

## ВЛИЯНИЕ ПОДВОДНОЙ СРЕДЫ НА ОБЪЕКТЫ МАТЕРИАЛЬНОЙ КУЛЬТУРЫ. ОБЗОР

С. М. Фазлуллин

*Российский государственный гуманитарный университет,  
Россия, 125047, Москва, Миусская площадь, д. 6,  
e-mail: sh1703@yandex.ru*

Различные природные явления представляют собой многоуровневую угрозу для объектов подводного культурного наследия. Эти опасности могут проявляться в виде физических и химических воздействий. Они могут быть прямыми и косвенными, разовыми или циклическими и приводить к утрате уникальных объектов культурного наследия, находящихся под водой. Точное понимание природы и масштабов влияния различных природных процессов на объекты подводного культурного наследия позволяет оптимально организовать его сохранение. Важной частью для принятия решений по управлению и сохранению наследия является оценка рисков наступления разрушительных событий и использование объективных подходов к управлению ими.

**Ключевые слова:** подводная археология, подводное культурное наследие, подводный антропогенный комплекс, физические и химические факторы воздействия

### Введение

Культурное наследие как культурологический концепт начало складываться в рамках деятельности ЮНЕСКО. Это была закономерная реакция на культурные утраты, которые понесло человечество в период социальных потрясений XX века. Вначале через категорию «культурная ценность» специалисты выстраивали порядок сохранения достижений в искусстве и культуре. Впервые термин «культурное наследие» был использован в 1954 г. в тексте «Конвенции о защите культурных ценностей в случае вооруженного конфликта». Далее этот термин нашел подробное описание в документе ЮНЕСКО «Конвенция об охране всемирного культурного и природного наследия» (1972). Большое значение при этом имело формирование списков объектов всемирного наследия, которые существенно повлияли на международный туризм. Эта Конвенция ввела понятие наследия в международную жизнь и запустила сложный процесс его внедрения в различные научные дисциплины. После того, как Конвенция вступила в законную силу в 1975 г., объекты наследия стали разделять на *природные и культурные, движимые и недвижимые, материальные и нематериальные*.

Предлагаемая статья посвящена вопросам воздействия различных природных факторов на сохранность антропогенных объектов на дне водоемов и водотоков.

В современном мире, где мы стараемся сохранить память о прошлом, понятие «наследия» стало фундаментальным и чувствительным. Такое влияние должно учитываться при принятии решений по управлению объектами наследия.

### **Подводный антропогенный комплекс и влияющие на него факторы**

Принятая ЮНЕСКО «Конвенция о защите подводного культурного наследия» (2001) обратила внимание специалистов на группу объектов, которая требует сохранения. По предварительным оценкам археологов, в водных объектах по всему миру насчитывается 1–3 млн затонувших судов. Многие рассматривают эти исторические объекты как самый большой музей, находящийся в естественных условиях. В соответствии с рекомендациями Конвенции, любое исследование затонувших объектов должно иметь детальный план консервации и реставрации, коллектив опытных специалистов и бюджет для проведения работ. Если существуют риски не закончить проект в отведенные сроки из-за отсутствия гарантированных источников финансирования или недостаточной квалификации исследователей, то международные документы рекомендуют сохранять подводно-археологические объекты на месте, то есть *in situ* (Bethencourt et al., 2018).

Определение термина «*подводное культурное наследие*» (ПКН) на начальном этапе носило предметно-юридический характер, фактически здесь перечислялись различные объекты, оказавшиеся под водой. Это «все следы человеческого существования, имеющие культурный, исторический или археологический характер, которые частично или полностью, периодически или постоянно находятся под водой на протяжении не менее 100 лет. К ним относятся: i) объекты, сооружения, здания, артефакты и человеческие останки вместе с их археологическим и природным окружением; ii) суда, летательные аппараты, другие транспортные средства или любые их части, их груз или другое содержимое, вместе с их археологическим и природным окружением; iii) предметы доисторического характера» (Bethencourt et al., 2018). Однако такой подход совершенно не описывает характер взаимодействия объекта подводного культурного наследия с окружающей средой. Когда исследователи рассматривают вопросы эволюции объектов, созданных человеком и попавших под воду, их интересует и взаимодействие этих объектов с подводной средой. Географическая наука исследует такое взаимодействие, выделяя окружающую подводную среду как *аквальный природный комплекс*, или *подводный ландшафт* (Петров, 1989).

