

Науменко А.В., Капочкіна М.Б.

ТЕОРІЯ І ПРАКТИКА ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОЄКТУВАННЯ МОРСЬКИХ ДНОПОГЛИБЛЮВАЛЬНИХ РОБІТ

Протягом останніх десятиліть спостерігається стрімкий розвиток ендегенної теорії рельєфоутворення у мілководних районах з акумулятивним типом рельєфу морського дна. Це створило умови для практичної реалізації отриманих наукових результатів, одним з напрямків яких є днопоглиблювальні роботи. Головною метою днопоглиблювальних робіт на морі є забезпечення безпеки мореплавства у мілководних районах на підходах до портів та вздовж судноплавних шляхів. Якщо у минулі роки проєктування днопоглиблювальних робіт (підхідних каналів, проток тощо) виконувалося за концептуальними принципами мінімізації їх довжини, то в останній час з'явилися технічні рішення щодо забезпечення сталих умов навігаційної безпеки за принципом мінімального замулення об'єктів днопоглиблення. Як приклад, можна навести патент на корисну модель України № 158155 під назвою "Спосіб визначення місця прокладання траси підхідного каналу".

Таким чином, є підстава для констатації зміни парадигми у базових принципах днопоглиблювальних робіт. Наше дослідження присвячене вирішенню проблеми оптимізації проєктування морських днопоглиблювальних робіт за рахунок впровадження наукових результатів, отриманих в рамках ендегенної теорії рельєфоутворення. Розглянуто теоретичне обґрунтування ендегенної теорії рельєфоутворення в Азовському морі, Керченській протоці і південно-західній частині Чорного моря, як підґрунтя для розробки методики врахування впливу ендегенних процесів та флюїдодинамічних структур на замулення об'єктів днопоглиблювальних робіт.

Ключові слова: морська навігація, судноводіння, гідрографія, геоморфологія, підвищення ефективності днопоглиблювальних робіт, акумулятивний рельєф, судноплавні канали, підхідні канали.

Вступ. Морські днопоглиблювальні роботи пов'язані з протидією замулюванню фарватерів, у першу чергу підхідних каналів, а також з побудовою нових підхідних каналів. Інструкція щодо вимог та методів зйомки рельєфу дна для навігаційних цілей містить окремий розділ: "Визначення замулювання акваторій", який вимагає приведення змісту інструкції у відповідність до сучасного наукового рівня. В останні роки в Україні у галузі геоморфології опубліковані нові наукові результати пріоритетного характеру, які можуть бути реалізованими на практиці шляхом формування нового підходу до виконання днопоглиблювальних робіт. Сучасний науковий підхід до виконання днопоглиблювальних робіт повинен не тільки враховувати, але й використовувати на практиці, раніше невідомі особливості природних процесів акумулятивного рельєфоутворення у мілководних районах океанів та морів. Це стосується причин формування піднять у формі кіс, пересипів, барів і, в першу чергу, процесів формування природним шляхом депресій на морському дні у вигляді прямолінійних жолобів.

Базові положення ендегенної теорії рельєфоутворення мілководних районів океанів та морів викладені у перших двох томах монографії "Нова парадигма акумулятивного рельєфоутворення у мілководних районах океанів та морів", авторами якої є д.т.н., проф. І.І. Гладких, к.т.н., М.Б. Капочкіна, к.г.н, доц. Н.В. Кучеренко, к.г.-м.н. Б.Б. Капочкін [1]. В монографії були узагальнені результати наукових досліджень, опублікованих і представлених у хронологічному порядку [2-16].

Наведемо яскравий приклад прояву природних процесів акумулятивного рельєфоутворення у мілководних районах океанів та морів, вперше наведений 10.12.2013 р у роботі [14], який стосується процесів трансформації дельти Дунаю за останні 2 000 років.

У роботі [14] було доведено, що акумулятивний рельєф дна є стабільним у часі протягом сторіччя, а змінюється раптово під дією виключно ендегенних (геодинамічних) факторів впливу. Обґрунтування цієї тези було виконано на прикладі аналізу процесу зміни форми дельти Дунаю. Відповідно до історичних даних, раптова швидкоплинна трансформація дельти Дунаю з античної у сучасну сталася у 1700 році, тобто, протягом 1-2 років [17]. На рисунку 1 показані дві карти дельти Дунаю у різні історичні часи: зараз і приблизно 1500-2000 років тому.

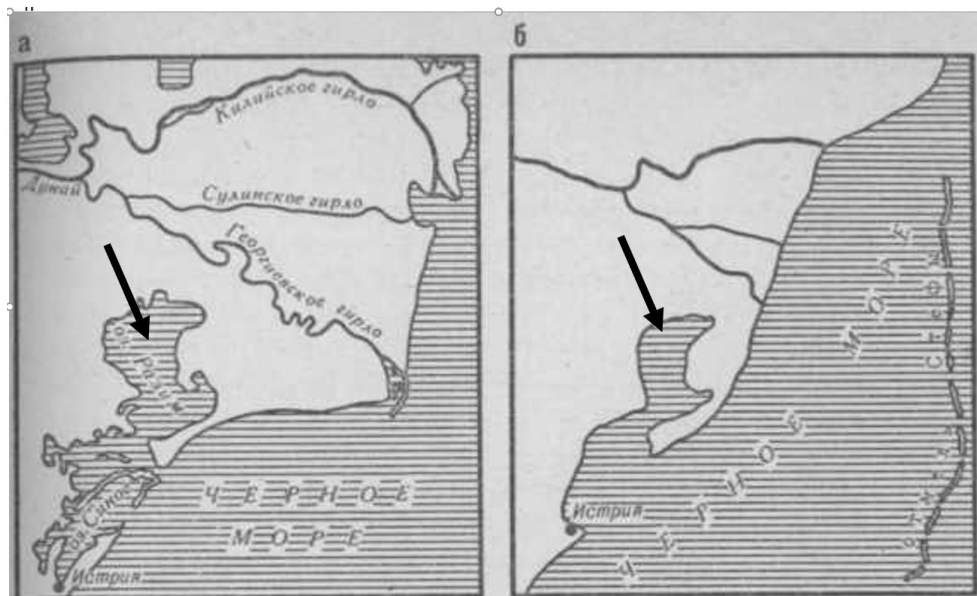


Рисунок 1 - Схеми дельти Дунаю: а) - сучасний стан (1985 р.); б) - античний період [17].

Тобто, близько двох тисяч років тому основна частина сучасної території дельти Дунаю була під водою і представляла собою затоку, відгороджену від моря меридіонально зорієнтованою косою Стефа. Зазначена коса зараз є східним кордоном сучасної дельти Дунаю, що не може бути випадковим співпадінням. Слід звернути увагу на те, що деякі елементи дельти Дунаю у античний період так і залишилися практично незмінними, наприклад, озеро Разім, яке на наведених картах показано стрілками. Відповідно до нових даних стосовно процесів трансформації блокової структури планети [5], у сучасну епоху йде перебудова структур виключно з діагональних - на меридіональну, що і відбулося у 1700 році. Коса Стефа мала протяжність приблизно 70 км, що відповідає довжині сучасного східного кордону дельти Дунаю, і до того ж співпадає з типовим просторовим масштабом блокової подільності твердої оболонки Землі (140x140; 70x70; 35x35 км ...). Такий характер змін також не можна вважати випадковим. На рис. 2 показано супутниковий знімок сучасної дельти Дунаю, що відображає характер її трансформації у XVII столітті з древньої, діагонально орієнтованої (історичні кордон та межа берегової смуги показана білими стрілками) - на сучасну (межа берегової смуги показана червоними стрілками).

