

УДК 004.942+574.51

doi:10.20998/2413-4295.2017.32.16

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОННОГО РЕЛЬЕФА НА БАЗЕ ИССЛЕДОВАНИЙ НИЖНЕГО УЧАСТКА Р. САМАРА

Д.Д. ДУБОВИК<sup>1</sup>, Ю.І. БОРОХОВИЧ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт технической механики и государственное космическое агентство НАН Украины, Днепр, УКРАИНА

<sup>2</sup>Институт проблем природопользования и экологии НАН Украины, Днепр, УКРАИНА  
email: denic3d@gmail.com

**АННОТАЦИЯ** Экспериментальное определение донного рельефа осуществляется путем измерения глубин исследуемой части ИВ, лабораторного определения мутности воды и скорости осаждения содержащихся в воде веществ. Далее выполняется приближенная оценка объема осаждающегося ила для исследуемого участка искусственного водохранилища на основе последовательно выполненных двух измерений глубин через определенный интервал времени. Одновременно с измерением глубин с заданным распределением точек измерения выполняется забор воды для лабораторного определения ее мутности и скорости осаждения ила.

**Ключевые слова:** донный рельеф; искусственное водохранилище; водозабор; объем наилка; картографические данные.

## EXPERIMENTAL DETERMINATION OF THE DENON RELIEF ON THE BASIS OF THE RESEARCH OF THE LOWER SITE OF R. SAMARA

D. DUBOVYK<sup>1</sup>, V. BOROKHOVYCH<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institute of Technical Mechanics and State Space Agency of the National Academy of Sciences of Ukraine, Dnipro, UKRAINE.

<sup>2</sup> Institute for Nature Management and Ecology of the National Academy of Sciences of Ukraine, Dnipro, UKRAINE

**ABSTRACT** Experimentally determine the bottom relief on the basis of studies of the lower section of the river. Samara. To build a route for measuring depths and digitizing depths, we used the built-in Android application, Androzik. Along with measurements of depths, water turbidity and sedimentation rate were determined. About 2,000 depth points were obtained, the data was transferred to the GIS platform, resulting in a bottom relief model, the area and volume of the reservoir. Laboratory tests of water samples were conducted on a number of parameters, the most important of which is the "turbidity" for modeling the sludge formation process. In the course of expedition studies of the cross-section profiles of the reservoir-prototype, the information was obtained in the form of direct measurements of the depths in the cross-sections of the given cross sections. Digitization and processing of cartographic data (topographic maps, remote sensing images) are carried out in the appropriate sections of the dissertation research using special techniques. Measurements were made using echo-lot and GPS devices. For an approximate calculation of the volume of the low, experimental data on the distribution of the turbidity of water and the rate of sedimentation of suspended solids are used. According to the approximate method of estimating the amount of the nitrate deposited during the year in the specified zones of the reservoir - the prototype. The bottom relief was determined experimentally on the basis of studies of the lower section of the river. Samara.

**Keywords:** bottom relief; artificial reservoir; water intake; volume of the plug; cartographic data.

### Введение

Длина Самары 311 км, площадь бассейна 22660 км<sup>2</sup>. Уклон реки 0,33 м / км. Долина трапециевидная, асимметричная, на отдельных участках неявно выражена. Пойма двусторонняя, подавляющее ширина 3-4 км (максимальная 6 км). Берет начало на западных склонах Донецкого кряжа. Далее течет по Приднепровской низменности преимущественно на запад. Впадает в Днепровское водохранилище. Самарское водохранилище, или Самарский залив имеет протяженность 27 км. Ширина растёт до 12 км на приустьевом участке.

### Цель работы

Экспериментальное определение донного рельефа основано на определении фактического количества донных отложений в течение одного года. Для этой цели были проведены экспериментальные исследования нижнего участка р. Самара (между мостом на Игрень и мостом на Приднепровск). Исследования проводились с использованием плавсредств, GPS трекера Gembird, эхолота, а также средств забора воды для определения ее мутности и других характеристик.