Совокупность объектов (предметов) на дне, взаимодействующая с аквальным природным комплексом, автором предлагается рассматривать как *подводный антропогенный комплекс* (ПАК). В случае, если такой комплекс будет определен нами как значимый для культуры и получит соответствующий статус, тогда его можно рассматривать как объект *подводного культурного наследия*. Отсюда и уточняющие определения, которыми автор будет оперировать в данной статье:

*«Подводный антропогенный комплекс – это комплекс, возникший в процессе взаимодействия объекта материальной культуры с окружающей природной средой (подводным ландшафтом).»*

*«Объект подводного культурного наследия – это подводный антропогенный комплекс, возникший в результате исторических событий, представляющий ценность с точки зрения науки, техники и социальной культуры, являющийся свидетельством эпох и цивилизаций, имеющий уникальные подводно-археологические характеристики».* (Фазлуллин, 2019).

Таким образом, все следы деятельности человека на дне относятся к подводным антропогенным комплексам, но не все из них можно считать объектами подводного культурного наследия. В рамках такого подхода становится необходимым исследование процесса взаимодействия объекта ПАК с окружающей средой. Важным моментом также становится сама история формирования объекта под влиянием различных природных факторов. Автору представляется необходимым изучение двух аспектов событий, в которых факторы были бы определяющими для ПАК: это природные условия, которые участвуют в формировании ПАК, и процесс разрушения объектов ПКН как подводного историко-археологического комплекса.

Объекты ПАК могут быть изначально разделены на движимые и недвижимые. К первым относятся средства передвижения (суда и летательные аппараты), а также отдельные предметы, ко второму – культурные ландшафты, освоенные человеком пещерные комплексы и селитебные зоны. В данной статье приоритетное внимание будет уделено ПАК с признаками исторической и/или культурной ценности и ПАК, являющимся объектами ПКН.

Недвижимые объекты ПАК формируются в результате изменения уровня поверхности воды. Такие процессы могут происходить с различной скоростью. В Мировом океане общий уровень воды меняется в основном за счет таяния покровных ледников. При этом уровень воды также может меняться либо за счет тектонического опускания (поднятия) блока земной коры в результате геологических процессов, либо за счет оползня. Кроме этого, разнонаправленные колебания уровня зеркала воды могут происходить в результате изменения водного баланса в относительно изолированных водных системах (например, бассейн Волги – Каспийское море, озера Иссык-Куль, Севан, Ван и т. д.). В целом, наблюдается тренд общего повышения уровня Мирового океана, связанного с глобальным потеплением и уменьшением общего запаса воды на планете в виде многолетних ледников. Именно такие процессы привели к уменьшению территорий с культурными ландшафтами, например, в северо-западной Европе. Они ушли под воду в пространстве между островом Великобритания и материковой Европой.

Быстрые изменения уровня воды могут происходить и при извержении (землетрясении) в кальдерных озерах, влиянии на водоем селя или лахара, когда огромные массы жидкой грязи меняют его облик. Человек также стал фактором, сравнимым с природным воздействием на изменение уровня воды. Более ста лет на планете строятся гигантские плотины для работы гидроэлектростанций. Образующиеся при этом

гигантские водохранилища уже поглотили огромное количество не только древних покинутых городов, но и населенных пунктов с нормальной современной жизнью. Вода может сама проникать в материал предметов, попавших на дно, и насыщать их. От количества влаги в материале зависят его различные механические свойства. Она влияет и на развитие в толще материала различных организмов (бактерий, грибов, микроводорослей и т. д.).

