 2008; Kraeutner P. H. 1998] вивчення взаємозв'язку водної товщі та донних відкладів, проте вони мають велику вартість, а тому є недоступними.

Тому метою цієї роботи є розробка вітчизняного автоматизованого багатопільового гідрогеоакустичного комплексу [Гончар А. И., 2009] для дослідження будови верхнього шару донних відкладень та водного середовища.

Методика.

Створений в НТЦ ПАС НАН України такий

комплекс (рис. 1) з прив'язкою до координат і часу здійснює:



Рис. 1. Структура гідрогеоакустичного автоматизованого модульно-блочного інформаційно-вимірювального комплексу

- детальне дослідження рельєфу дна акваторій (за площею) з використанням ГБО з частотами від 29 до 470 кГц;
- стратифікацію шарів донних відкладень за допомогою гідроакустичного профілографу ППГ-100 с частотами від 3 до 10 кГц;
- вимірювання глибин до 100 м ехолотом

EM-100 з середньою інструментальною похибкою від 0,025 до 0,1 м;

- дообстеження дна та знайдених об'єктів підводною камерою.

На рис. 2 показаний фрагмент інформації гідрогеоакустичного комплексу (профілограф, ГБО, ехолот).

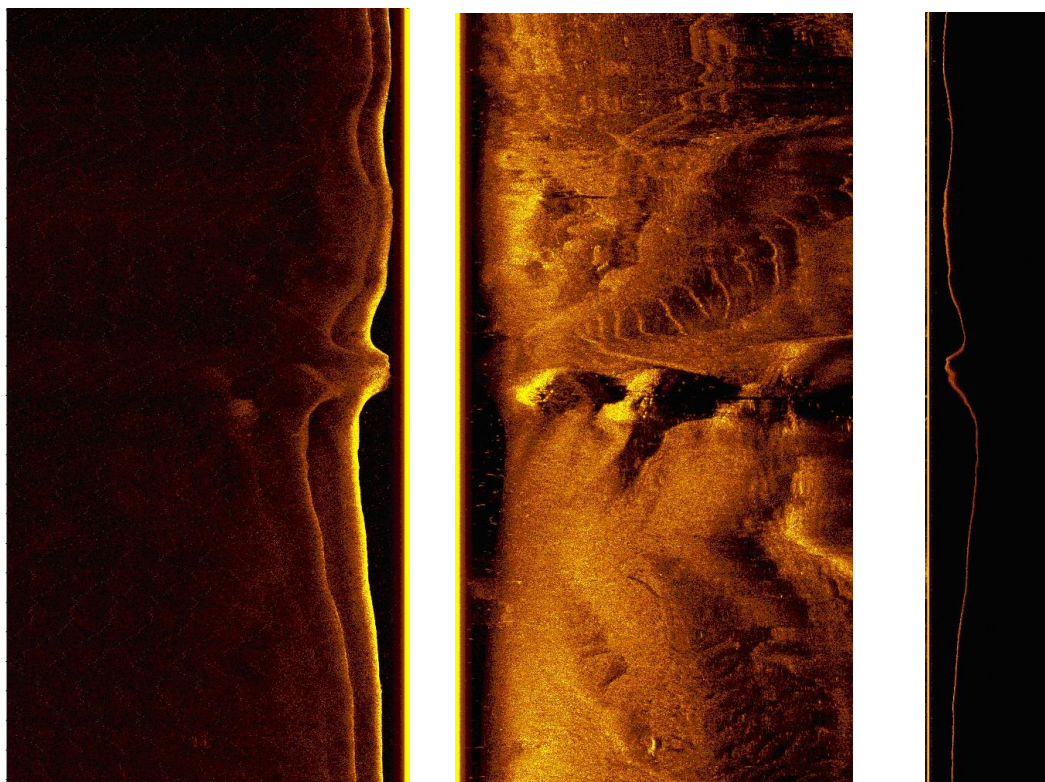


Рис. 2 Фрагмент інформації гідроакустичного модуля

Далі первинна інформація, зображена на рис. 2, зазнає складної математичної обробки [Гончар А.И.

2012] для визначення фізико-механічних параметрів верхніх шарів донних відкладень та побудови

планшету з галсами (траєкторією руху носія) обстеження і 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 і профілографом.

Результати.