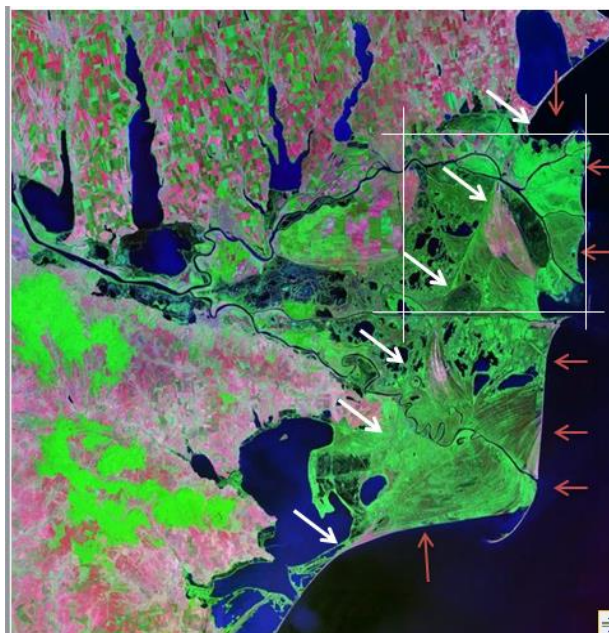


Рисунок 2 – Карта-схема процесу трансформації (у 1700 році) діагонально зорієнтованої дельти Дунаю на - меридіонально зорієнтовану [14].

Висунута у море прямокутна частина представляє собою блокову структуру, яка є складовою частиною блокової структури розміром 140x140 км, що ділиться на відповідні структури 70x70 км, одна з яких (північно-східна) раптово проявилась в рельєфі суходолу у 1700 році та існує досі. Блокова подільність з просторовим масштабом 35x35 км, виділена прямокутником на рис. 2, є і на схемі (рис. 3) у вигляді прямокутника на північному-сході.



Рисунок 3 - Схема [18] блокової подільності регіону Придунав'я з просторовими масштабами 140x140; 70x70; 35x35 км.

Аналіз наведеного прикладу дозволяє прийти до висновку про те, що у будь-якому районі узбережжя раптово можуть відбутися направлені, тобто безповоротні, трансформації значних ділянок морського берега. Це треба враховувати при розробці стратегії будівельного освоєння

узбережжя. Відповідно до ендегенної теорії акумулятивного рельєфотворення, ми вперше отримали можливість теоретично обґрунтовано передбачити напрямки змін поточного акумулятивного рельєфу. Тобто, немає інших варіантів перебудови, ніж у широтному та меридіональному напрямках. Також вперше ми отримали можливість теоретично обґрунтовано передбачити просторовий масштаб змін поточного акумулятивного рельєфу. Це виключно масштаб дольний до базового за теоріє К.Ф. Тяпкіна: 140x140 (базовий) та дольні - 70x70; 35x35; 17x17; 8x8; 4x4 км.

Однак важливо констатувати, що в районі Кілійської дельти, кордони якої більше 300 років мають меридіональну орієнтацію, досі збереглися прояви діагональної блокової подільності (проявлені напрямками прямолінійних фрагментів рукавів) з просторовим масштабом 35x35 км і орієнтацією 62° (рисунок 4).

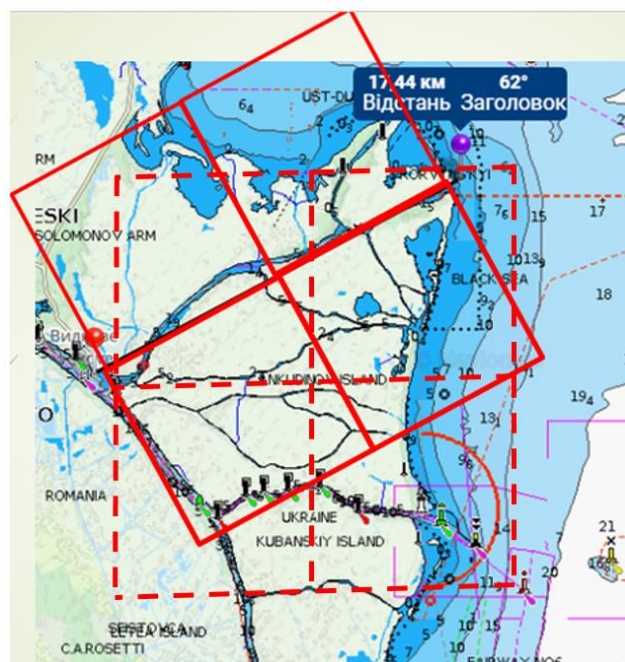


Рисунок 4 - Карта [18] з доданими авторами проявами діагональної (62°) блокової подільності у Кілійській дельті Дунаю з просторовим масштабом 35x35 км (червоні лінії) і перспективні для судноплавства (у майбутньому) рукава сучасної дельти (пунктирна лінія) з аналогічним просторовим масштабом, як це показано на рис. 3.

Ендегенна теорія, посилена кількісними показниками К.Ф. Тяпкіна, дозволяють теоретично обґрунтовано визначити майбутні зміни річкової мережі в кордонах Кілійської дельти. На рисунку 4 пунктиром показані перспективні для судноплавства (у майбутньому) рукава сучасної Кілійської дельти Дунаю.

З метою наукового обґрунтування перспектив застосування результатів теоретичної науки, отриманих в Україні, у практиці днопоглиблювальних робіт, оптимально розглянути вплив геодинаміки на морську геоморфологію, на прикладі якогось конкретного природного морського об'єкту. Об'єктом досліджень наступного розділу публікації обрана найбільш вивчена морська акваторія України – Азовське море.

Стан вивченості процесів формування пересипів, кіс та банок. Рельєф дна мілководного Азовського моря складений мулами, алевритами та пісками, що надходять з твердим стоком Дону та Кубані (близько 37,1 км³ на рік). Скелясті форми рельєфу морського дна не є характерними для Азовського моря. Стік наносів у глибоководну частину Чорного моря незначний.

У холодний період, 2 - 8 разів на рік у Азовському морі виникають шторми зі швидкістю вітру більше 20 м/с, завдяки чому сформовані хвилі та течії повинні знижувати підняття та депресії на морському дні. Тобто, за умов мілководності моря, штормові хвилі та течії повинні руйнувати коси та бари і замулювати депресії, а рельєф дна після штормів повинен знаходитися у стадії постійної трансформації.

Враховуючи зазначене, інформація, що наведена на карті зон розмиву, транзити та акумуляції донних відкладень Азовського моря, де показано географічне положення зон розмиву, транзити та акумуляції донних відкладень, потребує детального аналізу.

Наведену карту доцільно аналізувати у комплексі з інформацією, що наведена на карті гранулометричного складу донних відкладень Азовського моря (рис. 5).

