

системы управления антропогенным эвтрофированием водохранилищ Средней и Нижней Волги”.

### **Библиографический список**

1. Законнов В.В. Илонакопление в системе водохранилищ Волжского каскада // Труды Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН. 2016. № 75 (78). С. 30–40.

2. Законнов В.В., Иванов Д.В., Хасанов Р.Р., Законнова А.В., Маланин В.В., Марасов А.А. Пространственно-временная трансформация грунтового комплекса водохранилищ Волги. Сообщение 6. Донные отложения Куйбышевского водохранилища и их картирование с использованием геоинформационных технологий // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2019. № 2. С. 72–89.

3. Единый государственный реестр почвенных ресурсов России [Электронный ресурс]. – URL: <http://atlas.mcx.ru/materials/egrpr/content/1DB.html> (05.03.2018).

4. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Выпуск 6. Часть I. Гидрологические наблюдения и работы на больших и средних реках (3-е издание, переработанное и дополненное). Л.: Гидрометеиздат, 1989. 92 с.

5. Поздняков Ш.Р., Брюханов А.Ю., Кондратьев С.А., Игнатьева Н.В., Шмакова М.В., Минакова Е.А., Расулова А.М., Обломкова Н.С., Васильев Э.В., Терехов А.В. Перспективы сокращения выноса биогенных элементов с речных водосборов за счет внедрения наилучших доступных технологий сельскохозяйственного производства (по результатам моделирования) // Водные ресурсы. 2020. Т. 47. № 5. С. 588–602.

6. Рахуба А.В., Шмакова М.В. Численное моделирование заиления приплотинного плеса Куйбышевского водохранилища речными наносами // Метеорология и гидрология. 2018. № 1. С. 68–75.

УДК 528.472

П.В. Хомяков, Б.М. Усманов, [p.hamster21@gmail.com](mailto:p.hamster21@gmail.com)  
Казанский федеральный университет, г. Казань, Россия

### **ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ДНА КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В МЕСТАХ ДОБЫЧИ ПГС**

Приведены обобщенные результаты съемки рельефа дна современными методами на примере участка р. Кама (Куйбышевское водохранилище) и возможности их использования для решения прикладных задач.

*Ключевые слова:* водохранилище, гидрология, гидролокатор бокового обзора, батиметрическая съемка, рельеф дна.

## ASSESSMENT OF THE KUIBYSHEVSKY RESERVOIR BED STATE IN THE PLACES OF SAND AND GRAVEL EXTRACTION

The generalized results of Kuibyshev reservoir bed relief survey using modern methods are presented on the example of a section of the Kama river, the possibility of obtained data application is discussed.

*Keywords:* reservoir, hydrology, side-scan sonar, bathymetric survey, bottom relief.

### ***Введение***

В наше время возможности современных гидрографических технологий, необходимых для проектирования, выполнения, постобработки и представления результатов батиметрической съемки, широко используются исследователями при работе на больших водных объектах (океанах, морях, крупнейших озерах) [1]. На реках же, небольших озерах данный вид оборудования практически не используется, вследствие его специфичности (крупногабаритные размеры, условия крепления оборудования только на крупные суда, небольшие глубины исследуемых водных объектов и т.д.). Для съемки и последующего построения батиметрических карт таких водных объектов чаще всего используются однолучевые эхолоты и даже «испытанный дедовский способ» – ручные промеры с помощью лота (измерительной ленты с грузом на конце). Данные виды работ, конечно, имеют ряд преимуществ, среди которых в первую очередь мобильность группы исследователей, малый вес и габариты оборудования. Вместе с тем для них свойственны и недостатки: большие сроки проведения полевых работ (повышенная трудоемкость), невозможность достоверного (фактического) отображения микроэлементов дна.

Решение задачи построения рельефа дна на больших площадях с высокой эффективностью и точностью можно выполнить с помощью гидроакустического интерферометра (Интерферометрического гидролокатора бокового обзора, далее – ИГБОЭ).

Гидролокация бокового обзора является инструментом, обеспечивающим получение изображения дна с высокой разрешающей способностью с обеих сторон от линии движения судна. ИГБОЭ позволяет получать детальную акустическую картину дна в цифровом виде.

Установленные на носителе антенны буксируются в водной толще с постоянными: курсом, скоростью и высотой над дном. Во время буксировки антенны постоянно излучают акустические импульсы с постоянным интервалом.