Спільними зусиллями фахівців Інституту геологічних наук та Науково-технічного центру панорамних акустичних досліджень (НТЦ ПАС) НАН України в рамках проекту «Створення системи спостережень за впливом господарської

діяльності на природні комплекси та оперативного контролю негативних змін у їх складі» впроваджено систему спостережень за надходженням важких металів в седиментаційні потоки в акваторії Дніпра та закономірностями депонування їх у верхньому шарі донних відкладень. 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. 3), прилеглої до території НТЦ ПАС, є визначення сезонних змін в розподілі літологічних типів верхнього шару донних відкладень.

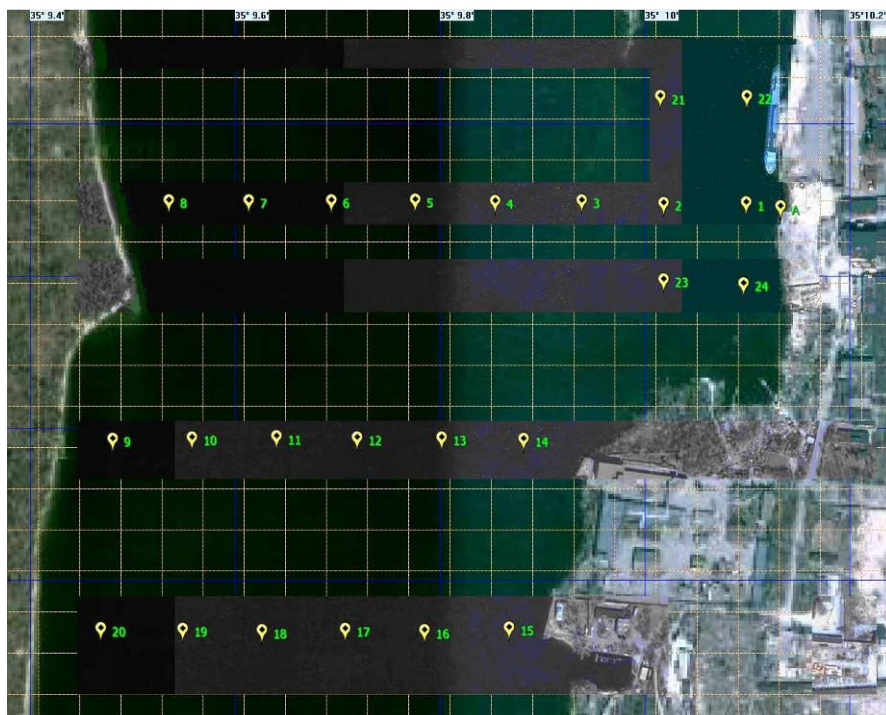


Рис. 3. Полігон досліджень з помітками точок пробовідбору верхнього шару донного ґрунту

За даними гідроакустичного профілювання визначено дистанційним методом [Гончар А. И. 2014] геоакустичні параметри поверхневих донних відкладень обраного полігону на рис. 3. Отримано інформацію про стан донних ґрунтів всієї площі полігону. У статті подаються лише деякі характерні точки (точки на фарватері та біля судоремонтного заводу) результатів обробки профілограм за методикою дистанційної профільної ґрунтової зйомки дна [Гончар А. И. 2012] (табл. 1).

Розроблений гідрогеоакустичний комплекс

забезпечив оптимальне виконання комплексного обстеження полігону, в процесі якого проводиться одночасний збір і обробка інформації. На рис. 4 показано полігон даних, що об'єднує дані глибини, географічні координати та інтерполяцію інтенсивності густини верхнього шару донних відкладень району обстеження з помітками точок пробовідбору.

Геоакустичні параметри донних відкладень у точках пробовідбору та їх стратифікація з відсотковими показниками поєднання в шарі декількох літологічних класів (за результатами дослідження полігону 21.08.15)

Номер точки	Широта	Довгота	Коефіцієнт відбиття	Густина, 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