Процесс наступления равновесия между паром в атмосфере и водой в материале при изменении температуры носит сложный характер. Быстрая смена влажности внутри материала может приводить к его механическому разрушению. Попадая под воду, материал постепенно напитывается ею, переходит в другое равновесное состояние, которое зависит от температуры, давления и состава воды. В относительно мелководной зоне таким влиянием будет механическое воздействие волн. Как правило, большая часть объектов, которые находятся в зонах мелководья, довольно сильно разрушаются. Механическое воздействие волн на дно существует, пока объект находится на глубине менее половины длины волны. Довольно сильно на сохранность объектов ПАК влияют живые организмы. Это касается макрофитов с их ризоидами, а также различных групп микроорганизмов, губок, мшанок, кораллов и т. д., которые своими выделениями разрушают субстрат.

Скорости разрушения также зависят и от физико-химических параметров среды (рН, Eh, наличие сероводорода, а также величины минерализации воды). Погребенные в донных осадках материалы сохраняются намного лучше, чем находящиеся в воде. В теплых водах процессы разрушения идут заметно быстрее, а дерево лучше сохраняется при солености менее 7–5 промилле.

В отдельных случаях материал объектов ПАК становится источником пищи для различных водных организмов. В первую очередь это касается древесины и других органических материалов. В последние годы также были выявлены не известные ранее виды микроорганизмов, которые в состоянии разрушать корабли, сделанные из стали. Все это приводит к тому, что в ближайшие несколько сотен лет они будут съедены бактериями.

Таким образом, детальное изучение влияния различных природных процессов на условия формирования и сохранения объектов ПАК и ПКН предоставляет исследователям инструмент по его изучению, актуализации и управлению (Акимов и др., 2009; Гидрометеорологические опасности, 2001; Мазур, Иванов, 2004).

Важным обстоятельством для принятия решения о дальнейших действиях с объектом ПКН является его состояние (ветхость), удаленность от предполагаемого места дальнейшего хранения, глубина нахождения и риски, которые могут возникнуть из-за различных факторов при дальнейшем нахождении объекта в месте обнаружения. Исследователи выделяют две группы рисков воздействия на подводные объекты. Во-первых, это риски, исходящие от *природных явлений*, процессов или факторов, и во-вторых, – *антропогенная опасность*, связанная с деятельностью человека.

## **Воздействие природных факторов на сохранность объектов ПАК**

Обнаруженные ПАК могут находиться в различных зонах взаимодействия геосфер: атмосфере, гидросфере и литосфере. Их дальнейшая сохранность в большей мере зависит от энергоактивности природных процессов планетарного и регионального масштабов.

К первым относятся элементы глобальной системы взаимодействия литосферных плит: рифтовые зоны срединно-океанических хребтов (зоны спрединга), участки взаимодействия морских литосферных и материковых плит (зоны субдукции), глобальная система распространения активного вулканизма, сопряженная с зонами наибольших землетрясений (Хайн, Ломизе, 2005).

Для ПАК высок риск быть затронутыми масштабными природными процессами на открытых участках берегов океанов и морей, которые испытывают постоянное воздействие ветровых волн и волн зыби, при этом наиболее незащищенными являются открытые океанские побережья.

### ***Эндогенные факторы воздействия***

Существуют различные опасности, вызванные физическими факторами воздействия на сохранность объектов ПАК на дне водоемов. Наиболее масштабные воздействия могут оказываться процессами *эндогенного происхождения*, самыми масштабными из них являются *вулканические процессы*, которые могут сопровождаться *извержениями* вулканов и *вулканическими землетрясениями*. В результате взаимодействия раскаленных продуктов извержений со льдом, объемами воды рек или водоемов формируются гигантские массы горячих грязекаменных потоков (*лахар*). Такие потоки образуют на суше и в прибрежных водах обширные конуса выноса, которые перекрывают многие десятки квадратных километров дна.