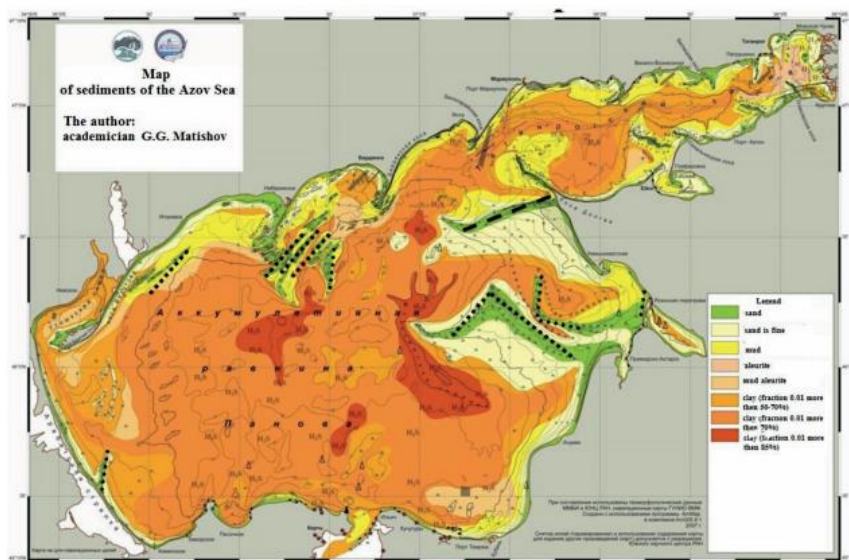
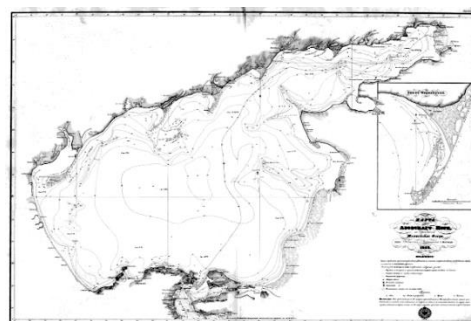


Рисунок 5. - Карта гранулометричного складу донних відкладень Азовського моря [19] з авторськими доробками.

Загальновідомо, що зони розмиву морського дна проявляються крупнозернистою фракцією донних відкладень. Тобто, відкладення піщаної фракції локалізовані у тих зонах, де не відбувається акумуляція завислої речовини. На карті - це всі без виключення коси і банки Азовського моря. Тобто, на карті (рис. 5) показано, що всі коси Азовського моря складені з крупнозернистої фракції донних відкладень, яка характеризує наявність процесів розмиву морського дна і тому не мають відношення до районів акваторії, в межах яких після шторму слід очікувати акумуляцію. Незважаючи на процеси домінування розмиву кіс Азовського моря, вони є стабільними у часі. Це підтверджується інформацією, що наведена на рис. 6, де наведені дві батиметричні карти Азовського моря, одна – сучасна, друга карта - станом на 1833 р.



а



б

Рисунок 6 - Батиметричні карти Азовського моря: а) сучасна карта [19], б) карта 1833 року [20].

Результати порівняльного аналізу двох карт, що побудовані з часовим проміжком приблизно 200 років, свідчать про те, що всі без виключення надводні та підводні акумулятивні форми рельєфу дна Азовського моря, що існували у 1833 році, досі залишаються незмінними, тобто, не були трансформовані потужними штормами, що відбулися в регіоні протягом усіх 200-т років.

У монографії [1], де розглянуто процеси трансформації акумулятивних форм рельєфу морського дна, процеси замулювання природно створених жолобів і штучно створених підхідних каналів, на підставі виконаних наукових досліджень констатовано, що геоморфологічні об'єкти на морському дні природного походження у вигляді піднять та депресій існують без змін на протязі віків, а якщо трансформуються, то раптово і швидкоплинно, тобто не під впливом шторму, а виключно у відповідності до геодинамічного часового масштабу [15]. В незмінних геодинамічних умовах (термін яких вимірюється століттями) коси, пересипи, банки, як навігаційні перешкоди природного походження, є стабільними протягом тривалого часу. Виключенням є акумулятивні форми рельєфу морського дна, що знаходяться під дією антропогенного впливу. Наприклад, геоморфологічні зміни, що пов'язані з будівництвом у Керченській протоці та видобутком піску з акумулятивного тіла Бакальської банки у Каркініцькій затоці [1].

В останні роки створилися теоретичні підстави для корінного перегляду екзогенної гіпотези формування морських берегів та акумулятивного рельєфу дна мілководь на користь ендегенної теорії. Через чверть віку після публікації наукових результатів, які демонструють очевидність ендегенної теорії рельєфоутворення мілководних районів океанів та морів [8], можливо, незалежно від них, були отримані нові підтвердження ендегенної природи формування акумулятивного рельєфу, у тому числі в Азовському морі. Дослідження, виконані інститутом геологічних проблем НАН України [6,7], обґрунтовують припущення про те, що геофлюїдодинамічні структури, як канали вертикальної міграції пластових та глибинних флюїдів, відіграють активну роль у формуванні сучасних ландшафтів. На думку зазначених фахівців, контролюючий вплив процесів, що розвиваються в межах геофлюїдодинамічних структур, на ландшафти морського дна та прибережних зон виражається у формуванні піщаних банок, кіс. Матеріали супутникових знімків Азовського моря і шельфу Чорного моря показують, що практично всі піщані банки і коси знаходяться у зоні геофлюїдодинамічних структур, рідше - в зонах окремих розривних порушень або лінійних зон горизонтальних напружень [6,7]. Приуроченість кіс до вказаних структур літосфери обумовлює їх прямолінійність (або прямолінійність їх окремих фрагментів), схожість геометрії їх контурів та періодичну повторюваність, характерну для розривних порушень та лінійних зон горизонтальних напружень.

В результаті аналізу публікацій про узгодженість у просторі морських акумулятивних форм з розривними порушеннями [6,7], чіткі причини формування особливих умов седиментації уздовж згаданих розломів, авторами зазначених публікацій не наводяться. Вказується лише на те, що усі коси, як Азовського так і Чорного морів, розташовуються у межах геодинамічних вузлів і розломів. Наочно ця ситуація, зокрема, проглядається і в межах коси Обіточної, яка вивчалася з використанням методу виділення лінійних зон хмарності на супутникових зображеннях. На рис. 7 показано, що лінеamenti хмарності проявляються системно (на рисунку нами нанесено дві пунктирні лінії, які явно проявлені лінеаментами хмарності, до яких ми ще повернемося).

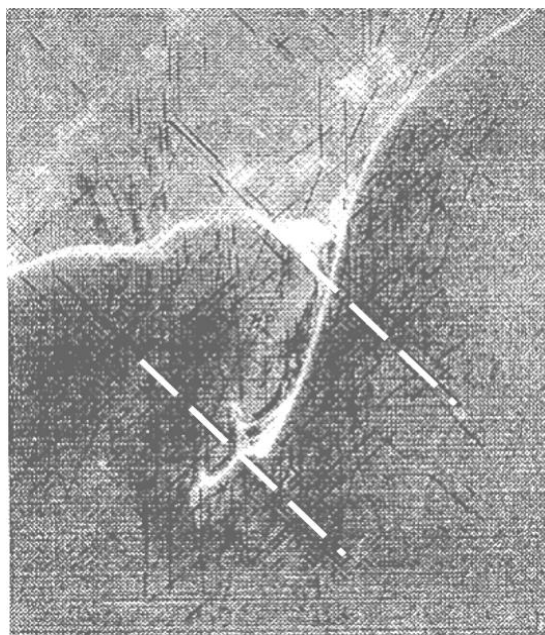


Рисунок 7 - Схема лінементів хмарності над косою Обіточна [7] з доробками авторів.

Важливо пам'ятати, що дані про ендегенну природу формування акумулятивних форм берегового рельєфу мілководного Азовського моря були узагальнені ще 55 років тому у роботі Ключової В.О. [3]. На рис. 8 показано, що три найдовші коси північного берега Азовського моря сформувалися на продовженні тектонічних порушень, що були виявлені та детально вивчені на суші. Слід зазначити, що у цитованому виданні на стор. 24-33 Г.Г.Ткаченко зазначені тектонічні порушення, визначені в межах акваторії Азовського моря були вперше підтверджені геофізичними методами[2].