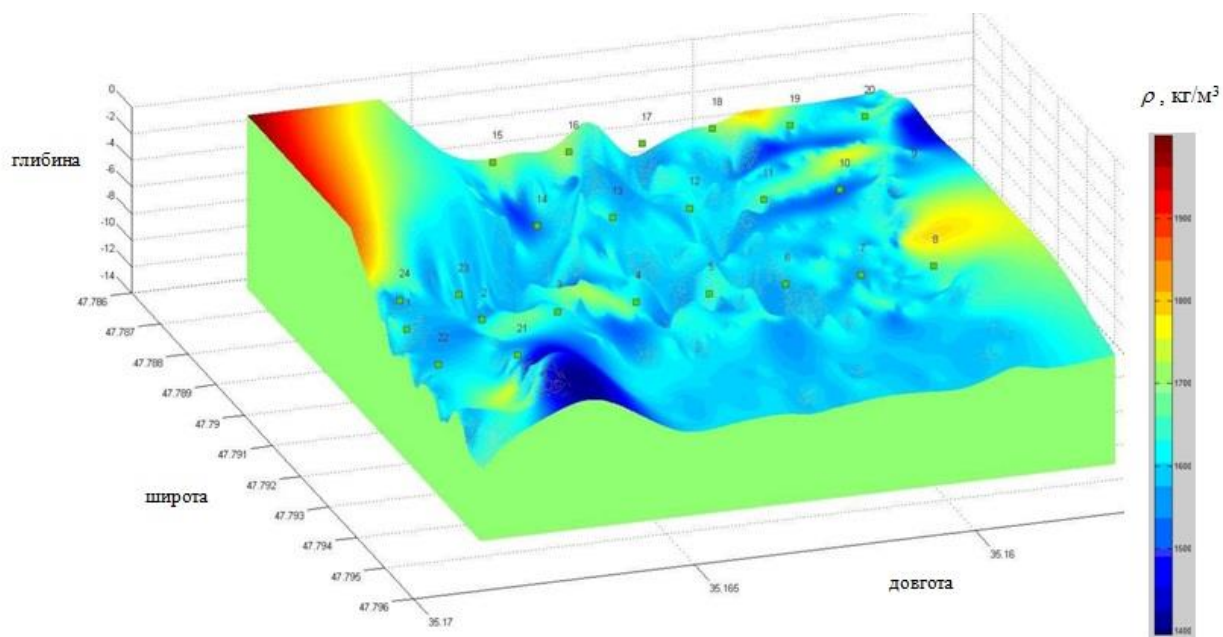


Рис. 4. 3D - візуалізація району обстеження, яка побудована за даними глибини з нанесеною інтерполяцією інтенсивності густини з помітками точок пробовідбору

За отриманими параметрами проведено стратифікацію верхнього шару донних відкладень на основі статистичного аналізу з імовірністю визначення типу ґрунту не менш, ніж 0,85. Планшет із зазначеними літологічними класами верхнього шару донних відкладень обстеженого полігону показано на рис. 5.

Тобто, визначено дистанційним методом геоакустичні параметри донних відкладень (табл. 1), проведено їх стратифікацію (рис. 5) та підтверджено результати стратифікації за аналізом

проб відбору донного ґрунту (рис. 6).

З використанням розробленого гідро-геоакустичного комплексу, до складу якого входили ГБО-100М, гідроакустичний профілограф та ехолот ЕМ-100, з метою вивчення взаємозв'язку процесів у водній товщі та у верхніх шарах донних відкладень, як елементів складної геогідродинамічної системи, проведено повторне дослідження полігону, зображеного на рис. 3.

