

УДК 902.2(282.255.6)

## ГИДРОФИЗИЧЕСКИЕ И ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ПОЛЯ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ И ЗАТОНУВШИЕ ПАМЯТНИКИ ИССЫК-КУЛЯ В РАЙОНЕ ТЮПСКОГО ЗАЛИВА

*К.А. Каримов, В.В. Плоских*

Рассматриваются гидрофизическая и гидрохимическая структуры и затонувшие памятники Иссyk-Куля.

*Ключевые слова:* Иссyk-Куль; гидрофизические и гидрохимические поля; затонувшие памятники культуры.

---

## HYDROPHYSICAL AND HYDROCHEMICAL FIELDS COASTAL AND SUNKEN MONUMENTS OF ISSYK-KUL NEAR THE GULF TYUP

*K.A. Karimov, V.V. Ploskih*

It is considered the hydrophysical and hydrochemical structure and sunken monuments of Issyk-Kul.

*Keywords:* Issyk-Kul; hydrophysical and hydrochemical field; sunken cultural monuments.

Для исследования прибрежной зоны Иссyk-Куля и оценки уровня его антропогенного загрязнения нами была проведена в 2014 г. экспедиция на судне “Шторм” в северо-восточной акватории озера.

Измерения были организованы в форме трех однодневных выходов экспедиционного судна “Шторм”. Максимальное удаление от берега составляло 2,5 км, минимальное – 100 м.

Проводились вертикальные зондирования прибором YSI 6600 V2 от поверхности до глубины 20 метров. В результате были получены вертикальные профили температуры, солености, pH, концентраций растворенного кислорода и растворенной органики. Дополнительно измерялась относительная прозрачность воды (максимальная глубина видимости белого диска). Пробы воды объемом 5 л отбирались с поверхности ведром. Взвесь отфильтровывалась на стекловолоконные фильтры Whatman GF/F, фильтры высушивались в присутствии силикагеля и хранились в морозильнике. Анализ содержания взвеси проводился в лабораторных условиях. Концентрация хлорофилла определялась по стандартной спектрофотометрической методике [1]. Методика определения суммарной концентрации взвеси и ее компонентов описана в работе “Определение концентрации минеральной взвеси и взвешенного органического вещества по их спектральному поглощению” [2].

По ходу судна проводились измерения концентраций растворенных органических веществ,

органической и минеральной взвеси и хлорофилла в поверхностном слое при помощи ультрафиолетового флуоресцентного лидара модели УФЛ-9 [3; 4].

На первом полигоне были установлены три закоренных измерителя придонных течений системы SeaHorse [5]. Измерители скорости и направления течений фиксировались с частотой в 10 минут.

С помощью портативной метеорологической станции системы Heavy Weather, установленной на берегу озера, производились непрерывные измерения метеопараметров (скорость и направление ветра, температура, влажность, атмосферное давление) с осреднением в 10 мин. Станция была размещена на высоте 10 м над уровнем воды вдали от отдельных возвышенностей рельефа, высоких деревьев и сооружений.

Лидар УФЛ-9 разработан в ИО РАН и предназначен для экспрессного обнаружения загрязнений акваторий нефтепродуктами, фенолами, канализационными отходами, сельскохозяйственными стоковыми водами и антропогенными органическими веществами иного происхождения. Лидар размещается на борту судна (катера) в его носовой части либо стационарно на береговых конструкциях; зондирующий луч направлен на поверхность воды под углом 5–45° к вертикали. Вошедший в воду лазерный импульс (355, 532 нм) вызывает флуоресценцию органики, находящейся на поверхности (например, нефтяная пленка) и органики,

растворенной или взвешенной в толще воды, а также хлорофилла фитопланктона. Флуоресцентное излучение, проявляющееся в спектральном диапазоне 400–700 нм, принимается и анализируется в спектрофотометрическом блоке лидара. Уровень принятого сигнала флуоресценции, пропорциональный концентрации органических загрязняющих веществ, сигнал обратного рассеяния, а также реперный сигнал комбинационного рассеяния воды регистрируются, запоминаются и анализируются в помощью портативного ПК.