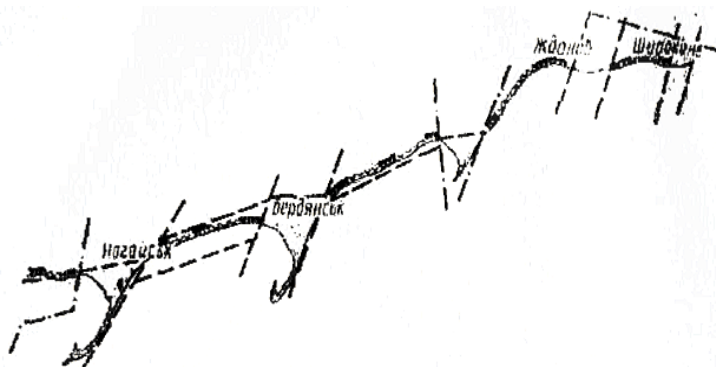


Рисунок 8. - Північне узбережжя Азовського моря - тектонічна схема [3].

В роботі Ключової В.О. [3] чітко показано системне чергування грабенів діагональної спрямованості на суші північного Приазов'я, уздовж яких проявлено, так само системно, формування прямолінійних надводних акумулятивних форм у вигляді кіс та їх підводних продовжень - банок.

В роботі [21] наводяться дані про геологічну будову кіс Азовського моря. За даними, отриманими зі свердловин, що були пробурені на косах північного Приазов'я, було виявлено значні тектонічні порушення у їх межах, тобто підтверджено тектонічну проникність кіс Приазов'я.

Ми вважаємо важливим відзначити, що не всі, а тільки активні тектонічні порушення, продовжуються у морі у вигляді надводних та підводних акумулятивних форм рельєфу. Авторами роботи [3] показано, що на північно-західному березі Азовського моря Обіточному горсту

відповідає смуга абразійно-обвальних та абразійно-зсувних берегів, а Обіточному грабену відповідає коса тієї ж назви. На рис. 8 представлена схема геологічних структур: горстів та грабенів. Ще приклад: Бердянсько - Ногайський горст характеризується розвитком берегів абразійно-зсувного характеру, а в районі Бердянського грабена формується Бердянська коса. Понад півстоліття тому В. О. Мамикіною і Ю.І. Хрустальовим [3] було показано, що в районах акваторій області стійкого розмиву приурочені до горсту, а області акумуляції - до грабенів (рис. 9).

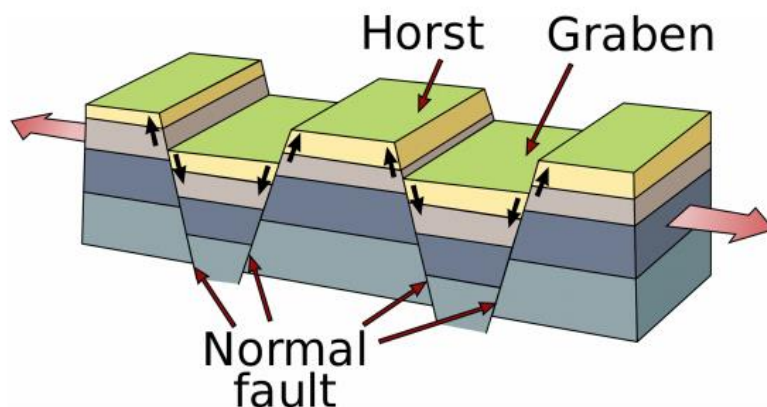


Рисунок 9 - Схематичне зображення геологічних структур горст і грабен [22].

Вендров С.Л. [3] відзначав, що серед нехвильових факторів динаміки берегів, неотектоніка у ряді районів може бути головним чинником.

Вважається логічною тезою: якщо геоморфологія суші визначається тектонічною (блоковою) будовою і характерні тектонічні умови на суходолі успадковуються в районах акваторій, то це означає, що геоморфологія морських районів так само, як і на суходолі, формується тектонічною (блоковою) будовою Земної кори. Іншими словами, якщо форма рельєфу суходолу продовжується в морі, це означає, що умови її формування є загальними як для суші, так і для моря. Причини впливу тектонічних процесів на формування кіс, пересипів банок та жолобів розглянуто у роботі [15]. І підтверджено результатами гідродинамічного моделювання.

Стан вивченості процесів формування жолобів. В Азово-Чорноморському регіоні найдовшим жолобом природного походження є депресія субширотного напрямку довжиною 35 км, що простягається між Одеською банкою на півдні та береговою смугою на півночі (рис. 10).

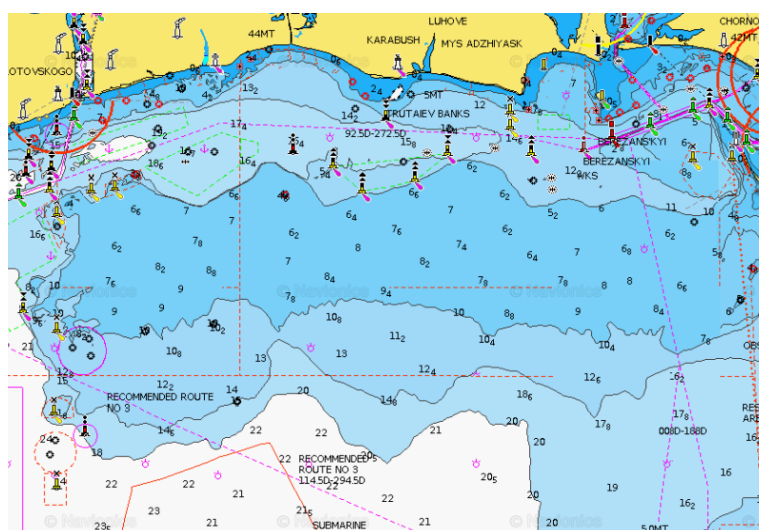


Рисунок 10. - Батиметрична карта судноплавного жолобу Очаків-Одеса [18].

Жолоб має глибину 15-20 м і відділяє від берега банку з глибинами від 6 метрів. Контур жолобу, що відділяє Одеську банку від північного берега Чорного моря показано 10-ти метровою

ізобатою. Слід зазначити, що жолоб просторово узгоджується з Одесько-Сивашською ослабленою неотектонічною зоною [2]. Ендогенна теорія акумулятивного рельєфоутворення у мілководних районах дає підстави констатувати про те, що прямолінійні широтно зорієнтовані жолоби є незмінними у часі, бо відповідають сучасному стану розвитку нашої планети в рамках ротаційної теорії К.Ф. Тяпкіна.

Жолоб простягається від Великого Аджаликського лиману на заході, де сформована депресія, глибина якої перевищує 20 м, до Березанського лиману на сході, де глибина жолобу 12 м.

Слід враховувати, що зазначений жолоб з південного напрямку межує з Одеською банкою, складеною піщаною фракцією, тобто, під час штормів південного напрямку жолоб повинен замулюватися, але цього не відбувається. Цікавою, тобто незрозумілою, особливістю цього жолобу є те, що на сході жолоб ділиться на дві гілки: північно-східну (виділяється ізобатою 5 м і має азимут 62°) та південно-східну (виділяється ізобатою 10 м і має азимут 17°). Ширина гілок з незрозумілих причин - однакова. Північно-східна гілка жолобу впирається в оголовок Кінбурнської коси, огинаючи її з півночі, і є судноплавною. Всупереч законів гідродинаміки, Кінбурнська коса, висунута від берега поперек течії Дніпровських вод, при цьому втричі скорочує ширину лиману (від 8-10 км до 3,5 км). Підводна частина коси висувається поперек течії ще на 2 км. В безпосередній близькості від тіла коси природним шляхом сформований сам жолоб, шириною до 500 м, з азимутом простягання 45° (рис. 11).



Рисунок 11. - Батиметрична карта судноплавного жолобу на вході в Дніпро-Бугський лиман [18].