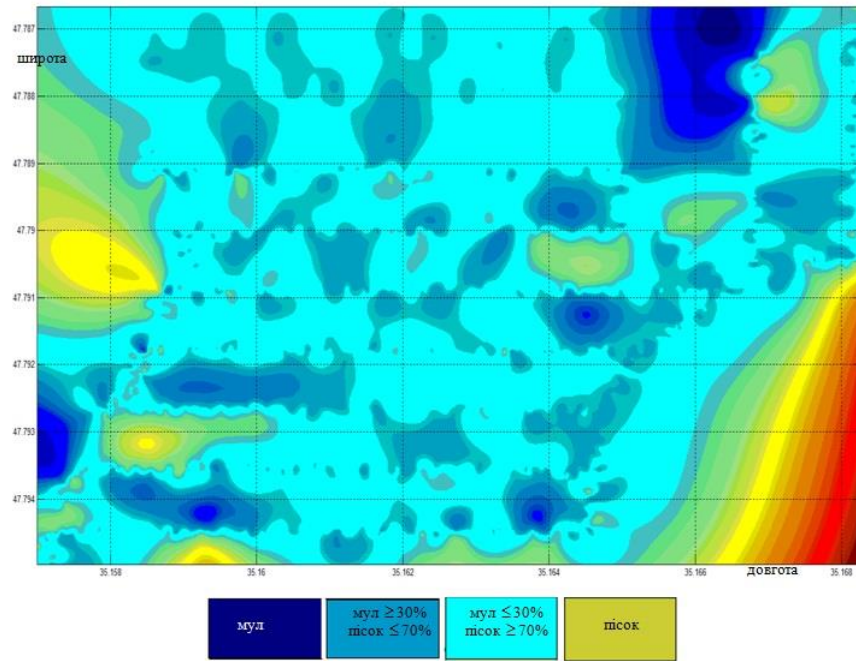


Рис. 5. Стратифікація верхнього шару донних відкладень обстеженого полігону

Правильність стратифікації підтверджено аналізом взятих проб донного ґрунту. На рис. 6 показано вибрані фотографії проб відбору донного ґрунту в заданих точках полігону.

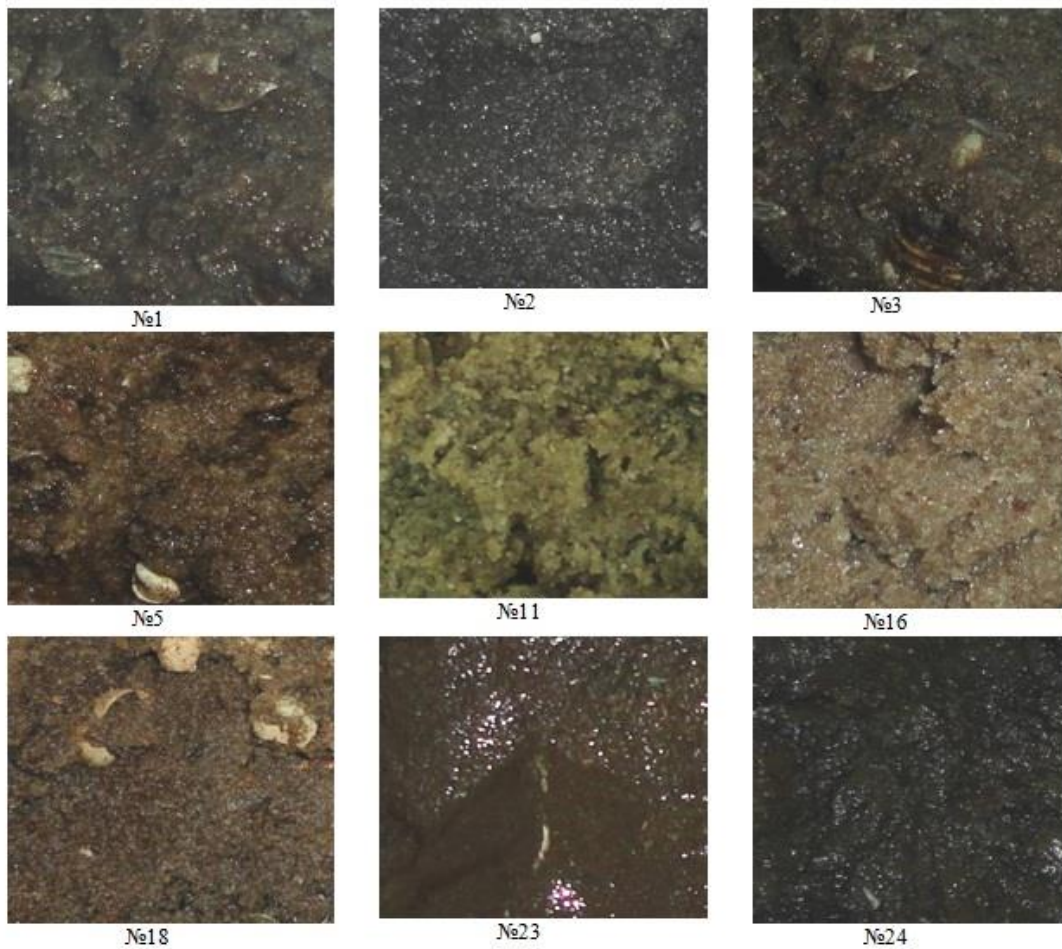


Рис. 6. Фотографії проб відбору донного ґрунту в заданих точках

Використовуючи розроблені методи, за даними другого обстеження полігону визначено геоакустичні параметри верхнього шару донних відкладень та класифіковано донні відкладення як неоднорідні шари з відсотковими показниками

поєднання декількох літологічних класів. В табл. 2 приведено результати обробки профілограм в точках пробовідбору верхнього шару донного ґрунту.

