

МЕТОДИ ФОТОГРАММЕТРІЇ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ

Леженкін Іван Олександрович, к.т.н., ст. викладач,

Коломієць Сергій Матвійович, к.т.н., доцент,

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

***Анотація.** Стаття присвячена аналізу методів фотограмметрії для дослідження водних об'єктів. У зв'язку з необхідністю освоєння прибережної смуги і підводного простору необхідно проводити картографування поверхні дна і визначення глибин та характеристик хвилювання водної поверхні а також вивчення та нанесення на карту напрямку і швидкості течій.*

Встановлено, що в районах з глибинами менше 200 м необхідно знімальні роботи проводити в масштабах 1:2000 ... 1:50000, а якщо глибини складають більш ніж 200 м, то слід використовувати масштаб 1:100000 ... 1:500000. В прибережній зоні можна використовувати аерозйомку, а також підводну зйомку.

Для створення топографічних карт необхідно дотримуватися наступних вимог точності: середні квадратичні помилки в положенні твердих контурів не повинні перевищувати 0,7 мм, для об'єктів розташованих на островах і 1,5 мм для інших об'єктів; середні квадратичні помилки зйомки рельєфу дна не повинні перевищувати 0,3 м при глибинах менше 30 м, а при великих глибинах 1% від вимірної глибини.

Картографування дна водних просторів відбувається з космосу, з літака а також з борту надводного або підводного судна. Виходячи з цього зйомка може бути: космічна, аерозйомка, надводна, підводна.

Для стереоскопічної аерозйомки використовують дві фотокамери з однаковими елементами і один або два літака. Для аерозйомки в віддалених районах використовують літаки з великою дальністю польоту або гідролітаки. Для зйомки з борту судна використовують дві фотокамери.

При виконанні підводної зйомки відстань знімальної апаратури від дна залежить від глибини занурення, ступеня замутнення води та потужності штучних освітлювачів.

При зйомках з космосу поверхні дна, рельєф дна видно на великих глибинах. Поверхня дна озер, річок, водосховищ також проглядається з космосу, але на невеликі глибини. Для зйомки з космосу водних просторів необхідно щоб кути відхилення головної оптичної осі фотокамери від стрімкої лінії не перевищували 30-400, висота сонця над горизонтом повинна бути 30-600, а напрямок від сонця до 1300.

Таким чином в результаті проведеного дослідження проаналізована методика картографування поверхні дна, визначення глибин та характеристик водної поверхні.

***Ключові слова:** водні ресурси, топографічні карти, надводна зйомка, аерофотозйомка.*

PHOTOGRAMMETRY METHODS FOR RESEARCH OF WATER OBJECTS

I. Lezhenkin, S. Kolomiyets

Abstract. *The article is devoted to the analysis of photogrammetry methods for the study of water bodies. Due to the need to develop the coastal strip and underwater space, it is necessary to map the bottom surface and determine the depth and characteristics of water surface turbulence, as well as study and map the direction and speed of currents.*

It is established that in areas with depths less than 200 m it is necessary to carry out survey work on a scale of 1: 2000... 1: 50000, and if the depths are more than 200 m, you should use a scale of 1: 100000... 1: 500000. In the coastal zone, you can use aerial photography, as well as underwater photography.

To create topographic maps, the following accuracy requirements must be met: the root mean square errors in the position of solid contours must not exceed 0.7 mm for objects located on islands and 1.5 mm for other objects; the mean square errors of the bottom relief survey should not exceed 0.3 m at depths less than 30 m, and at great depths 1% of the measured depth.

Mapping of the bottom of water spaces is from space, from an airplane, as well as from aboard a surface or submarine. Based on this, the survey can be: space, aerial, surface, underwater.

For stereoscopic aerial photography use two cameras with the same elements and one or two aircraft. Long-range aircraft or seaplanes are used for aerial photography in remote areas. Two cameras are used to take pictures from the ship.

When performing underwater photography, the distance of the shooting equipment from the bottom depends on the depth of immersion, the degree of turbidity of the water and the power of artificial lighting.

When shooting from space on the bottom surface, the bottom relief is visible at great depths. The surface of the bottom of lakes, rivers, reservoirs is also visible from space, but at shallow depths. For shooting from space, it is necessary that the angles of deviation of the main optical axis of the camera from the steep line do not exceed 30-400, the height of the sun above the horizon should be 30-600, and the direction from the sun to 1300.