У жолобі перепад глибини досягає 16 м глибини на 180 метрів дистанції. Тобто, води Дніпра та Бугу «вимушені» рухатися вузьким струменем, а значить з аномально високою швидкістю, причому цей процес відбувається без розмиву піщаного тіла Кінбурнської коси.

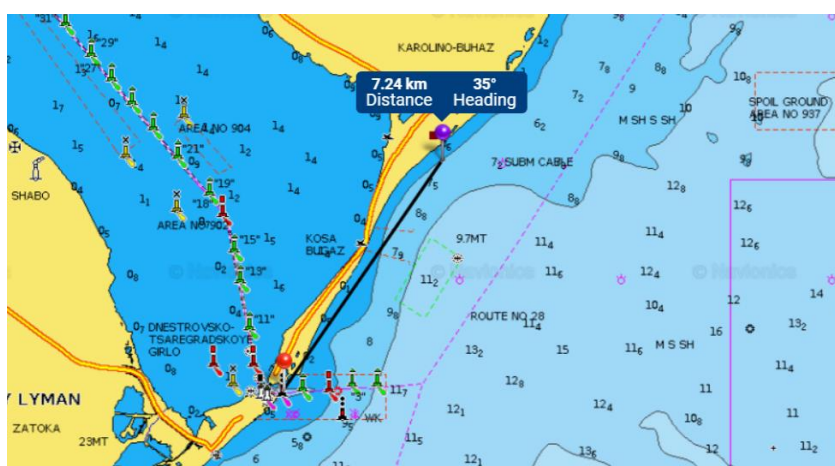
У Дніпро-Бугському лимані на узмор'ї дельти Дніпра природним шляхом сформована вузькість (рис. 12).



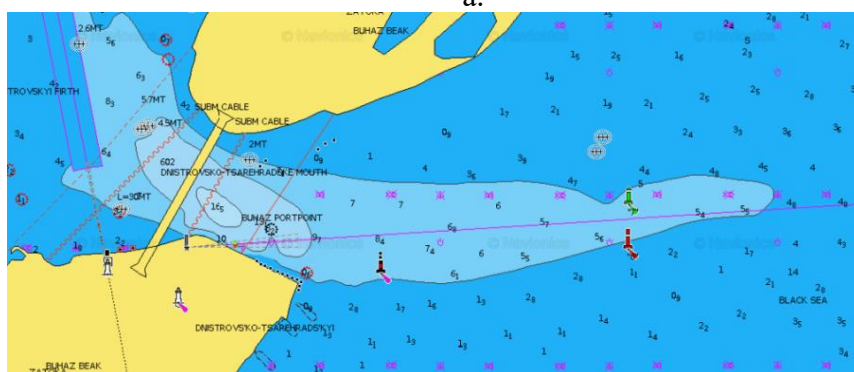
Рисунок 12. - Схема жолобу на захід від Дельти Дніпра (батиметрична карта з [18]).

У цьому місці природним шляхом ширина лиману звужується у три рази підводними акумулятивними формами, які повинні розмиватися потужними потоками води з Дніпра. З цієї причини води Дніпра у зазначеній вузькості формують жолоб, глибина якого більше 10 м, зі значними ухилами дна.

Іншим прикладом жолобу природного походження є жолоб в гирловій частині Дністровського лиману (рис. 13). Дністровський лиман відокремлений від моря пересипом (азимут 35°), який сформувався відповідно до блокової подільності земної кори з просторовим масштабом 7.5x7.5 км.



а.



б.

Рисунок 13. - Батиметричні карти: а) - гирло Дністровського лиману; б) - жолоб природного походження у гирловій частині Дністровського лиману [18].

Фактично, на відстані 7,5 км від північно-східного краю пересипу він має промоїну, і саме тому має ознаки коси. На відміну від пересипу озера Сасик та інших пересипів, просторове

положення промоїни (гирла Дністровського лиману) є стабільним у часі. Це підтверджується тим, що через неї ще у минулому віці побудовано міст. Фактично Цареградське гирло - це місце витoku у море води річки Дністер, яка під час попусків з водосховищ має значну витрату. Напрямок струменя течії, з урахуванням дії сили Кореолісу, мав бути південним і мав сформувати жолоб відповідного напрямку, як це відбувається на узмор'ї рукава Бистрий у Кілійській дельті Дунаю. Фактично ж вимитий течією жолоб є прямолінійним і має широтний напрямок. Повторимо, що у сучасних геодинамічних умовах активною є широтно-меридіональна сітка розломів. Важливо відзначити, що місце промоїни у пересипу та напрямок природного жолобу відповідає широтному розлому, який є паралельним до Одесько-Сивашської неотектонічно ослабленої зони. Тобто, жолоб на узмор'ї Дністровського лиману та жолоб в районі Одеської банки сформовані відповідно блокової подільності 140x140 км. Таким чином, ендегенна теорія акумулятивного рельєфоутворення у мілководних районах вже вдруге дає підстави констатувати, що прямолінійні широтно зорієнтовані жолоби є незмінними у часі, бо відповідають сучасному стану розвитку нашої планети в рамках ротаційної теорії К.Ф. Тяпкіна.

Зараз виникли підстави повернутися до аналізу карти (на рис. 7), де була наведена схема лінементів хмарності над косою Обіточна [7], на якій нами було додано дві паралельні лінії, що проявлені лінеаментами хмарності.

Вкрай важливою є проблема перетину судноплавними каналами акумулятивних форм типу кіс, пересипів та банок. Ми вважаємо зазначену проблему найскладнішу з тих, які потрібно вирішувати при плануванні днопоглиблювальних робіт. Досвід, отриманий нами при аналізі місця формування промоїни пересипу, що відділяє Дністровський лиман від Чорного моря, дозволяє сформулювати припущення, що побудова каналів через коси та банки може бути успішно реалізована в місцях, де коса або банка перетинається флюїодинамічною структурою іншого напрямку, як це було показано нами на рис. 7.

Розглянемо район Таганрозької затоки (естуарію Дону), що характеризується потужними літодинамічними процесами, адже Дон є джерелом наносів. Коси Білосарайська та Довга перекривають Таганрозьку затоку, завдяки чому води Дону формують на південь від оголовку коси Білосарайський вузький жолоб (рис. 14).

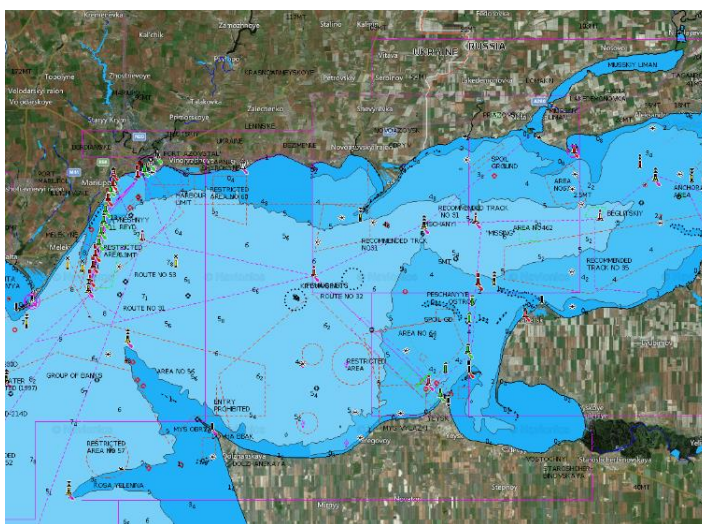


Рисунок 14. - Схема коси Довга, (батиметрична карта [18]).