В зависимости от химического и минералогического состава магм в вулканическом очаге довольно сильно может изменяться характер извержения. Это определяется вязкостью извергающей магмы. Вязкость увеличивается при возрастании процентного состава кремния, что характерно для вулканов островных дуг, приуроченных к зонам субдукции. Именно такие вулканы извергаются с гигантскими взрывами, вынося в атмосферу гигантское количество пирокластического (раздробленного) вулканического материала (Лаверов, 2005).

Если извержение происходит в подводных условиях, то освободившаяся энергия может формировать разрушительные волны, которые называют *вулканическим цунами* (*ударная волна*). При обрушении на берег такие волны вызывают радикальные изменения береговой зоны и перемещают огромные массы взвешенного грязекаменного материала, при этом в прибрежную часть водоема смываются аккумулятивные формы рельефа (пляжи и террасы) (Latter, 1981).

Если в составе вулканической магмы находится относительно высокое содержание железа, то изливающаяся лава имеет низкую вязкость и может распространяться на многие километры от источника, даже находясь под водой.

Заметным фактором в зоне влияния вулканического очага являются землетрясения, связанные с ним. Как правило, во время активизации вулканического процесса количество землетрясений существенно возрастает, что в определенный момент может запустить процесс развития оползней, перекрывающих обширные прибрежные территории (Карпов и др., 2007; Базанова и др., 2016).

Важными источниками опасности для ПАК являются *тектонические землетрясения*. Они в основном приурочены к зонам субдукции и системам «океанический желоб – островная вулканическая дуга». Среди этих явлений довольно регулярно случаются землетрясения, вызывающие образование *классического цунами*. Сначала эта волна имеет небольшую высоту и длину в несколько сотен метров, которая распространяется по поверхности океана с высокой скоростью. Приближаясь к берегу, такая волна сжимается, становясь существенно короче. При этом она вбирает в себя воду, оголяя прибрежную часть на несколько метров, а ее высота растет до десятков метров. Масса воды обрушивается на прибрежную часть, разрушая все на своем пути и затапливая обширные равнинные территории. Одновременно размывается и перемещается материал аккумулятивных форм рельефа (Кайстренко и др., 2006). Помимо цунами, крупные землетрясения регулярно приводят к обрушению осадочного материала на склонах морей и океанов, вызывая мощные потоки, которые перекрывают огромные площади (десятки квадратных километров) под водой (Сафьянов и др., 2007).

Кроме горизонтальных движений, отдельные блоки литосфера могут *подниматься или опускаться вертикально*. При этом некоторые участки дна меняют глубину своего нахождения, и при уменьшении глубины возникают риски последующего разрушения волнами на мелководье. *Брадисейм* – это компенсационное вертикальное движение земной коры, вызванное реакцией поверхности вулканического объекта (например, кальдеры) на опустошение магматической камеры в процессе извержения. Как правило, скорость опускания поверхности земли в несколько раз превышает вековые колебания уровня Мирового океана, а направленность обоих процессов может не совпадать (Natale De et al., 2006).

В регионах современного горообразования (Альпы, Кавказ) существует сложная система *геологических разломов*. ПАК, расположенные в таких зонах, могут постоянно находиться в зонах повышенного риска разрушения (Рогожин, Овсяченко, 2005).

Еще одним источником повышенных рисков является *грязевой вулканизм*. Большие скопления грязевых вулканов наблюдаются в районе Керченского пролива между Черным и Азовским морями, в Восточном Крыму, на Тамани, а также в западной части Южного Каспия. Активность грязевых вулканов плохо прогнозируется. А их воздействие на сопредельные акватории может быть катастрофическим, причем это касается как наземных, так и подводных грязевых вулканов (Алиев, 2014).

И наконец, есть еще один фактор, определяемый эндогенными, а точнее планетарными, причинами. Это *приливно-отливные течения*, которые имеют хотя и цикличный, но неравномерный характер. Их режим в течение года зависит от взаимного расположения Земли, Луны и Солнца. Скорость приливно-отливных течений может достигать 6–7 узлов (3,0–3,5 м/сек). При этом ПАК, находящиеся в зоне их влияния, могут испытывать значительные общие механические нагрузки, а также разрушаться за счет абразии частичками взвеси (Михайлов и др., 2007; Мороз и др., 2010; Ермаков, 2017). Хорошо известны приливные волны ряда крупных рек, распространяющиеся далеко вверх по течению (Амазонка до 1 400 км), которые активно воздействуют на ПАК, находящиеся на дне (Kosuth et al., 2009).