**Изложение основного материала**

Для построения маршрута движения при измерениях глубин и оцифровки глубин использовалось встроенное приложение для Android – Андрозик. Исследования проведены в 2015 и 2016 годах – два комплексных исследования с интервалом в один год. Наряду с измерениями глубин выполнялись определение мутности воды и скорости осаждения осадков [1]. В первом и втором экспериментальных исследованиях измерения проводились в одних и тех же точках акватории, что позволило определить изменение глубин в этих точках через интервал времени в один год. Каждое полевое исследование сопровождалось также измерением реперной точки для отслеживания НПУ [5]. Было получено около 2000 точек глубин, данные были перенесены в ГИС платформу, в результате были получены модель рельефа дна, площадь и объем водохранилища. Были проведены лабораторные исследования проб воды по ряду параметров (табл 1), важнейшим из которых для моделирования процесса ило-образования является «мутность»[6-9].

Самарский залив имеет близкий гидрологический режим Днепровскому водохранилищу (скорость течения, соотношение глубины и площади зеркала). На рисунках 1, 2 представлены Самарский залив и Днепровское водохранилище, соответственно. Для исследования в качестве водоема-аналога Днепровского водохранилища наиболее подходящим участком по гидрологическим параметрам морфометрии является участок от моста на Игрень до моста на Приднепровск. Для расчетов критериев подобия и данных необходимых для расчетов была проведена оцифровка Самарского залива и Днепровского водохранилища.

Таблица 1 – Оцениваемые параметры качества воды

Параметры	Единицы измерения
Цветность	Градус
Запах	Балы
Мутность	мг/дм <sup>3</sup>
Водный показатель	pH
Щелочность общая	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /дм <sup>3</sup>
Биокарбонаты	(HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) мг/дм <sup>3</sup>
Сухой остаток	мг/дм <sup>3</sup>
Жесткость	мг-екв/дм <sup>3</sup>
Кальций	(Ca <sup>2+</sup> ), мг/дм <sup>3</sup>
Магний	(Mg <sup>2+</sup> ), мг/дм <sup>3</sup>
Натрий и калий	(Na <sup>+</sup> i K <sup>+</sup> ), мг/дм <sup>3</sup>
Нитраты	(NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) мг/дм <sup>3</sup>
Перманганатная окисляемость	мгО/дм <sup>3</sup>
Биохроматная окисляемость	мгО/дм <sup>3</sup>
Нитриты	(NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ), мг/дм <sup>3</sup>
Аммоний (азот аммонийный, аммиак)	(азот амонійний, аміак),мг/дм <sup>3</sup>
Общий фосфор	Рмг/дм <sup>3</sup>
Общий азот	Нмг/дм <sup>3</sup>

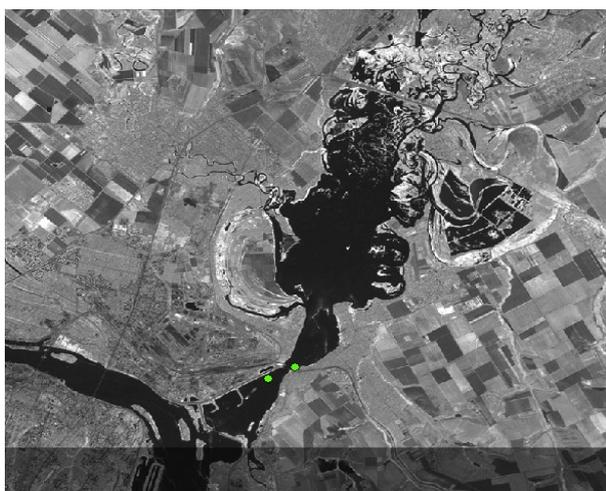


Рис. 1. Карта нижнего участка р. Самара (Самарский залив), Landsat.