Коса Довга, що перетинає Таганрозьку затоку, за просторовою орієнтацією відповідає напрямку блокової подільності літосфери 35° і 305° . [5]. Коса Довга відповідає просторовому масштабу 8x8 км та, відповідно контуру ізобати 5 м, має складно побудовану підводну частину, яка роздвоюється. Обидві підводні банки, що мають різну просторову орієнтацію, відповідають

просторовому масштабу 17,5x17,5 км (рис. 14). Відповідно до простягання островів у зоні її підводної частини північно-західна банка відповідає напрямку коси 305°.

На виході з затоки підводна частина коси звужує затоку з 50 км до 18 км (відповідно до положення ізобати 5 м).

Підводна частина коси Довга з північного сходу прямолінійна і протягом 25 км зорієнтована під кутом 305°.

Під таким самим кутом зорієнтована центральна частина коси, проявлена надводними акумулятивними формами - системою островів, які сформувалися вздовж прямої лінії. Західний борт зазначеного підводного продовження коси Довга прямолінійний протягом приблизно 17,5 км і сформований під кутом 332°. Тобто, борти підводної частини коси Довга сформовані різними напрямками блокової подільності (305° і 332°). Напрямок 305° відповідає блоковій подільності, проявлений на півночі горстами і грабенами. Азимут 332° є перпендикулярним північному берегу моря.

У повній суперечності до екзогенної теорії рельєфоутворення є роздвоєність підводної частини коси Довга. Східне роздвоєння - коса Єленіна (фактично банка). Ця банка у рельєфі проявлена у вигляді прямолінійної форми, протяжністю 17,5 км, і не має продовження в надводному акумулятивному рельєфі.

Зазначена банка до глибини 10 м класично проявлена вузькою прямолінійною смугою пісків, що показано на літологічній карті Азовського моря (рис. 6).

Коса Довга знаходиться на північно-східній межі зануреного блоку, географічно проявленого Азовським морем. Зазначена коса та її підводні продовження одночасно відповідають блоковій подільності літосфери під кутами 35°, 62° і 77°. Акумулятивна форма з напрямком 77° підтверджена не тільки морфологічно, але і літологічно.

Далі на схід у Таганрозькій затоці сформовано жолоб у місці перекриття лиману косою Беглицька на півночі та косою Чумбурська - на півдні.

Розглянемо систему жолобів Керченської протоки. Водобмін між Азовським та Чорним морями через мілководну протоку, з характерними глибинами 2-4 м, відбувається вузьким жолобом, який є судноплавним: у Керченській протоці жолоб природного походження проявлений контуром ізобати 5 м (рис. 15).

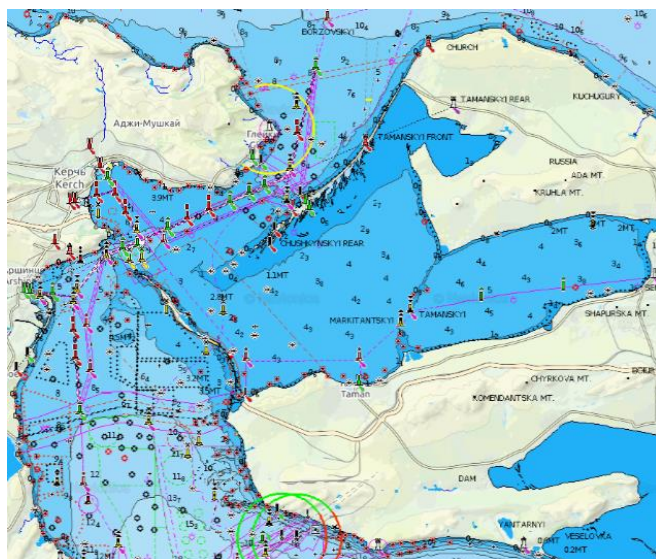


Рисунок 15. - Батиметрична карта Керченської протоки[18].

На південному-заході від оголовку коси Чушка паралельно їй у рельєфі дна починає проявлятися жолоб, довжиною близько 7 км. Тобто, просторова орієнтація жолобу збігається з просторовою орієнтацією надводної та підводної частини коси Чушка. Ширина жолоба збільшується в південно-західному напрямку, тобто в напрямку Павловського звуження, сформованого островом Тузла. На траверсі острова Тузла ширина жолоба звужується вдвічі і,

відповідно, максимальна глибина жолоба збільшується приблизно на третину: у місці звуження протоки жолоб поглиблюється до 12 м (рис. 16).

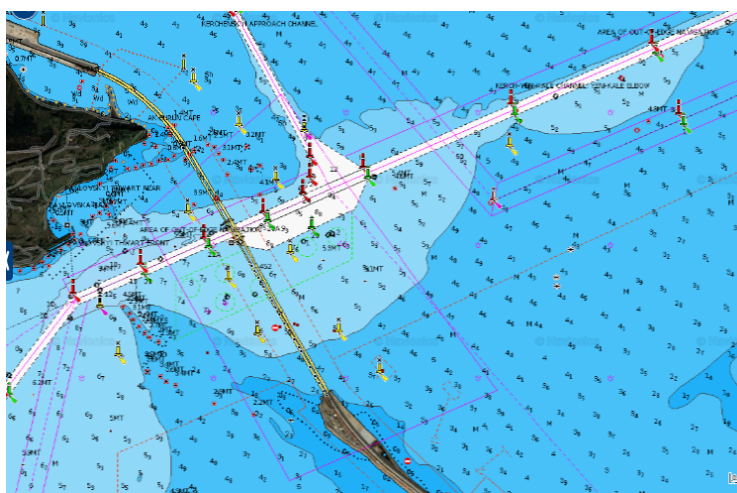


Рисунок 16. - Карта жолобу у Павлівській вузькості Керченської протоки [18].

Походження жолобу в районі Павловського звуження Керченської протоки пов'язане з розмивом дна протоки течією. Потужна течія, що формується у протоці у місці її звуження, не розмиває піщану підводну частину острова Тузла а, як і у гирлах Дніпро-Бузького лиману та Таганрогської затоки, замість цього вимиває жолоб (поглиблюється). Геометрія жолобу (у найвужчій частині) характеризується нахилами дна до 8 м глибини на 30 м дистанції.

Абразійні спроможності потоку води, всупереч законам гідродинаміки, спрямовані не на розширення протоки, а на поглиблення жолобу, що є енергетично більш витратним, адже доводиться виконувати механічну роботу не тільки проти сил тертя, а й проти гравітаційних сил, бо розмив відбувається не у площині, а у вертикальному напрямку.

Практика оптимізації проєктування морських днопоглиблювальних робіт. Важливо констатувати, що не всі штучно створені підхідні канали до портів сильно замулюються після шторму ефективного напрямку. Існує виняток - підхідний канал до порту Південний (рис. 17).

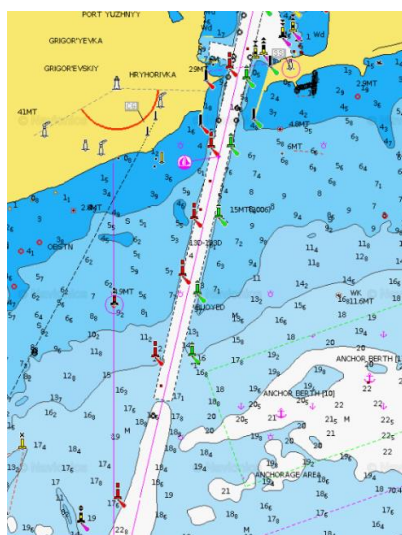


Рисунок 17 - Батиметрична карта підхідного каналу до порту Південний [18].