Для построения рельефа дна в ИГБО при выкладке на планшет используются данные о курсе и скорости судна-носителя, данные об углах качки, а для привязки рельефа дна к географическим координатам - данные от приёмника навигации. При окончательном построении рельефа дна производится учёт гидрологии за счёт ввода профиля скорости звука.

В рамках данной статьи приведены результаты гидрометрических изысканий в местах проведения гидромеханизированных работ по добыче ПГС районе Камского плеса Куйбышевского водохранилища на примере участка близ н.п. Саконы. Исследуемый участок располагается у низкого левобережья, что обусловлено наличием месторождений ПГС с относительно неглубоким залеганием.

В настоящее время р.Кама находится в подпоре плотины Куйбышевской ГЭС, являясь частью Куйбышевского водохранилища. Водоем был образован в 1955-1957 гг. вследствие перекрытия р. Волги гидротехническими сооружениями Куйбышевского гидроузла [2; 3].

### ***Материалы и методы исследования***

На предполевом этапе определялась исследуемая площадь акватории, размеры участка, на электронную карту наносились галсы, имеющие привязку на местности к стационарным географическим объектам. При необходимости (или в случае невозможности привязки) даются координатные местоположения отправной и конечной точек галса с азимутальным направлением [5].

Перед батиметрическим обследованием производилась съемка уреза воды (береговой линии) на всем протяжении исследуемого участка и определялся абсолютный уровень воды на день съемки GPS-приемником GeoExplorer 6000 GeoXH (3.5 G, FL) с точностью 10 см.

Батиметрическое обследование (съемка) с помощью ИГБОЭ производилось с маломерного судна одной группой, состоящей из двух человек - рулевого и батиметриста. В обязанности первого исследователя входит: удержание постоянной скорости на судне; выбор начала и окончания галса, сверка положения судна относительно ранее намеченных галсов, выдерживание азимутального направления движения судна. Батиметристу (исследователю, непосредственно производящему наблюдение дна) в обязанности вверяется: установка необходимых показателей для полноценного обследования дна в онлайн режиме; запись галсов на цифровой носитель, своевременное предупреждение рулевого о быстрых изменениях рельефа дна, препятствующих дальнейшему обследованию; смена характеристик ИГБОЭ при существенном изменении рельефа дна с мелководного на глубоководный.

Наблюдение за изменением рельефа дна проводилось с помощью программы HуScan, предназначенной для автоматизации процессов работы с комплексом в части приема, визуализации, обработки, анализа и архивирования получаемой гидролокационной и параметрической информации с целью ее дальнейшей обработки и документирования [4]. Во время сбора данных выполняются галсы (запланированные или определяемые по ходу выполнения съемки), проводится оценка качества получаемой информации. При необходимости, выполняются повторные или новые (дополнительные) галсы.

Данные батиметрии выверялись, отсеивались данные малых глубин – до 1 м, а также позиции с «несуществующими» глубинами, которые превышают среднюю глубину по выборке данных в 3 и более раза. Такие некорректные данные могут возникать при сбоях в работе оборудования. Данные глубин с

координатными привязками объединяются с данными уреза воды, полученные с GPS-приемника. Перед этим, точкам берегового уреза, имеющим лишь координатную привязку, присваивается абсолютная отметка уровня воды на день съемки. Батиметрические карты строились в программе Golden Software Surfer при интерполяции данных использовался метод Кригинга (Kriging) с шагом сетки 1 м.

### ***Анализ результатов***

С южной стороны территория исследования ограничена берегом р. Кама, с северной и северо-восточной сторон вытянутыми островами, являющимися остатками грядовых возвышений затопленной первой надпойменной террасы. Площадь исследования составила 0,327 км<sup>2</sup>, на которой заложено 63 галса общей протяженностью около 19 км. Длина участка составила 1,2 км, средняя ширина - 0,27 км при максимуме - 360 м. Общее количество собранных и обработанных батиметрических данных составило 1044 тыс. отметок дна. Статистика по глубинам участка «Саконы» представлена в таблице.