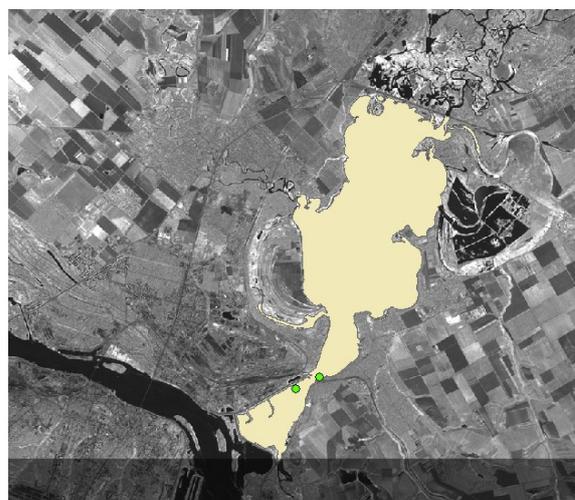


Рис. 2– Зеркало воды Самарского залива.



Рис. 3 – Оцифровка точек глубин Самарского залива.



Рис. 5 – Модель рельефа дна водоема прототипа (ранее известные данные).

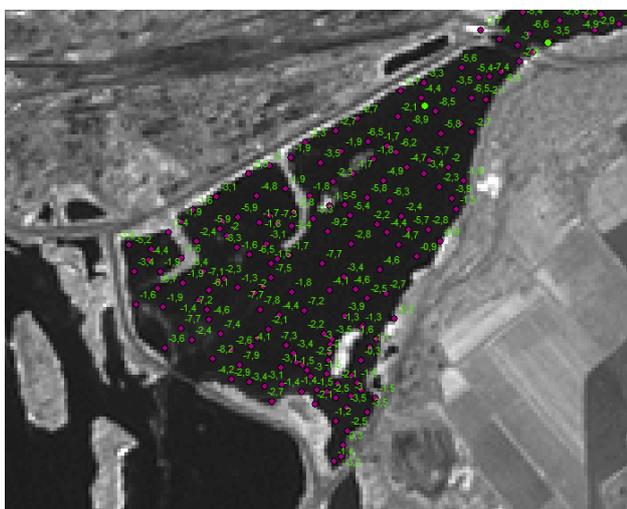


Рис.4 – Схема точек замеров глубин Самарского залива для создания модели-прототипа

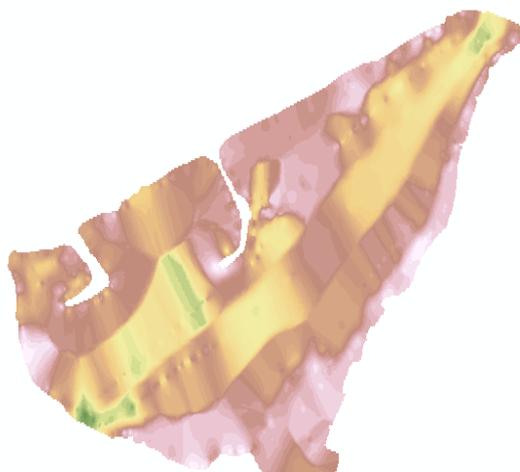


Рис. 6 – Модель рельефа дна водоема-прототипа (полевые исследования 2015 год).

Работа по моделированию рельефа дна участка р. Самара (водоема-прототипа) выполнена на ГИС-платформе. На основании полевых исследований были построены модели рельефа дна 2015 и 2016 гг. Эти модели позволяют оценить изменение глубин в точках измерений и на этой основе определить экспериментальный объем наилка, накопленного в течение интервала 2015 – 2016 г.г. Фрагмент матрицы различия глубин Самарского залива в точках измерения 2015 и 2016 г.г. представлен фрагментом матрицы различия глубин, определенным как разность матриц глубин 2016 и 2015 г.г. [2,4].