Лидар работает в автоматическом режиме (частота импульсов зондирования среды 2 Гц), что позволяет при использовании маломерного судна оперативно обследовать акватории и получить карты распределения концентраций растворенных органических веществ (в том числе загрязнителей), взвеси и хлорофилла с очень высоким пространственным разрешением. Лидар также может работать в режиме обнаружения нефтяных пленок.

*Гидрофизические исследования.* Вертикальные измерения зондом, оборудованного датчиками мутности, минеральной взвеси, рН, растворенного кислорода и растворенной органики, проводились на 25 различных станциях, расположенных в районе работ. Следует иметь в виду, что из-за отличия ионно-солевого состава вод озера Иссык-Куль от океанического требуют корректировки. Можно ожидать, что эта корректировка приведет к небольшому (5–10 %) увеличению абсолютных значений. Однако форма вертикальных распределений солености практически не изменится.

Рассмотренные профили показывают, что характеристики вод на станциях проб отличаются друг от друга. Но на всех объектах соленость практически однородна по всей глубине измерений. Формирование относительно глубокого верхнего перемешанного слоя вызвано активным ветровым перемешиванием.

Концентрация растворенной органики в толще воды практически одинакова везде. Результаты измерения придонных течений показали наличие осцилляций с периодом 18–24 часа. Средняя скорость течения составила 5–8 см/с. Общее направление вдоль берегового течения – западное, что согласуется с представлениями о преобладании в озере циклонического круговорота бассейнового масштаба.

*Гидрооптические исследования.* В ходе работ лидар УФЛ-9 работал непрерывно на ходу судна в режиме “разреза”, измеряя флуоресценцию и хлорофилла, а также сигнал обратного рассеяния лазерного излучения от минеральной взвеси и сигнал комбинационного рассеяния воды.

Представленные распределения хлорофилла фитопланктона отмечают низкие значения концентраций, соответствующие малому водоему. В прибрежных зонах, в связи с поступлением биогенов с суши, концентрация хлорофилла увеличивается.

В целом, концентрации минеральной взвеси крайне низкие, что обуславливает высокую прозрачность озерных вод. В прибрежных зонах в связи с малой глубиной наблюдается увеличение концентраций минеральной взвеси.

В прибрежных районах концентрации органики повышенные. Особенно нужно отметить значительное повышение содержания органики относительно фоновых значений в районе Кара-Ой, Чолпонатинской бухте и пансионата “Голубой Иссык-Куль”. Это свидетельствует о заметном влиянии сточных вод, поступающих с берега в озеро в районах расположения крупных курортных комплексов.

Выводы. В результате выполненных экспедиционных работ получены новые данные о распределениях гидрофизических и гидробиооптических полей в прибрежной акватории в обследованных районах.

Во время эксперимента в пределах прибрежной зоны до глубин 15–20 метров воды озера были хорошо перемешаны и относительно однородны по вертикали. Исключение составляют области, примыкающие к источникам речного стока, где отмечается устойчивая стратификация по солености в пределах 0.01–0.03 промилле на метр глубины при общей средней минерализации около 5 г/кг. Температурная стратификация связана преимущественно с суточным циклом.

Преобладающие течения направлены вдоль берега на запад, что соответствует существующим представлениям о циклоническом характере циркуляции бассейнового масштаба. Вместе с этим, в режиме течений отмечена квазициклическая с периодами от 17 часов до суток. Имеются указания на существование мезомасштабных и субмезомасштабных вихревых структур. Характерные средние скорости течения составляют у дна 8–10 см/с, максимальные – до 25 см/с.