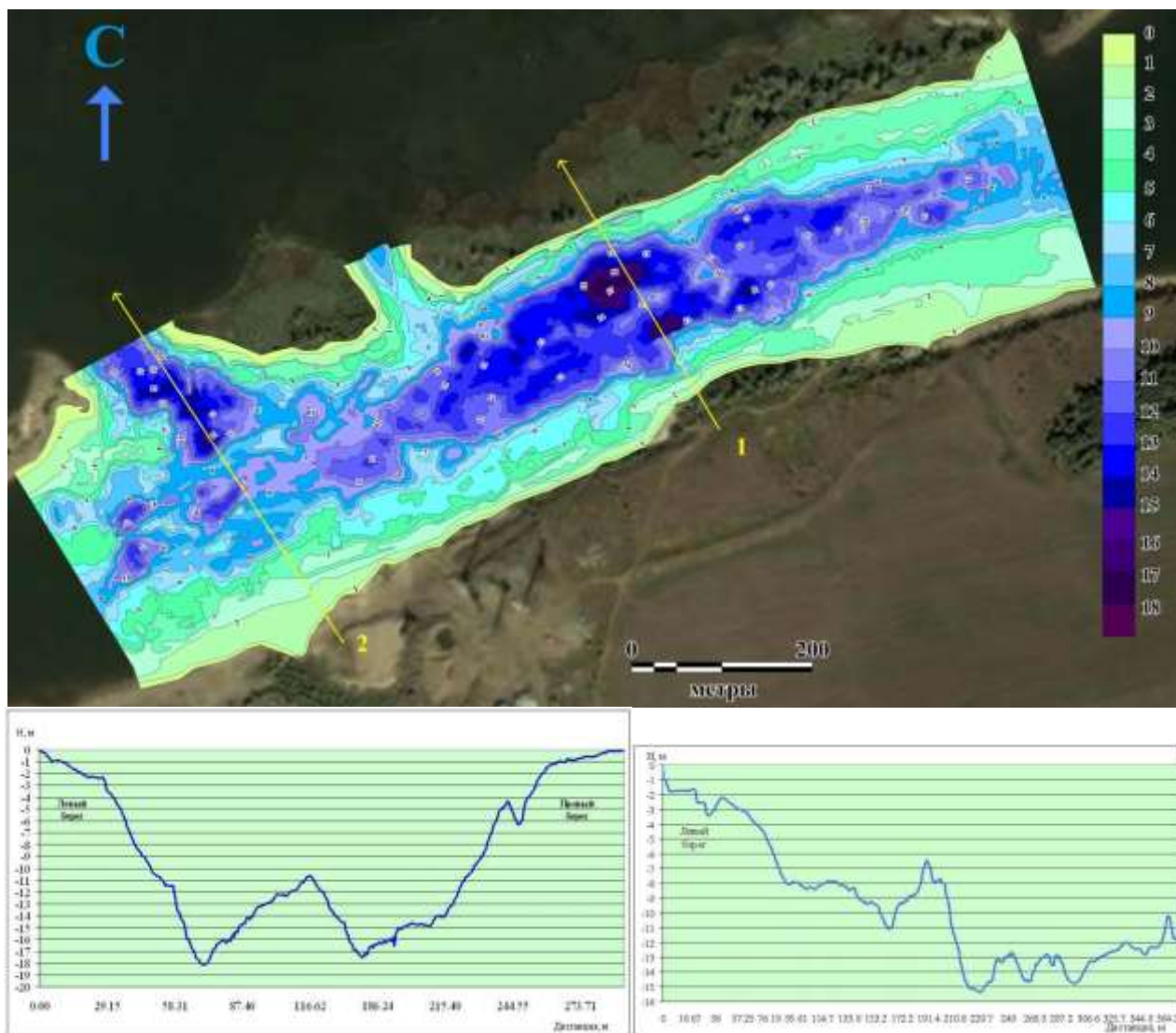
Таблица

**Статистические данные по глубинам участка «Саконы»**

<i>Обеспеченность</i>	<i>Глубина, м</i>	<i>Обеспеченность</i>	<i>Глубина, м</i>
1%	-15,4	75%	-5,14
5%	-13,79	90%	-3,44
10%	-12,88	95%	-2,78
25%	-10,79	99%	-2,12
50%	-7,85	<b>Среднее</b>	-8,01
		<b>Максимум</b>	-18,5

Батиметрическая съемка проводилась с целью выявления ям-копанин, оставшихся после проведения гидромеханизированных работ по добыче ПГС. На основании полученных данных на участке исследований выявлены 3 значительных понижения рельефа дна (рисунок).