Таблиця 2.

Геоакустичні параметри донних відкладень у точках пробовідбору та їх стратифікація з відсотковими показниками поєднання в шарі декількох літологічних класів (за результатами дослідження полігону 12.11.15)

Номер точки	Широта	Довгота	Коефіцієнт відбиття	Густина, кг/м ³	Швидкість звуку, м/с	Пісок, %	Мул, %
1	47°47,5408	35°10,0967'	0,3	1709	1639	70	30
2	47°47,5404'	35°10,0162'	0,33	1772	1668	58	42
3	47°47,5422'	35°09,9364'	0,31	1738	1650	65	35
4	47°47,5419'	35°09,8523'	0,35	1840	1668	91	9
5	47°47,5426'	35°09,7748'	0,32	1735	1679	91	9
6	47°47,5423'	35°09,6927'	0,33	1840	1611	97	3
11	47°47,3886'	35°09,6393'	0,34	1872	1624	100	0
16	47°47,2623'	35°09,7835'	0,35	1882	1650	99	1
18	47°47,2623'	35°09,6252'	0,34	1846	1647	93	7
23	47°47,4908'	35°10,0165'	0,26	1620	1586	54	46
24	47°47,4882'	35°10,0944'	0,28	1649	1597	57	43

Порівняємо результати обробки профілограм обстеження за 21.08.15 та 12.11.15. На рис. 7 представлено графіки порівняння визначених

коефіцієнтів відбиття та густини в 24-ох точках обстеження за 21.08.15 та 12.11.15

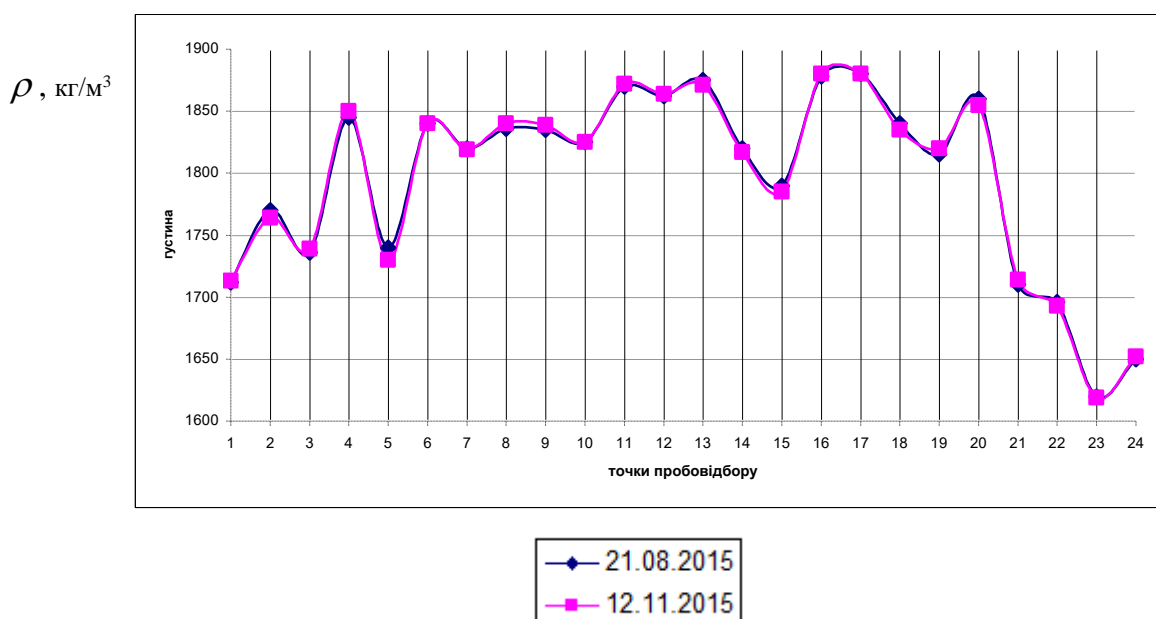


Рис. 7. Порівняння визначеної густини в 24-ох точках пробовідбору (обстеження за 21.08.15 та 12.11.15)

Наукова новизна

Зазначений напрям робіт поєднує в собі геофізичні та геохімічні методи досліджень акваторії Дніпра, контактну та дистанційну зйомку верхнього шару донних відкладень. При цьому контактна зйомка забезпечує як аналіз розподілу і депонування важких металів в донних відкладах, так контроль та підтвердження результатів дистанційної зйомки.