Концентрации хлорофилла низкие, не превышают 0.4 мкг/л. Концентрации общей взвеси также относительно низкие, в среднем около 0.7 мг/л. В связи с этим вода очень прозрачна – глубина видимости в прибрежной зоне достигает 16 м. Концентрация взвешенных минеральных веществ превышает концентрацию органической взвеси примерно в 5 раз.

Экологическое состояние и качество вод в районе исследований благополучное, существенных загрязнений не выявлено. Тем не менее,

содержание растворенной в воде органики повышается вблизи берегов, особенно в заливах поблизости от курортной инфраструктуры и водотоков. Это указывает на ощутимый, хотя и не очень значительный антропогенный эффект.

По распределению взвешенного органического вещества следует, что в прибрежных районах концентрации органики повышенные. Особенно нужно отметить значительное повышение содержания органики относительно фоновых значений в районе м. Караойский и в бухте около центра г. Чолпон-Аты и пансионата “Голубой Иссык-Куль”. Это, по-видимому, свидетельствует о заметном влиянии сточных вод, поступающих с берега в озеро в районах расположения крупных курортных комплексов.

*Анализ проб.* В ходе экспедиционных работ проводились отборы проб воды в приповерхностном слое для последующего гидрохимического и гидробиологического анализа на концентрацию взвешенных органических веществ, взвешенных минеральных веществ и хлорофилла, относительное содержание органической взвеси и величину пигментного индекса, а также определялась прозрачность вод с помощью диска Секки.

В результате выполненных экспедиционных работ получены новые данные о распределениях гидрофизических и гидробиооптических полей в прибрежной акватории в районе курорта Чолпон-Ата.

Во время эксперимента в пределах прибрежной зоны до глубин 15–20 метров воды озера были хорошо перемешаны и относительно однородны по вертикали. Исключение составляют области, примыкающие к источникам речного стока, где устойчивая стратификация по солености.

Преобладающие течения направлены вдоль берега на запад, что соответствует существующим представлениям о циклоническом характере циркуляции бассейнового масштаба.

Экологическое состояние и качество вод в районе исследований благополучное, существенных загрязнений не выявлено. Тем не менее, содержание растворенной в воде органики повышается вблизи берегов, особенно в заливах, поблизости от курортной инфраструктуры и водотоков. Это указывает на ощутимый, хотя и не очень значительный антропогенный эффект.

*Исследование затонувших памятников.* Параллельно подводными археологами (из Кыргызстана, Москвы, Томска) проводились исследования затонувших древних городищ и курганов.

Основной район работ последние пять лет охватывал территорию от с. Баетово до Кутурги, где раньше были зафиксированы сако-усуньские кур-

ганы, городища от I в. до н. э. до XV в. н. э. Из технических средств использовались моторные лодки и корабли чолпонатинской турбазы, аквалангистское снаряжение и металлоискатели. Обследования проводились водолазным методом, осуществляется визуальный осмотр, топографическая привязка, фотографирование, зарисовка, составление абрисов, краткое археологическое описание, сбор образцов для исследований.

При изучении памятников, находящихся на дне Иссык-Куля, мы столкнулись с проблемой постоянно мигрирующих песков озера. Они размывались и замывались ежегодно, в плохую погоду дисперсии песка могут варьировать до 1 метра. Два основных ветра – западный (Улан) и восточный (Сан-Таш) определяют движение нижней массы песка и образуют постоянные подводные течения. Эти потоки и размывают строения. Подводные течения ежегодно вымывают значительную часть культурного слоя, что легко прослеживается при периодическом осмотре городища.

В целом, в экспедиции в нашу задачу входило:

1. Составление археологической карты памятников, находящихся под водой.
2. Раскопное изучение дна озера в тех местах, где имеются признаки наличия археологических объектов, а также сбор подьемного материала.
3. Систематическое обследование дна озера с целью выявления новых археологических памятников.
4. Увязка данных обследований подводных археологических памятников с материалами, добытыми при раскопках памятников, расположенных в прибрежной полосе озера и предгорной части котловины.