Thus, as a result of the study, the method of mapping the bottom surface, determining the depth and characteristics of the water surface was analyzed.

Keywords: *water resources, topographic maps, surface survey, aerial photography.*

Постановка проблеми. Картографування суші в той чи іншій мірі виконано досить докладно, але планомірне вивчення та картографування районів земної поверхні покритих водою, знаходиться в початковій стадії. Для освоєння прибережної смуги (шельфу) і підводного простору, крім наявності карт на ці території і їх систематичного оновлення, потрібні також знання характеристик течій і хвилювання водної поверхні в заданому районі. Це необхідно для правильної забудови берегової смуги та розміщення портових споруд, а також для розробки надійних конструкцій суден, гребель, нафтових бурових установок. Таким чином, зйомка на водних просторах проводиться з метою: картографування поверхні дна і визначення глибин, визначення характеристик хвилювання водної поверхні,

вивчення та нанесення на карту напрямку і швидкості течій.

Виклад основних матеріалів дослідження. Топографічні карти земної поверхні, покритої океанами, морями і внутрішніми водоймами є різновидом і продовженням топографічних карт суші. У зв'язку з цим вони повинні виготовлятися за єдиними вимогами до змісту та оформлення, тобто вони повинні мати єдині системи координат і висот, єдину разграфку, номенклатуру, масштабний ряд і уніфіковані умовні знаки. Хоча топографічні карти земної поверхні, покритої водою, не є навігаційними картами, однак вони повинні за змістом і оформленням узгоджуватися з ними і можуть використовуватися при створенні таких карт. Крім, основних топографічних карт можливе створення фотокарт, що поєднують півтонове і графічне зображення ситуації.

Топографічні карти шельфу і дна внутрішніх водойм створюються на основі матеріалів комплексу знімальних топографо-геодезичних робіт, який складається з підготовчих робіт; забезпечення зйомок планової і висотної основами; топографічної зйомки узбережжя; зйомки рельєфу дна, надводної та підводної ситуації; обробки результатів робіт і складання знімальних оригіналів карт. У районах з глибинами менше 200 м знімальні роботи виконують в масштабах 1: 2000-1: 50000, а у віддалених районах і з глибинами понад 200 м - в масштабах 1: 100000. З усього комплексу робіт основним визначальним процесом є зйомка рельєфу дна і підводного ситуації. Зйомку рельєфу дна при глибинах менше 200 м виконують з використанням ехолота і бічного огляду, а при великих глибинах тільки ехолотом. Відстані між галсами не повинні перевищувати 2 см в масштабі створюваної карти. У поєднанні з методом проміру використовують і інші види зйомки. Аерозйомки морського дна застосовують в прибережній смузі. Використовують також підводну зйомку. Космічні знімки застосовують для створення планової частини карт (фотокарт) масштабів 1: 100000 і дрібніше.

При створенні топографічних карт дна необхідно дотримуватися таких вимог до точності планового і висотного положення нанесених на карту об'єктів. Планове положення опорних пунктів повинно бути визначено з точністю, що не перевищує 0,2 мм в масштабі карти. Середні квадратичні помилки в положенні твердих контурів і орієнтирів щодо найближчих опорних пунктів не повинні перевищувати 0,7 мм для об'єктів, розташованих на островах і штучних спорудах, пов'язаних з державною геодезичною мережею, і 1,5 мм для інших об'єктів.

Середні квадратичні помилки зйомки рельєфу дна з урахуванням приведення до Балтійської системи висот не повинні перевищувати 0,3 м при глибинах менше 30 м, а при великих глибинах 1% від виміряної глибини. Підпис відміток дна повинен здійснюватися до 0,1 м для глибин менше 200 м і до 1 м при великих глибинах. Середні помилки в положенні горизонталей щодо висотної основи не повинні перевищувати 2/3 висоти перерізу рельєфу дна при кутах нахилу його елементів до 60 і цілої висоти перетину при великих кутах нахилу. Висоту перерізу вибирають в залежності від характеру рельєфу дна і глибини, масштабу карти, а також з урахуванням величини перетину рельєфу прибережної суші, зображеної на карті.