Оцифровка картографических данных Днепровского водохранилища. Днепровское водохранилище — одно из украинских водохранилищ на Днестре, расположенное частично в Запорожской и частично в Днепропетровской областях и образованное плотиной Днепропетровской ГЭС. Площадь водохранилища составляет 410 км<sup>2</sup>, объём 3,3 км<sup>3</sup>. Его длина 129 км, максимальная ширина достигает 3,5 км, средняя глубина — 8 м, максимальная — 53 м. В него впадают реки: Самара, Орель, Мокрая Сура.

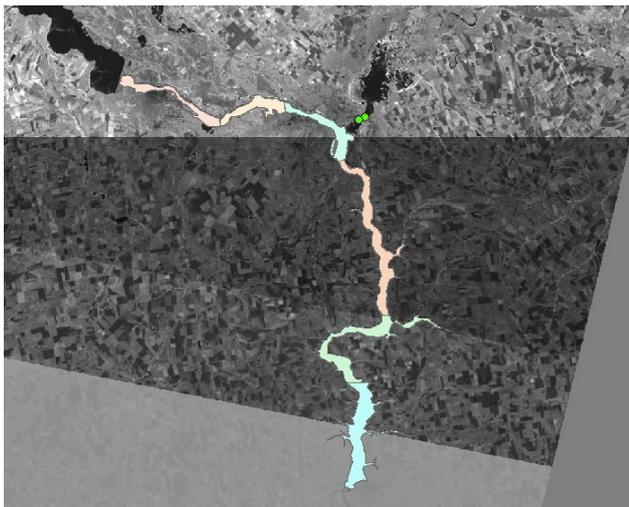


Рис. 7 – р. Дніпр (Дніпровське водохранилище)  
оцифровка площі зеркала води.

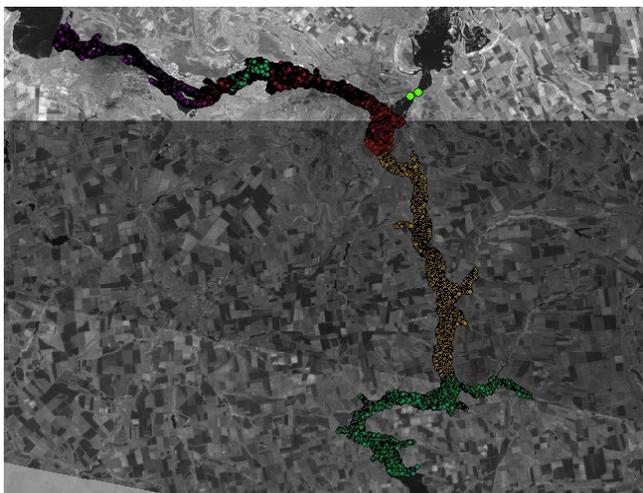


Рис. 8 – Експериментальне визначення об'єму  
наїлка по результатам вимірювань глибини  
водохранилища-прототипа.

Експериментальне визначення донного рельєфу здійснюється шляхом вимірювання глибини досліджуваної частини ІВ, лабораторного визначення мутності води та швидкості осадження мінеральних речовин. Далі виконується наближена оцінка об'єму осаджуючого іла для досліджуваного ділянки штучного водозабору на основі послідовно виконаних двох вимірювань глибини через певний інтервал часу. Одночасно з вимірюваннями глибини з заданим розподілом точок вимірювання виконується збір води для лабораторного визначення її мутності та швидкості осадження іла.

Вимірювання глибини ІВ здійснюються по точкам, заданим сіткою вимірювань (рис.4) відповідно до Технічного завдання на виконання експериментальних робіт з оцінки об'ємів илов,

випавших на дно водойми в період інтервалу часу  $T$  (один рік).