Цей канал створено вздовж природної прямолінійної депресії у рельєфі морського дна - геофлюїдинамічної структури, і тому лише умовно може вважатися штучно створеним, бо канал

побудований вздовж природної депресії, яка простежується в районі Дністровської банки, тобто є науково обґрунтованим ендемічною теорією формування акумулятивного рельєфу мілководних районів океанів та морів.

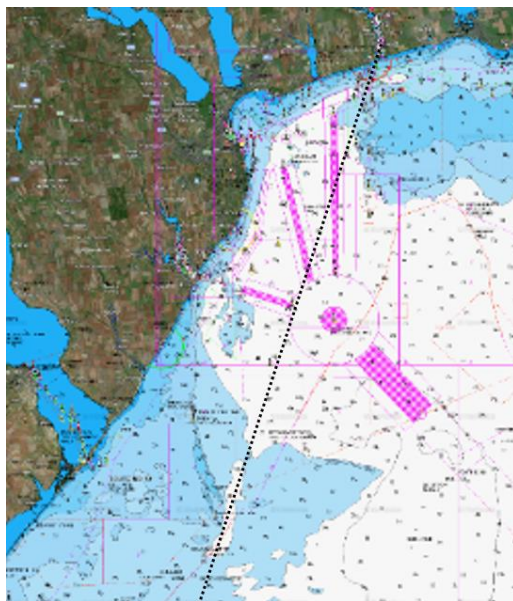


Рисунок 18. - Батиметрична карта північно-західної частини Чорного моря (пунктиром помічено зони, вздовж якої створені прямолінійні депресії в районах п. Південний та на південний-схід від Дністровської банки) [18].

Висновки та рекомендації. Прибережні мілководні райони океанів та морів з акумулятивним рельєфом морського дна у перманентному режимі потребують відновлення глибин вздовж судноплавних шляхів та підхідних каналів. Найяскравішим прикладом є акваторія Азовського моря, в кордонах якого підходи до всіх без виключення портів потребують безперервного «обслуговування» підхідних каналів, довжина яких вимірюється кілометрами. В кордонах Українського сектору Азовського моря судноплавству перешкоджають п'ять кіс. Найяскравішим прикладом перешкоджання судноплавству акумулятивними формами є Керченська протока, у якій судноплавству заважають коси Тузла та Чушка.

Досліджена проблема перетину судноплавними каналами акумулятивних форм типу кіс, пересипів та банок. Ми вважаємо зазначену проблему найскладнішою з тих, які потрібно вирішувати при плануванні днопоглиблювальних робіт. В результаті виконаного нами дослідження, на базі відомих закономірностей формування акумулятивного рельєфу мілководних районів океанів та морів, сформульовано методичну рекомендацію стратегічного рівня - уникати здійснення проектів перетинання кіс, банок, пересипів, томболо штучно створеними каналами. Водночас досвід, отриманий нами в процесі аналізу місця формування промоїни пересипу, що відділяє Дністровський лиман від Чорного моря, дозволяє сформулювати припущення, що за необхідності проведення каналів через коси та банки, це може бути успішно реалізовано в місцях, де коса або банка перетинається флюїодинамічною структурою іншого напрямку.

Також результатом виконаного дослідження є констатація того, що жолоби природного походження є стабільними протягом тривалого часу і тому після шторму практично не потребують днопоглиблювальних робіт. Найяскравішим прикладом жолобу природного походження є судноплавна прямолінійна депресія вздовж Одесько-Сивашської флюїодинамічної структури довжиною 35 км, що з'єднує порти на річці Дніпро, порти Дніпробузького лиману з Одеською затокою.

Слід зазначити, що жолоби природного походження успішно використовуються у судноплавстві. Важливо додати, що при проектуванні морських судноплавних каналів доцільно використання перспективних азимутів, вздовж яких вже утворилися жолоби природного походження, як це було враховано при обранні будівництва підхідного каналу до порту Південний

вздовж напрямку жолобу, який утворився в районі Дністровської банки. Такий принцип проектування днопоглиблювальних робіт можна вважати науково обґрунтованою та інвестиційно привабливою методичною рекомендацією тактичного рівня.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гладких І.І., Капочкіна, Кучеренко Н.В., Капочкін Б.Б. Нова парадигма акумулятивного рельєфоутворення М.Б. у мілководних районах океанів та морів: монографія том 1, Одеса: НУ "ОМА 2021. 201 с."
2. Ткаченко Г.Г. та ін. Про роль діз'юнктивної тектоніки у формуванні берегової лінії і морфології основних ділянок акваторії Чорного та Азовського морів. *Геологія узбережжя і дна Чорного та Азовського морів у межах УРСР.*, вип.4., Київ. 1970. С. 24-33.
3. Ключова В.О., Фуртес В.В. Відображення неотектонічних і сучасних рухів земної кори в морфології північного берега Азовського моря. *Геологія узбережжя і дна Чорного і Азовського морів в межах УРСР.* вип. 4. Київ. 1970. С. 34-39.
4. Демидюк Ю. Н., Потапчук Н. С. Использование линейных элементов облачного покрова для выделения глубинных структур Азово-Черноморского региона. *Геологический журнал.* Киев.1985. С. 76-83.
5. Тяпкин К.Ф. Блоки земной коры с позиций новой гипотезы структурообразования.: *Геологический журнал.* вып. №4, Киев. 1993. С.10-20.
6. Перерва В.М., Лялько В.И., Шпак П.Ф. Новые данные о разломно-блоковой структуре северо-западного шельфа Чорного моря по данным аэрокосмических исследований (в связи с нефтегазоносностью). *Геологический журнал.* вып. №4, 1994. С. 78-84.
7. Перерва В.М., Лялько В.И. Об эндогенной составляющей в температурной дифференциации поверхности Чорного моря. *Геологический журнал.* 1996. вып. №3/4. С. 123-128.
8. Karochkin V.B., Kucherenko N.V., Isakova J.V., Nagrebetsky V.S. The geomorphology of shelf and the submarine fluids discharge. *Littoral 98 Fourth International Conference, 14-17 september, 1998 Barcelona, Spain.* P. 265-269.
9. Учитель И.Л. Ярошенко В.Н., Гладких И.И., Капочкин Б.Б. Основы неогеодинимики: монографія. Одесса: Астропринт, 2000. 144 с.
10. Karochkin V.B., Kucherenko N.V. The physical model formation accumulative form of the relief of the sea bottom. *EGU – Geophysical Research Abstracts, Vol. 8, 2006.* 05263.
11. Михайлов В.И., Капочкин Б.Б. Кучеренко Н.В., Капочкіна А.Б. Эндогенные причины формирования берега и аккумулятивных форм морского дна. *Метеорологія, кліматологія та гідрологія.* Одеса: Екологія, Вип. 50. 2008. С. 246-251.
12. Михайлов В.И., Дорофеев В.С., Ярошенко В.Н., Капочкин Б.Б., Кучеренко Н.В. Современные изменения уровня Чорного моря как основа стратегии строительного освоения прибрежий: монографія, Астропринт. Одесса. 2010. 156 с.
13. Капочкин Б.Б., Кучеренко Н.В., Капочкіна М.Б. Формирование аккумулятивных форм рельефа морского дна геодинамическими процессами. „*Екологічні проблеми Чорного моря*”. Міжнародна науково-практична конференція. Одеса, 2012 р. С. 58.
14. Капочкин Б. Б. Структурообразование твердой оболочки планеты / Современное понимание Солнечной системы и открытые вопросы. 10 декабря 2013. URL: <http://dna-genealogy.ru/topic/589> (дата звернення 10.11.2024).
15. Karochkin V., Kucherenko N., Kapochkina M. Regularities in the transformation of coastal and accumulative forms of sea bottom relief, with application for water management *Meteorology Hydrology and Water Management. Research and Operational Applications.* | Vol. 2, Iss. 2. 2014. P. 43-48.