Аэрофотосъемочный материал городища Курменты показал квадратную планировку, по периметру чуть более километра. Городище с трех сторон защищено крутыми валами, образованными за счет затона и глубокого обрыва, огибающего городище с двух сторон. Южная стена привязана к рельефу местности – построена по географическому скосу в овраг. По углам городища есть возвышения, в восточной и западной стенах – проемы. В южной части городища отмечен провал диаметром 2,5 м и глубиной 5–6 м.

Затонувшей территории городища определить не представляется возможным. Установлено лишь, что оно длиной более километра (возможно, это не один объект, а несколько рядом расположенных) [6].

В районе бывшего пионерского лагеря “Чайка” в месте предполагаемого нахождения “Дворца Тимура” произведены несколько погружений с целью выявления возможных изменений, произошедших по сравнению с предшествующим

временем. Подняты образцы кирпичной кладки. Основные участки культурного слоя перекрыты наносами, покрывшими следы городища.

На вооружении у нас был арендованный акваланг, катер на два аквалангиста, лодка весельная. Объект исследования находился между селами Сары-Ой и Баетово и в народе известен как “остров Вали Котика”, ставший, правда, с течением времени полуостровом.

В работе приняли участие археолог Кристин Анну и инженер Алан Турчик, владеющий технологией дистанционного зондирования. На катер был установлен сонар, подключенный к компьютеру. К компьютеру подключен прибор, фиксирующий координаты объекта, находящегося под толщей воды, ила и песка на глубине до 30 м. Графики на мониторе компьютера показывают изменения плотности грунта под водой, что позволяет судить о наличии археологических объектов и артефактов и наносить их на карту для последующих изысканий и раскопок, составление плана объекта. Расшифровка графиков позволяет определить более точно, что обозначают изменения плотности грунта, определить предназначение этих уплотнений.

Сканирование акватории проводилось в восточной части полуострова: юг – север; север – юг; западной части полуострова: юг – север; север – юг и восток – запад, запад – восток, то есть акватории всего дна.

К сожалению, сонар сканирует только при определенных условиях: толщина воды должна быть не менее двух метров и не более 10–15 метров. Данные ограничения не позволили охватить территории, где глубина была менее двух метров или более пятнадцати метров.

В последующие дни проводилась работа с весельной лодки, что позволило произвести осмотр объекта близ полуострова визуально.

Была произведена подводная съемка объекта, зафиксированы артефакты на карту. Расшифровка графиков и составление полной карты объекта покажет, насколько городище перспективно для научного исследования.

Частичное обследование подводных развалин у с. Курское (Сары-Ой) и осмотр дна озера в районе с. Каменки (Жаркымбаево) дал обильный археологический материал: обожженные кирпичи, фрагменты гончарной посуды, бронзовые наконечники копий, железные ножи и кости животных. Со дна подняли фрагменты сильно окислившихся бронзовых зеркал, бронзовые нашивки тюркского пояса (даже с арабской надписью “баракат” – “благословение”). С глубины примерно в 7 м подняли целый бронзовый сосуд караханидского времени (XI–XII вв.).

Фрагменты костей человека и животных бессистемно расположены на дне по всей площади городища, а также за его пределами. Вероятно, они вымываются придонными течениями из некрополя, а также, возможно, и из другого, еще не обнаруженного места их массового захоронения.

Разведочные работы в целом по северо-восточной акватории озера можно полагать оконченными. Дальнейшие углубленные исследования целесообразно проводить по отдельным районам, из которых наиболее перспективные – затонувшие городища до н. э. – Чигу-2 и Чигу-3.

Чигу-1 в настоящее время заболочен в связи с изменением уровня воды в Иссык-Куле и поэтому труднодоступен.

Неисследованной осталась глубоководная (20 и более метров) часть Тюпского залива, где находятся опустившиеся под воду древние строения либо курганы. Погружение в указанном месте не дало положительного результата: дно сильно заилено, с тонким слоем растительности, нахождение каких-либо археологически значимых объектов в таких условиях весьма маловероятно.