Для розробки моделей оцінки темпів замулення штучних водозаборів типу водозаборів Дніпровського каскаду визначається характер інформації про розподіл глибини акваторії водозабору – прототипа. Як це зроблено Самарське водозаборище (Самарський затока). Для перевірки даних, отриманих на основі цифрової обробки наявних картографічних даних проведені прямі вимірювання глибини в 2015 та 2016 роках (інтервал 1 рік). Відстані між точками вимірювання в поперечному перерізі становлять 20–30 м), відстані між поперечними перерізами лежать в діапазоні 50 м до 180 м. [10-11].

### Обсуждение результатов

В процесі експедиційних досліджень профілів поперечних перерізів водозабору-прототипа інформація отримана в формі прямих вимірювань глибини в створів заданих поперечних перерізів. Оцифровка та обробка картографічних даних (топографічні карти, знімки ДЗЗ) виконуються в відповідних розділах дисертаційного дослідження з допомогою спеціальних методик.

Досліджувані ділянки акваторії задаються верхнім створом (міст на Ігрені) та нижнім створом (міст на Придніпровськ). Кількість поперечних перерізів по течії розподілені нерівномірно. Враховуються особливості передбачуваної форми профілю дна в конкретному перерізі. Також задається діапазон довжин кроку вимірювань, які залежать від крутизни падіння схилу дна в площині перерізу.

Вимірювання здійснювалися з допомогою ехо-лоту та пристроїв GPS. Дані вимірювань приведені до нормального підпорного рівня, для чого використана інформація про поточний стан рівня штучного водозабору відносно НПУ в кожен день дослідження в реперних точках. В кожному перерізі взяті проби води (від 5 до 12 точок в кожному перерізі, виконано аналіз відносного кількості важених речовин в воді в відповідності до вимог методик лабораторних досліджень.

За значеннями глибини першого та другого циклу вимірювань (2015, 2016 рр.) відновлені на ГІС – платформі відповідні профілі дна Д1 та Д2

На основі апроксимованих профілів дна та відповідних глибини, а також відстаней між точками кожного попереднього, утворюють квазіпаралелепіпеди, об'єм яких наближено визначає об'єм наїлка, утвореного в період одного року. Сума цих елементарних об'ємів визначила об'єм наїлка в досліджуваній частині водозабору – прототипа.

Для приближенного расчета объема наилка используются экспериментальные данные о распределении мутности воды и скорости осаждения взвешенных веществ.

### Выводы

В ходе экспедиционных исследований профилей поперечных сечений водохранилища-прототипа информация получена в форме прямых измерений глубин в створах заданных поперечных сечений. Оцифровка и обработка картографических данных (топографические карты, снимки ДЗЗ). Проведена приближенная оценка объема осаждающегося ила для исследуемого участка искусственного водохранилища на основе последовательно выполненных двух измерений глубин через определенный интервал времени.