16. Капочкина А.Б., Капочкина М.Б. Оценка субмаринной розгрузки в районе Каркинитского залива. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. Київ. 2015. Т.2 (37), С.162-165.
17. Агбунов М.В. Загадки Понта Евксинського (Антична географія Північно-Західного Причорномор'я). М.: Думка, 1985. 160 с.
18. Boating navionics. URL:<https://webapp.navionics.com/#boating@6&key=kstzGwmqzD> (дата звернення 15.11.2024).
19. Глубина Азовского моря. URL: <https://anapacity.com/azovskoe-more-rossiya/glubina-azovskogo-morya.html> (дата звернення 15.11.2024).
20. Карта Азовского моря. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/> (дата звернення 15.11.2024).
21. Шнюков Є.Ф., Григор'єв О.В., Юханов І.С., Науменко П.І. Деякі питання геології Акваторії Азовського моря. *Геологія узбережжя і дна Чорного і Азовського морів в межах УРСР*. 1972. Вип. 5. Київ. С.10-14
22. Fault-Horst-Graben. URL:<https://uk.m.wikipedia.org/wiki/Fault-Horst-Graben.svg>(дата звернення 20.11.2024).

REFERENCES

1. Gladkikh I.I., Kapochkina, Kucherenko N.V., Kapochkin B.B. A new paradigm of accumulative relief formation of M.B. in shallow water areas of oceans and seas: monograph volume 1, Odesa: National University "OMA 2021. 201 p."
2. Tkachenko G.G. et al. On the role of disjunctive tectonics in the formation of the coastline and morphology of the main sections of the Black and Azov Seas. *Geology of the coast and bottom of the Black and Azov Seas within the borders of the Ukrainian SSR*, vol. 4, Kyiv. 1970. pp. 24-33.
3. Klyueva V.O., Furtes V.V. Reflection of neotectonic and modern movements of the earth's crust in the morphology of the northern coast of the Sea of Azov. *Geology of the coast and bottom of the Black and Azov Seas within the borders of the Ukrainian SSR*. Vol. 4. Kyiv. 1970. P. 34-39.
4. Demidyuk Yu. N., Potapchuk N. S. Using linear elements of cloud cover to identify deep structures of the Azov-Black Sea region. *Geological journal*. Kiev. 1985. P. 76-83.
5. Тыяпкин K.F. Blocks of the Earth's Crust from the Position of the New Hypothesis of Structure Formation: *Geological Journal*. Issue No. 4, Kyiv. 1993. P. 10-20.
6. Pererva V.M., Lyalko V.I., Shpak P.F. New data on the fault-block structure of the northwestern shelf of the Black Sea based on aerospace research (in connection with oil and gas potential). *Geological journal*. issue No. 4, 1994. pp. 78-84.
7. Pererva V.M., Lyalko V.I. On the endogenous component in the temperature differentiation of the Black Sea surface. *Geological journal*. 1996. issue №3/4. P. 123-128.
8. Kapochkin B.B., Kucherenko N.V., Isakova J.V., Nagrebetsky V.S. The geomorphology of shelf and the submarine fluids discharge. *Littoral 98 Fourth International Conference*, 14-17 september, 1998 Barcelona, Spain. P. 265-269.
9. Teacher I.L. Yaroshenko V.N., Gladkikh I.I., Kapochkin B.B. *Fundamentals of neogeodynamics: monograph*. Odesa: Astroprint, 2000. 144 p.
10. Kapochkin B.B., Kucherenko N.V. The physical model formation accumulative form of the relief of the sea bottom. *EGU – Geophysical Research Abstracts*, Vol. 8, 2006. 05263.
11. Mikhailov V.I., Kapochkin B.B. Kucherenko N.V., Kapochkina A.B. Endogenous causes of the formation of the coast and accumulative forms of the seabed. *Meteorology, climatology and hydrology*. Odesa: Ecology, Vol. 50. 2008. pp. 246-251.
12. Mikhailov V.I., Dorofeev V.S., Yaroshenko V.N., Kapochkin B.B., Kucherenko N.V. *Modern changes in the Black Sea level as a basis for the strategy of coastal construction development: monograph*, Astroprint. Odesa. 2010. 156 p.

13. Kapochkin B.B., Kucherenko N.V., Kapochkina M.B. Formation of accumulative forms of seabed relief by geodynamic processes. "Ecological problems of the Black Sea". International scientific and practical conference. Odesa, 2012 P. 58.
14. Kapochkin B. B. Structure formation of the solid shell of the planet. *Modern understanding of the Solar system and open questions*. December 10, 2013. URL: <http://dna-genealogy.ru/topic/589> (дата звернення 10.11.2024).
15. Kapochkin B., Kucherenko N., Kapochkina M. Regularities in the transformation of coastal and accumulative forms of sea bottom relief, with application for water management *Meteorology Hydrology and Water Management. Research and Operational Applications.* | Vol. 2, Iss. 2. 2014. P. 43-48.
16. Kapochkina A.B., Kapochkina M.B. Assessment of groundwater discharge in the Karkinitzky Bay area. *Hydrology, hydrochemistry and hydroecology*. Kyiv. 2015. T.2 (37), pp. 162-165.
17. 17. Agbunov M.V. Mysteries of Pontus Euxinsky (Ancient geography of the Pivnichno-Zakhidny Black Sea region). M.: Dumka, 1985. 160 p.
18. Boating navionics. URL: <https://webapp.navionics.com/#boating@6&key=kstzGwmqzD> (date of application 15.11.2024).
19. The depth of the Sea of Azov. URL: <https://anapacity.com/azovskoe-more-rossiya/glubina-azovskogo-morya.html> (date of application 15.11.2024).
20. Map of the Sea of Azov. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/> (date of application 15.11.2024).
21. Shnyukov E.F., Grigoriev O.V., Yukhanov I.S., Naumenko P.I. Some questions of geology of the Azov Sea area. *Geology of the coast and bottom of the Black and Azov Seas within the Ukrainian SSR*. 1972. Issue 5. Kyiv. P.10-14
22. Fault-Horst-Graben. URL: <https://uk.m.wikipedia.org/wiki/Fault-Horst-Graben.svg> (date of application 20.11.2024).

Naumenko A.V., Kapochkina M.B.

THEORY AND PRACTICE OF OPTIMIZATION OF THE DESIGN OF MARINE WORKS ON DREDGING THE BOTTOM.

In recent decades, there has been a rapid development of the endogenous theory of relief formation in shallow-water areas with an accumulative type of seabed relief. This has created conditions for the practical implementation of the obtained scientific results, one of the directions of which is dredging. The main goal of dredging at sea is to ensure the safety of navigation in shallow-water areas on the approaches to ports and along shipping lanes. If in past years the design of dredging works (approach channels, channels, etc.) was carried out according to the conceptual principles of minimizing their length, then recently technical solutions have appeared to ensure stable conditions of navigational safety based on the principle of minimal silting of dredging objects. As an example, it is possible to cite a patent for a utility model of Ukraine No. 158155 entitled "Method of determining the location of the route of the approach channel".

Thus, there is a basis for stating a paradigm shift in the basic principles of dredging works. Our research is devoted to solving the problem of optimizing the design of marine dredging works by implementing scientific results obtained within the framework of the endogenous theory of relief formation. The theoretical justification of the endogenous theory of relief formation in the Sea of Azov, the Kerch Strait and the southwestern part of the Black Sea is considered as a basis for developing a methodology for taking into account the influence of endogenous processes and fluid-dynamic structures on the silting of dredging objects.

Keywords: marine navigation, navigation, hydrography, geomorphology, increasing the efficiency of dredging works, accumulative relief, navigable channels, approach channels.