Для планової прив'язки положення судна під час гідролокаційної зйомки використовують супутникові навігаційні системи ГЛОНАСС або GPS, а також радіогеодезичні дальномірні системи. Середня квадратична помилка визначення

місця судна на знімальному галсі не повинна перевищувати 1,5 мм в масштабі зйомки щодо пунктів знімальної основи. З метою обліку коливань рівня водної поверхні і прив'язки його до Балтійської системи висот використовують спостереження на найближчих постійних (додаткових) рівневих постах. Відстані між постами встановлюють з урахуванням максимальної різниці миттєвих рівнів в будь-якій точці ділянки, яку приймають рівною 0,2 м для берегового рівневого поста і 0,5 м для поста у відкритому морі. На ділянках з глибинами понад 200 м враховують тільки відхилення середнього багаторічного рівня від нуля Балтійської системи висот.

Для картографування дна водних просторів і вивчення водного середовища застосовують зйомки з космосу, з літака, з борта надводного або підводного судна, а також зйомки, проведені аквалангістами і водолазами. Відповідно до цього виділяють космічну, аеро-, надводну і підводну зйомки. Знімальна апаратура використовується в залежності від того, в якому діапазоні хвиль буде проводитися зйомка: в оптичному діапазоні електромагнітних хвиль або з використанням акустичних випромінювань.

Фотозйомка в оптичному діапазоні електромагнітних хвиль може бути використана в першу чергу для зйомки водної поверхні з метою визначення характеристик хвилювання, льодової обстановки, ступеня забруднення промисловими відходами і під час аварії корабля. Зйомки ж поверхні дна зустрічають перешкоди, пов'язані зі ступенем прозорості води, а також хвилюванням водної поверхні. Найбільша прозорість для світлових хвиль не замутної води доводиться на хвилі довжиною 0,460-0,540 мкм, що відповідає синьо-зеленій області оптичного діапазону. З урахуванням цього вибирають приймач оптичних променів в фотокамері (фотоплівку або матрицю ПЗС), світлофільтр і штучні джерела підсвічування. Хвилювання водної поверхні в 1-2 бали практично виключає фотозйомку поверхні дна з літака або борта судна. Крім того, хвилювання, піднімаючи донні наноси, зменшує прозорість води. Після шторму фотозйомка можлива через 2-3 дня, коли відновиться прозорість води. З урахуванням сказаного фотозйомка з літака дозволяє картографувати поверхню дна морів і океанів до глибин близько 15-20 м.

Аерозйомки водної поверхні не можна виконувати за методикою, яка застосовується для зйомки суші, тому що в кожний наступний момент часу її форма змінюється. Якщо аерозйомки водної поверхні виконувати однією фотокамерою з одного літака, то зображення на кожному наступному знімку буде відрізнятися від зображення на попередньому, і чим більше інтервал фотографування, тим більше ця відмінність. В результаті отримати стереопару знімків не представляється можливим, і при фотографуванні з літака однією фотокамерою отримують поодинокі аерознімки.

Для стереоскопічної аерозйомки використовують дві фотокамери з однаковими елементами внутрішнього орієнтування і один або два літака. Якщо використовується один літак, то фотокамери встановлюють в спеціальних гондолах, укріплених під крилами. В цьому випадку базис фотографування буде визначатися розмахом крил. Спрацьовування затворів фотокамер синхронізують з точністю 10 мкс. В результаті отримують поодинокі стереопари хвилювання водної поверхні або рельєфу дна. Для визначення характеристик хвилювання фотозйомку виконують в

масштабах 1: 1000-1: 3000, а для вимірювання рельєфу дна в масштабах 1: 5000-1: 7000 при висоті сонця від 10-150 до 500, але не більше, інакше зображення буде покрито сонячними відблисками .

При аерозйомці з метою визначення висотних відміток контурів дна використовують два лазерних висотоміра. Один висотомір, що працює в зеленій зоні оптичного діапазону, вимірює висоту фотографування до дна, а інший, який працює в червоній зоні, до водної поверхні. Різниця показань буде глибиною, точність визначення якої таким способом складає 0,2-0,5 м при глибинах до 50-60 м. Висотні позначки можна визначати також за допомогою ехолота, встановленого на судні, але в цьому випадку першорядне значення набуває взаємна прив'язка моментів часу отримання знімків і проведення промірів.