Практична значущість

Попередній аналіз результатів зйомки (рис. 4 – 5), свідчить про наявність закономірностей розповсюдження певних літологічних типів донних відкладень – замулені ділянки відповідають районам мінімальної гідродинамічної активності а також активної господарської діяльності (зокрема, район судноремонтного заводу). Крім того, накопичення мулів відбувається у пониженнях

рельєфу в межах фарватеру, внаслідок того, що вони працюють як пастки, створюючи умови для накопичення мулів.

Графіки на рис. 7 показують незначну зміну фізико-механічних параметрів верхнього шару донних відкладів обстеженого полігону у різні сезони за рахунок зміни концентрації мулів у піску.

Використаємо для перевірки відмінностей між двома вибірками парних вимірів непараметричний статистичний Т-критерій Вілкоксона [Frank Wilcoxon, 1945].

Емпіричне значення критерію чисельно дорівнює $T_{емп}=86,5$. $T_{кр}$ при рівні значущості 0,05 дорівнює 53. Отже $T_{емп} > T_{кр}$, а це означає, що зрушення в "типову" сторону за інтенсивністю достовірно переважає. Між пробовідбором за 21.08.15 і пробовідбором за 12.11.15 виявлені достовірні відмінності за критерієм Вілкоксона. Показники пробовідборі 12.11.15 достовірно вище, ніж в пробовідборі за 21.08.15.

Висновки.

Таким чином, проведено сезонні натурні дослідження обраного полігону (рис. 3) за допомогою розробленого гідрогеоакустичного комплексу, отримано первинну інформацію про екологічний стан дна та донних відкладів. Обробка за методикою автоматизованої профільної ґрунтової зйомки морського дна дозволила визначити геоакустичні параметри верхнього шару донних відкладень. Класифіковано донні відклади як неоднорідні шари з відсотковими показниками поєднання декількох літологічних класів. Графіки порівняння визначених коефіцієнтів відбиття та густини в 24-ох точках пробовідбору показують незначну зміну фізико-механічних параметрів верхнього шару донних відкладів обстеженого полігону у різні сезони за рахунок зміни концентрації мулів у піску.

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.

Проблематика гідрофізичного моніторингу, необхідність проведення тривалих спостережень і складність гідроакустичних досліджень на шельфі ставлять задачі не тільки збору та зберігання інформації, але й передбачають комплексну обробку даних з метою вилучення закономірностей і знань, створюючи умови для спільної роботи

фахівців різного профілю. Розроблений гідрогеоакустичний комплекс здатен вирішувати ці задачі.

Література

- Амбросимов А. К., Либи́на Н. В., Корж А. О. Инструментальные наблюдения изменчивости гидрофизического режима Среднего Каспия в июле 2008 года // Экологические системы и приборы. 2010. № 6. С. 24-35.
- Ананов О. А., Войтов А. А., Прецизионный мониторинг акваторий с использованием многоцелевого мобильного комплекса обследования донной обстановки // Тр. XII межд.конф. «Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики - ГА - 2014». СПб, 2014. С.11-15
- Архипов В. В., Белова Н. Г., Носков А. И., Соломатин В. И. Морфолитодинамика берегов и дна Байдаракской губы на трассе перехода магистральными газопроводами. Криосфера Земли. 2006. т. X.- № 3. С.3-14.
- Гончар А. И. Обработка данных в многоканальной системе сбора и обработки информации комплекса средств экологического мониторинга акваторий / А. И. Гончар, В. В. Худоконь, Л. И. Шлычек // Гидроакустический журнал (Проблемы, методы и средства изучения Мирового океана). – 2009. - №6. – С. 123-128
- Гончар А. И., Гончар Ю. А., Голод О. С., Федосеев С. Г., Методология дистанционной профильной ґрунтовой съемки для определения типов донных отложений // Тр. XII межд.конф. «Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики - ГА - 2014». СПб, 2014. С.417-422
- Гончар А. И., Голод О. С., Федосеев С. Г., Шлычек Л. И., Шундель А. И. Вероятностная оценка послойного определения литологических свойств донных отложений в профилограммах // Тр. XI межд.конф. «Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики - ГА - 2012». СПб, 2012. С.265-268
- Каевицер В. И., Разманов В. М., Кривцов А. П., Смольянинов И. В., Долотов С. А., Дистанционное зондирование морского дна акустическими сигналами с линейной частотной модуляцией // Радиотехника. 2008. № 8.
- Корякин Ю. А., Смирнов С. А., Яковлев Г. В. Корабельная гидроакустическая техника. Состояние и актуальные проблемы. СПб.: Наука, 2004.
- Лисс А. Р., Рыжиков А. В. Перспективные отечественные вычислительные средства для цифровых вычислительных комплексов гидроакустических систем // Тр. X всерос. конф. «Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики». СПб.: Наука, 2012. С.151–154.
- Лобковский Л. И. Мировой океан. Том 1. Геология и тектоника океана. Катастрофические явления в океане. – М.: Научный мир, 2013. – 644 с.
- Лобковский Л. И., Левченко Д. Г., Леонов А.