Неисследованной осталась глубоководная (20 и более метров) часть Тюпского залива, где по неоднократным свидетельствам рыбаков в сети нередко попадали старинные керамические сосуды и даже бронзовые котлы сакского типа [7].

Было произведено несколько погружений аквалангистов с целью выявления изменений, произошедших за последнее время в связи с подъемом уровня воды. Подняты образцы кирпичной кладки. Состояние объекта в основном не изменилось. Основные участки культурного слоя по-прежнему перекрыты многолетними наносами, образовавшимися за это время. Глубоководная часть залива, примыкающая к местонахождению городища, также осмотрена, на склоне никаких видимых изменений тоже не замечено.

Произведен мониторинг состояния местонахождения подводного городища и размытых курганов в “Долинке”. Погружения производились с борта катера. Собраны образцы подъемного материала. Отрабатывалась гипотеза идентичности кругов, имеющих на дне в данном районе, с кругами “дольменами” на острове “Хортица” в Украине.

Завершая, подведем итоги.

Последние археологические находки вызывают вопрос о наличии на Иссык-Куле городов-поселений античного времени с развитым металлургическим ремеслом и земледелием, со своей духовной культурой и верованиями. Многочисленные каменные терки, как показали трассологические оценки, связаны с металлургией. Многолетние

экспедиционные разведки показали, что на дне находятся памятники всех эпох – от античности до средневековья, памятники буддизма, христианства, ислама, даже каменные стелы с письменами.

Мы были свидетелями проведения подобных археологических исследований на турецком побережье Средиземного моря и в Александрийском заливе Египта. Разница заключается лишь в том, что зарубежные стационарные экспедиции снаряжены новейшей современной техникой, а мы продолжаем лишь разведочные эпизодические работы со сравнительно примитивным оснащением.

И последнее – в заключение.

Считаем целесообразным создание единого координационного органа по планированию и проведению всех заслуживающих внимания мероприятий по реализации комплексного международного проекта по археологическим исследованиям затонувших памятников Иссык-Куля.

#### Литература

1. ГОСТ 17.1.04.02-90. Вода. Методика спектрофотометрического определения хлорофилла // Госкомитет СССР по охране природы. М., 1990.
2. Коновалов Б.В. Определение концентрации минеральной взвеси и взвешенного органического вещества по их спектральному поглощению / Б.В. Коновалов, М.Д. Кравчишина, Н.А. Беляев // Океанология. 2014. Т. 54. № 5.
3. Айбулатов Н.А. Особенности гидрофизического самоочищения российской прибрежной зоны Черного моря близ устьев рек / Н.А. Айбулатов, П.О. Завьялов, В.В. Пелевин // Геоэкология. 2008. № 4.
4. S. Palmer, V. Pelevin, I. Goncharenko, A. Kovacs, A. Zlinszky, M. Presing, H. Horvath, V. Nicolas-Perea, Heiko Balzter, and Viktor R. Toth. Ultraviolet Fluorescence LiDAR (UFL) as a Measurement Tool for Water Quality Parameters in Turbid Lake Conditions // Remote Sensing, 2013. Vol. 5, N. 9. URL: <http://www.mdpi.com/2072-4292/5/9/4405>
5. Sheremet S.A. SeaHorse Tilt Current Meter: Inexpensive Near-Bottom Current Measurements Based on Drag Principle with Coastal Applications / S.A. Sheremet // Eos Trans. AGU. 2010. Vol. 91. PO25C-13.
6. Плоских В.М. Подводные тайны Иссык-Куля / В.М. Плоских, В.В. Плоских. Бишкек: Илим, 2008.
7. Плоских В. Затонувшие памятники Иссык-Куля / В. Плоских // Исследования “Атлантиды” Центральной Азии на Великом Шелковом пути. Бишкек: КPCY, 2013.