### Список литературы

1. Савичев, О. Г. Регулирование речного стока. / О. Г. Савичев, С. Ю. Краснощёков, Н. Г. Наливайко // Издательство Томского политехнического университета. – 2009. – 114 с.
2. ESRI White paper ArcGis 3D Analyst. 3D visualization, topographical analysis, surface construction. - 2002. - 14с.
3. Шапар, А. Г. Систематизация задач наукового забезпечення переводу території басейну р. Дніпро до сталого функціонування / А. Г. Шапар, О. О. Скрипник, С. М. Сметана // Зб. наук. праць ІППЕ. Екологія і природокористування. – 2012. – вип.15. – с.12–23.
4. Шапар, А. Determination of bottom sediments intensity accumulation in Samara gulf of Dnieper reservoirs using Geographic information systems (GIS) / А. Шапар, О. Скряпник, Д. Дубовик // Екологічна безпека. – 2015. – № 1/2015 (19). – С. 33-36.
5. Дубовик, Д. Д. Приближенная методика оценки объема заиления водохранилища прототипа / Д. Д. Дубовик // Вестник Национального технического университета «Харьковский политехнический институт». – Харьков. – 2016. – вып. 18. – с. 164. – doi:10.20998/2413-4295.2016.18.24.
6. Carlson, R. E. A Trophic State Index for lakes / R. E. Carlson // *Limnol. And Oceanography*. – 1977. - 22(2). - P. 361-369. – doi: 10.4319/lo.1977.22.2.0361.
7. Kloiber, S. M. A procedure for regional lake water clarity assessment using Landsat multispectral data / S. M. Kloiber, P. L. Brezonik, L. G. Olmanson // *Remote Sensing of Environment*. – 2002. - 82, N 1. – P. 38-47. – doi: 10.1016/S0034-4257(02)00022-6.
8. Brezonik, P. L. Landsat-based Remote Sensing of Lake Water Quality Characteristics, Including Chlorophyll and Colored Dissolved Organic Matter (CDOM) / P. L. Brezonik, K. D. Menken, M. E. Bauer // *Lake and Reservoir Management*. – 2005. – 21(4). – P. 373-382.
9. Starodubtsev, V. M. Formation of delta landscapes in the upper Dnieper cascade reservoirs / V. M. Starodubtsev, V. A. Bohdanets, S. V. Yatsenko [et al.] // *Electronic Journal "Scientific reports NUBiP of Ukraine"*. — 2010. — No. 5 (21).

10. Шапар, О. О. Determination of actual ecological parameters of the Dnieper reservoirs using geoinformation technologies / А. G. Шапар, О. О. Скряпник, Д. Д. Дубовик // *Ecology and Environmental Sciences*. — 2014. — Vol. 18. — P. 139—146.
11. Kress, H. Comparison of Preconstruction and 2003 Bathymetric and Topographic Surveys of Lake McConaughy, Nebraska / W. H. Kress, S. K. Sebree, G. R. Littin // *Scientific Investigations Report, 2005-5040. Published by U.S. Department of the Interior and U.S. Geological Survey*. — 2005. — 19 p.

### Bibliography (transliterated)

1. Savychev, O. H. Rehulyrovanye rechnoho stoka. Nalyvayko Yzdatel'stvo Tomskoho polytekhnicheskoho unyversyteta, 2009, 114 s.
2. ESRI White paper ArcGis 3D Analyst. 3D visualization, topographical analysis, surface construction. - 2002. - 14 c.
3. Шапар, А. Г., Скряпник, О. О., Сметана, С. М. Systematyzatsiya zadach naukovooho zabezpechennya perevodu terytoriyi baseynu r. Dnipro do staloho funktsionuvannya. *Zb. nauk. prats' IPPE "Ekolohiya i pryrodokorystuvannya"*, 2012, 15, 12–23.
4. Шапар, А., Скряпник, О., Дубовик, Д. Determination of bottom sediments intensity accumulation in Samara gulf of Dnieper reservoirs using Geographic information systems (GIS). *Ekologichna Bezpeka*, 2015, № 1/2015 (19), S. 33-36.
5. Дубовик, Д. Д. Pryblyzhennaya metodyka otsenky ob'yema zaylenyya vodokhranylyshcha prototypa. *Vestnyk Natsyonal'noho tekhnicheskoho unyversyteta «Khar'kovskyy polytekhnicheskyy ynstytut*, 2016, 18, 164. – doi: 10.20998/2413-4295.2016.18.24.
6. Carlson, R. E. A Trophic State Index for lakes. *Limnol. And Oceanography*, 1977, 22(2), P. 361-369. – doi: 10.4319/lo.1977.22.2.0361.
7. Kloiber, S. M., Brezonik, P. L., Olmanson, L. G. A procedure for regional lake water clarity assessment using Landsat multispectral data. *Remote Sensing of Environment*. 2002, 82, N 1, P. 38-47. – doi: 10.1016/S0034-4257(02)00022-6.
8. Brezonik, P. L., Menken, K. D., Bauer, M. E. Landsat-based Remote Sensing of Lake Water Quality Characteristics, Including Chlorophyll and Colored Dissolved Organic Matter (CDOM). *Lake and Reservoir Management*, 2005, 21(4), P. 373-382.
9. Starodubtsev, V. M., Bohdanets, V. A., Yatsenko, S. V. Formation of delta landscapes in the upper Dnieper cascade reservoir. *Electronic Journal "Scientific reports NUBiP of Ukraine"*. — 2010. — No 5 (21).
10. Шапар, А. Г., Скряпник, О. О., Дубовик, Д. Д. Determination of actual ecological parameters of the Dnieper reservoirs using geoinformation technologies. *Ecology and Environmental Sciences*, 2014, 18, 139—146.
11. Kress, H., Sebree, S. K., Littin, G. R. Comparison of Preconstruction and 2003 Bathymetric and Topographic Surveys of Lake McConaughy, Nebraska. *Scientific Investigations Report, 2005-5040. Published by U.S. Department of the Interior and U.S. Geological Survey*. — 2005. — 19 p.