### **Экзогенные факторы воздействия**

Другими факторами, несущими риски для объектов ПАК, являются *экзогенные процессы*, которые определяются в большей степени взаимодействием гидросферы и атмосферы. Эти процессы могут довольно сильно изменяться от года к году. В первую очередь на них влияют циклы солнечной активности, которые составляют 12 лет. Помимо этого, мы находим подтверждение существования циклов с другими периодами (некоторые делятся по 120–200 тысяч лет, вызывая то глобальное потепление, то глобальное похолодание (*ледниковые периоды*) (Сидоренков, 2015).

Весьма распространенные явления, развивающиеся по причине неустойчивости больших объемов твердого материала под влиянием гравитации, переувлажнения, изменения внутренней структуры (связей) и землетрясений, – это *оползни и обвалы*. Переаспределяющийся материал может перекрывать объекты ПАК или перемещаться в виде блока ниже уреза воды (Игнатов, Орлова, 2009).

Довольно часто объекты ПАК разрушаются в результате *береговой эрозии* как на море, так и в пределах речных долин, в результате *меандрирования* русла реки. В *устьевых зонах рек*, где водный поток резко теряет скорость и уменьшает свою несущую и влекущую способность, формируются *конуса выносов* взвешенного материала. Нахождение объектов ПАК в этой зоне увеличивает риски его перекрытия взвешенным веществом и в дальнейшем захоронения в осадочной толще. Такие же процессы погребения объектов ПАК могут наблюдаться и по течению реки в *аллювию*, в местах, где скорость потока резко падает (Михайлова, 2006).

Вероятно, самым распространенным фактором, в наибольшей степени воздействующим на сохранность объектов ПАК, является *волнение на поверхности воды*. В природе известны случаи, когда *высоты волн* могут достигать 20–25 и до 30 м, а *длина* – до 250 м. Ветровая волна меняет свои характеристики под воздействием скорости ветра и длительности его воздействия. Наибольшие волны разгоняются в открытых частях Мирового океана, где они могут проходить несколько тысяч километров, пока не встретят на своем пути берега. При подходе к мелководью передний фронт волны притормаживается, и за счет этого ее высота заметно вырастает. В этом положении волна теряет устойчивость, обрушивается и в виде буруна разбивается о

берег. Подходя к берегу, волна начинает взаимодействовать с дном водоема. Это взаимодействие начинается на глубине, равной  $\frac{1}{2}$  длины волны. Это значит, что волна длиной 20 м будет воздействовать на предметы на глубинах, начиная с 10 м. При этом прохождение каждой отдельной волны приводит в движение придонную воду с осадками (например, песком). Если в этот момент на дне находится предмет, то на него будет оказываться абразивное воздействие песка. Даже после ослабления ветра сгенерированная волна может проходить гигантские расстояния (1500–2000 км), неся свою энергию до момента взаимодействия с береговыми структурами (Кондрин, 2004).

Поэтому подводные археологи, исследуя исторические акватории, в первую очередь учитывают ее волновой режим. За время нахождения объекта на мелководье объекты могут просто быть уничтожены песчаной абразией. Например, на северном побережье Черного моря практически не найдены целые артефакты на глубинах менее 15 м. Это определяется наиболее характерными зимними штормами с длиной волн до 30 м (Кузнецов и др., 2006).