З метою охоплення більшої площі водної поверхні аерозйомки роблять з двох літаків, що летять паралельними курсами або один за одним на відстані, що визначає базис фотографування. Величину останнього розраховують виходячи із заданої величини перекриття знімків і висоти фотографування. Щоб зменшити площу стереопари, що підсвічується відблиском від сонця, крім зазначених вище умов, базис фотографування вибирають більше $0,05H - 0,1H$ і розташовують перпендикулярно до напрямку на сонці. За результатами стереовимірів довжини хвиль визначають з точністю 3-5%, їх висоти - 20-30 см.

Специфіка аерозйомки водної поверхні і рельєфу дна накладає ряд вимог на фотокамеру і літак. Фотографування водної поверхні проводиться при зниженій освітленості через малі висоти сонця. До цього потрібно додати слабку контрастність водної поверхні і рельєфу дна. З метою зниження впливу димки використовують жовтий світлофільтр ЖС-12, що зменшує силу світлового потоку. Більш щільні світлофільтри при фотозйомці рельєфу дна застосовувати не можна. Все це вимагає, щоб фотокамера мала яскравий об'єктив. Для виключення підсвітів бічними променями використовують бленду. Для аерозйомки рельєфу дна недоцільно застосовувати як короткофокусні, так і довгофокусні фотокамери. У короткофокусних фотокамер зі збільшенням кутів перетину оптичних променів з водною поверхнею на краях кадру відбувається падіння різкості зображення. У довгофокусних фотокамер різкість зменшується через смаз зображення. Що стосується літака, то для аерозйомки в районах, віддалених від берега, найбільш підходять літаки з великою дальністю польоту або гідролітаки. Для аерозйомки районів шельфу і прибережної смуги краще використовувати літаки з середньою дальністю польоту. Прибережні морські і океанські простори, а також озера і річки краще фотографувати з легких літаків.

Фотозйомку хвилювання водної поверхні роблять також з берега і борта судна. Фотозйомку двома фотокамерами з борта судна можна порівняти зі зйомкою двома фотокамерами з літака. Недоліком фотозйомки як з борта судна, так і з берега є те, що фотографується тільки передній схил хвилі і її вершина. Щоб частково послабити цей недолік, фотокамери встановлюють по можливості на максимальну висоту. Так як фотозйомка проводиться з невеликих порівняно з аерозйомкою відстаней, отримані фотознімки представляють великомасштабні зображення хвиль, за якими можна отримати з високою точністю повну кількісну характеристику всіх їх елементів. Крім того, з борта судна фотографують обривисті берега з метою визначення взаємодії суші і води.

При виконанні підводної зйомки відстань знімальної апаратури від дна залежать від глибини занурення, ступеня замутнення води і потужності штучних освітлювачів. Підводне фотографування, зроблене аквалангістами і водолазами, виконують вибірково для підвищення достовірності дешифрування об'єктів дна. Велике замутнення води в річках і озерах не дозволяє використовувати фотозйомку для картографування поверхні дна. Специфіка підводного фотографування полягає в тому, що фотокамера встановлюється перед ілюмінатором підводного апарату, керованого людиною безпосередньо або дистанційно. При великій відстані фотографованих об'єктів, коли відстань більше $100f$, плоскопараллельний ілюмінатор не викликає зміщення точок на фотознімку і формули зв'язку координат точок дна і фотознімку виводять з урахуванням двох середовищ: вода-повітря. Якщо відстані порівнянні з фокусною відстанню, то проектувальні промені не будуть паралельні, і ілюмінатор буде впливати на геометрію побудови зображення. Формули зв'язку координат в цьому випадку повинні враховувати три середовища: вода-скло-повітря.