**Сведения об авторах (About authors)**

**Дубовик Денис Дмитриевич** – младший научный сотрудник, Институт технической механики и государственное космическое агентство НАН Украины, Днепр, Украина; e-mail: denic3d@gmail.com.

**Denys Dubovuk** – Junior Researcher, Institute of Technical Mechanics and State Space Agency of the National Academy of Sciences of Ukraine, Dnipro, Ukraine.

**Борохович Юлия Игоревна** – ведущий инженер, Институт проблем природопользования и экологии НАН Украины, Днепр, Украина; e-mail: vymchalab@gmail.com.

**Yulii Borokhovych** – Leading Engineer, Institute for Nature Management and Ecology of the National Academy of Sciences of Ukraine, Dnipro, Ukraine; e-mail: vymchalab@gmail.com.

*Пожалуйста, ссылайтесь на эту статью следующим образом:*

**Дубовик, Д. Д.** Экспериментальное определение донного рельефа на базе исследований нижнего участка р. Самара / **Д. Д. Дубовик, Ю. И. Борохович** // *Вестник НТУ «ХПИ»*, Серия: Новые решения в современных технологиях. – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2017. – № 32 (1254). – С. 98-103. – doi:10.20998/2413-4295.2017.32.16.

*Please cite this article as:*

**Dubovuk, D., Borokhovych, Y.** Experimental determination of bottom relief on the basis of studies of the lower part of the river. Samara. *Bulletin of NTU "KhPI". Series: New solutions in modern technologies.* – Kharkiv: NTU "KhPI", 2017, **32** (1254), 98–103 doi:10.20998/2413-4295.2017.32.16.

*Будь ласка, посилайтесь на цю статтю наступним чином:*

**Дубовик, Д. Д.** Експериментальне визначення донного рельєфу на базі досліджень нижньої ділянки р. Самара / **Д. Д. Борохович, Ю. І.** // *Вісник НТУ «ХПІ»*, Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2017. – № 32 (1254). – С. 98-103. – doi:10.20998/2413-4295.2017.32.16.

**АННОТАЦІЯ** Експериментальне визначення донного рельєфу здійснюється шляхом виміру глибини досліджуваної частини ІВ, лабораторного визначення змісту води та швидкості осадження вміщених у воді речовин. Далі виконується приблизна оцінка обсягу осажденої мулу для досліджуваного ділянки штучного водоймища на основі послідовно виконаних двох вимірів глибини через певний інтервал часу. Одночасно з виміром глибини з заданим розподілом вимірювання точок виконується забір води для лабораторного визначення її різниці та швидкості осадження мулу.  
**Ключові слова:** донний рельєф; штучне водосховище; водозабір; обсяг замулу; картографічні дані.

*Поступила (received) 15.09.2017*