- В., Амбросимов А. К. Геоэкологический мониторинг морских нефтегазоносных акваторий. М. Наука, 2005. 326 с.
- Римский-Корсаков Н. А., Никитин Г. А. Оптимизация гидрофизических исследований и оценка их эффективности. X международная конференция. «Современные методы и средства океанологических исследований». 2007. - Москва. Т. С. 20-24.
- Stewart Robert H. Introduction To Physical Oceanography. Department of Oceanography. Texas A & M University 2008,345 p.
- Kraeutner P. H. Small Aperture Acoustic Imaging using Model Based Array Signal Processing Ph.d. thesis, Simon Fraser University, Burnaby, B.C. Canada. 1998.
- Frank Wilcoxon Individual Comparisons by Ranking Methods Biometrics Bulletin, Vol. 1, No. 6. (Dec., 1945), pp. 80-83.

A. HONCHAR, S. FEDOSEIENKOV

Science and Technology Center of Panoramic Acoustic Systems of National Academy of Sciences in Ukraine, 1, Chubanova str., Zaporizhzhya, Ukraine, (061)-279-38-77, sec.pas.nanu@gmail.com.

GEO- AND HYDRO-ACOUSTIC COMPLEX AS A STUDY OF INTERCONNECTION BETWEEN PROCESSES IN WATERS AND BOTTOM SEDIMENTS

The modern native geo- and hydro-acoustic complex used as the study of interconnection between processes in waters and sediments as elements of the difficult geo- and hydrodynamic system is proposed. This previous sentence is totally vague and unclear, after reading it several times over several days I do not know its meaning or intent. Please, what is connected? What is proposed? The relevance of sub-bottom profiling is noticed and it is considered the item of joint presentation for results in bottom survey and its ground maps as three-dimensional (3 D) images. It solved the problem in obtaining unknown information about the state of bottom sediments aside from the carrier of the sonar profiler using the spatial interpolation method. There are the results of complex research of the structure in the upper layers of the bottom sediments and relief of the bottom surface using the designed complex based on the project entitled “Development of the observation system of influence of the economic activity on natural systems and operational control of negative changes in their structure”. There is a specified direction of work that combines geophysical and geochemical research methods of the water areas from the Dnipro river, with its contact in the upper layer of sediments. Herewith contact survey provided divisional analysis and deposition of heavy metals as well as control and conformation of remote survey results. The previous results of analyses found that the presence of distribution regularities in certain lithological types of sediments because silted areas fit with the areas with the minimum hydrodynamic activity as well as dynamic economic activity. Problems of geophysical monitoring, necessity to conduct long-term observations, and complexity of hydro-acoustic research on the shelf set tasks not only to collect and save the information, but to predict the complex data processing with a view to remove the regularities and knowledge creating conditions for the different specialists’ collaboration. The developed geo- and hydro-acoustic complex can solve these problems. 2 times in this above paragraph is used the word “regularities” maybe this word should be “irregularities” but not sure of intent.

Key words: bottom relief, sediment, side-scan sonar, sonar profiler, echo-sounder, hydro-acoustic parameters of sediments

Надійшла 16.09.2016 р.