Особливість фотозйомки поверхні дна з космосу полягає в тому, що на космічних знімках рельєф дна видно на набагато більших глибинах, ніж на аерофотографіях. Однак при цьому фіксуються тільки великі форми рельєфу, що мають розміри в сотні і тисячі метрів, тому що відбувається природна генералізація контурів. Це пояснюється тим, що при фотографуванні з великих висот хвилювання водної поверхні не спотворює зображення поверхні дна, тому що зміщення точок зображення, що виникають із-за цього фактора, менше роздільної здатності фотозображення. Крім того, оптичні промені, що відбилися від дна і несучі зображення його точок, при проходженні водного середовища до її поверхні сильно слабшають за рахунок поглинання і розсіювання. В результаті до об'єктива фотокамери, розташованої на літаку, доходять ослаблені промені, які і формують в фокальній площині фотокамери зображення деталей поверхні дна, розташованих на невеликих глибинах. У той же час розсіяні промені також формують зображення, проте воно виходить збільшеним за рахунок розпливчастості, розмитості. Ступінь розмитості залежить від якості водного середовища і його глибини: чим більше глибина, тим більше розмитість контурів. При розташуванні фотокамери на невеликих висотах над водною поверхнею розмите зображення не фіксується на фотоплівці. Коли ж фотокамеру піднімають на велику висоту, лінійні розміри розмитих зображень контурів поверхні дна зменшуються в фокальній площині фотокамери до точкових розмірів, що дозволяє фіксувати чітке зображення. Отримані фотознімки дозволяють створювати нетопографічні карти, на яких будуть відображені форми рельєфу дна морів і океанів розмірами від сотень до тисяч метрів при глибинах в кілька сотень метрів. Поверхня дна озер, водосховищ, річок також проглядаються з космосу, але на невеликі глибини через замутнення води. Виходячи з досвіду виконання космічної фотозйомки, найкращі умови для її проведення з метою зйомки дна водних просторів будуть наступні: кути відхилення головної оптичної осі фотокамери від стрімкої лінії не повинні перевищувати 30-400, висота Сонця над горизонтом повинна бути 30-600, а напрямок від Сонця 90-1300.

Висновки. В результаті проведеного дослідження проаналізована методика картографування поверхні дна, визначення глибин, та характеристик водної поверхні.

Література

1. Дорожинський О.Л., Тукай Р. Фотограмметрія: підручник. Львів: НУ «Львівська політехніка», 2008. 332 с.
2. Дорожинський О.Л. Аналітична та цифрова фотограмметрія. Львів: НУ «Львівська політехніка», 2002. 164 с.
3. Х.В. Бурштинська, С.А. Станкевич. Аерокосмічні знімальні системи: навч. посібник, Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2010. 292 с.

Матеріали надійшли до організаційного комітету конференції 25 червня 2020 р.

УДК: 631.6 (477.7)

СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЛІСОВИХ МЕЛІОРАЦІЙ В ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОМУ ПРИАЗОВ'І

Аюбова Ельнара Мусаїбовна, асистент кафедри геоекології та землеустрою,
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного
Єршова Оксана Володимирівна, студентка 11С ГЗ групи
спеціальності «Геодезія та землеустрій»,
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

***Анотація.** В статті розглянуті стан, проблеми, з якими стикнулися сьогодні штучні лісонасадження та перспективи їх розвитку. Впродовж ХХ ст. степова зона України зазнала значного антропогенного впливу. Більшість степових ландшафтів було перетворено на агроценози. У посушливому районі, яким є Приазов'я, дуже скоро розпочалися сильні вітрові бурі, які призвели до скорочення урожайності сільськогосподарських культур, що викликало необхідність запровадження протиерозійних заходів. Такими були створення штучних лісових насаджень у вигляді невеликих лісків та лісосмуг. Вони перешкоджали розвитку яружно-балкового рельєфу. Після створення у басейнах багатьох річок гідроелектростанції та водосховищ були затоплені великі площі природних лісів. Пізніше їх береги піддалися штучному залісненню. Внаслідок цього у Південній Україні, окрім АР Крим, зростає лісистість, яка зараз складає 2,6%.*

***Ключові слова:** лісосмуги, сільськогосподарська меліорація, Північно-Західне Приазов'я, зона Степу.*

***Abstract.** The article considers the state, problems faced today by artificial forest plantations and prospects for their development. During the twentieth century, the steppe zone of Ukraine has undergone significant anthropogenic impact. Most steppe landscapes were transformed into agrocenoses. In the arid region, which is the Azov Sea, very soon strong wind storms began, which led to a reduction in crop yields, which necessitated the introduction of anti-erosion measures. Such were the creation of artificial forest plantations in the form of small forests and forest belts. They hindered the development of ravine-beam relief. After the creation of hydroelectric power plants and reservoirs in the basins of many rivers, large areas of natural forests were flooded. Later, their shores were subjected to artificial afforestation. As a result, in southern Ukraine, except for the Autonomous Republic of Crimea, forest cover has increased, which now stands at 2.6%.*

***Keywords:** forest belts, agricultural reclamation, North-Western Azov, Steppe zone.*