Первое понижение с отметками дна до 18 м имеет вытянутую форму с юго-запада на северо-восток составляя в длину около 70 м при максимальной ширине в 50 м. Во втором понижении, меньшим по размерам, зафиксированы максимальные глубины, превышающие 18 м (отмеченный максимум – 18,46 м). Понижение также имеет вытянутую форму с длиной около 40 м и шириной 20-21 м. В целом весь участок «Саконы» характеризуется сильной неоднородностью по глубинам: на всем протяжении съемки фиксировались чередующиеся резкие локальные повышения и понижения дна с диапазоном изменения в 2-3 м. На участке в местах отмеченных понижений заложены 2 поперечных профиля, по которым можно выявить предполагаемый изначальный рельеф дна (рисунок).



Батиметрический план и поперечные профили участка «Саконы»

### **Выводы**

На участке «Саконы» заложено 63 галса общей протяженностью около 19 км. Площадь исследования составила 0,327 км<sup>2</sup>. Длина участка составила 1,2 км, средняя ширина – 0,27 км при максимуме – 360 м. Общее количество собранных и обработанных батиметрических данных составило 1044 тыс. отметок дна. На участке исследований выявлены 3 значительных понижения рельефа дна. В первых двух понижениях фиксируются глубины до 17-18 м, в третьем – локальные понижения до 15-16 м. Весь участок характеризуется сильной неоднородностью по глубинам: на всем протяжении съемки фиксируются чередующиеся резкие локальные повышения и понижения дна с диапазоном изменения в 2-3 м. По результатам исследований можно сделать предположение, что изначальные отметки дна на участке добычи ПГС отмечались в диапазоне 11-12 м – в верхней и средней части исследуемой территории, 8-10 м – в ее нижней части. Таким образом, можно сделать вывод, что диапазон глубин отмеченных понижений при добыче ПГС составил для первых двух понижений (ям) – 6-7 м, для третьего понижения – 3-4 м.

В результате проведённых исследований отработана методика съёмки дна для актуализации морфометрии дна в зоне добычи ПГС. Данные виды работ могут быть использованы для решения других прикладных задач: оценки геоэкологического состояния дна в местах нерестилищ ценных видов рыб, изучение динамики рельефа дна под влиянием естественных и антропогенных факторов, проведения инженерно-гидрологических изысканий при организации и мониторинге состояния путепроводов, а также обнаружения находящихся под водой объектов, в том числе несущих историко-культурную ценность.

### **Библиографический список**

1. Гринь Г.А., Мурзинцев П.П. О применении современных технических средств для высокоточной съёмки рельефа дна и подводных объектов // Интерэкспо Гео-Сибирь, 2011. Т. 1. С. 102-107.
2. Динамика ландшафтов в зоне влияния Куйбышевского водохранилища. СПб.: Наука, 1991. 224 с.
3. Куйбышевское водохранилище: экологические аспекты водохозяйственной деятельности / Под. ред. В.З. Латыповой, О.П. Ермолаева, Н.П. Торсуева, В.А. Кузнецова, А.А. Савельева, Ф.Ф. Мухаметшина. Казань: Фолиант, 2007. 320 с.
4. Программа HyScan (v4.4.x) Руководство оператора. / Программное обеспечение. ИВЮТ.00221-01 34 01. Редакция 1.0. ООО «Экран», 2012. 199 с.
5. Фирсов Ю.Г. Основные требования к обеспечению качества современной батиметрической (топографической) съёмки // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. 2014. №3 (25). С. 171-179.

УДК 556.5:627.8

М.В. Шмакова<sup>1</sup>, А.В. Рахуба<sup>2</sup>, m-shmakova@yandex.ru

<sup>1</sup> *Институт озераведения Российской академии наук – СПб ФИЦ РАН,  
г. Санкт-Петербург, Россия*

<sup>2</sup> *Самарский федеральный исследовательский центр РАН,  
Институт экологии Волжского бассейна РАН, г. Тольятти, Россия*

### **ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПЕРЕФОРМИРОВАНИЯ ДНА КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА**

На основе гидродинамической модели «Волна» (Рахуба А.В.) и аналитической формулы расхода наносов (Шмакова М.В.) была проведена оценка интенсивности переформирования дна Куйбышевского водохранилища при неустановившемся режиме для разных фаз водности. В результате моделирования получены карты полей переформирования