Еще одно распространенное воздействие на объекты, находящиеся на дне, наблюдается в морях с устойчивым льдообразованием. Под действием ветра ледяные поля приходят в движение и ломаются. В местах контакта двух ледяных полей начинают образовываться *торосы*. Отдельные пластины ледяных полей могут вставать при этом вертикально и смерзаться. Образующиеся при этом ледяные конгломерации достигают значительных размеров. При этом плотность льда составляет 0.9 кг/дм<sup>3</sup> от плотности воды, и большая часть ледяной глыбы (*стамуха*) находится под водой. При высоте стамухи 2 м ее нижняя часть находится на глубине 18–20 м. В условиях морей Северного Ледовитого океана это значит, что все мелководье до 20–30 м глубины испахано этими глыбами. Это сказывается на том, что ни одного относительно сохранившегося объекта ПАК на Севере не найдено. Похожим будет и воздействие на дно водоема отколившегося от покровного ледника *айсберга* (Горбунов и др., 2007; Бухарицин и др., 2015).

Одно из самых разрушительных атмосферных явлений – это вихри. Хорошо известны случаи, когда *тропические ураганы*, *торнадо* и *смерчи* разрушали прибрежные районы. При этом уничтожались объекты наследия как на берегу, так и на мелководье (Наливкин, 1969; Гришин и др., 2011).

В отдельных мелководных акваториях (большие озера или их части, акватории внутренних морей) иногда образуется сейш, и под воздействием ветра большая часть водной массы перемещается в какую-то часть водоема, где заметно увеличивается уровень воды (*нагон*). При этом наветренная прибрежная часть полностью осушается (*сгон*). В момент снятия этого ветрового воздействия с поверхности водоема его поверхность стремится вернуться в равновесное состояние. При этом в различных местах водоема образуются сложные (порой сильные) знакопеременные течения. Система колеблется с затуханием, периодически проходя точку равновесия, каждый раз все с меньшей амплитудой отклонения (Манилюк, 2022).

Для закрытых водоемов, не связанных с системой Мирового океана, наблюдаются разнонаправленные по времени изменения *водного баланса*. Как правило, эти

изменения привязаны к колебаниям в приходной и расходной частях гидрологического баланса и приводят к изменению уровня воды в таких гидрологических системах. Они могут продолжаться от десятков до сотен лет. Например, мы хорошо знаем, что на дне многих азиатских озер находятся остатки древних городов. Это касается озер Иссык-Куль, Ван, Хазар, Арал, Каспий и других. До тех пор, пока объект ПАК находится глубоко, он относительно стабилен. Разрушения нарастают по мере приближения уровня водоема к отметке нахождения объекта. Изменения в гидрологическом балансе речных систем также существенно влияют на объекты ПАК, находящиеся на их дне. Скорости водных потоков во время *наводнений* или засух сильно колеблются, тем самым влияя на осадконакопление или их размытие (Яготинцев, Поставик, 2013; Романовский, 1991).

В целом, рассмотренные экзогенные факторы регулируются глобальными процессами взаимодействия атмосферы и гидросфера. Океан стабилизирует резкие колебания переноса вещества и энергии, наблюдаемые в атмосфере. Его можно представить как гигантский тепловой аккумулятор, который пытается уменьшить амплитуду тепловых колебаний. При этом (как реакция на атмосферное воздействие) в океане в верхнем 50–100-метровом слое формируются такие явления как Эль-Ниньо (*повышение температуры воды*) и Ла-Ниньо (*понижение температуры воды*). Они определяют перестройку в потоках тепла в двух крупных регионах Тихого океана: Центральном и Восточном. Оба процесса развиваются независимо друг от друга, имеют свой цикл, но в сумме определяют характер климатических изменений на коротком отрезке времени (Бондаренко, Архипкин, 2020).

Физические воздействия на объекты ПАК имеют масштабы от десятков метров до сотен километров, химические (отражающие физико-химическую обстановку в районе нахождения объекта ПАК) – от первых миллиметров до первых метров.

### ***Химические факторы воздействия***

*Химические факторы* воздействия на сохранность объектов подводного культурного наследия на дне водоемов включают в себя характеристики, определяющие физико-химическое равновесие в пределах ПАК. При этом сохранность самого объекта зависит прежде всего от материала, из которого он состоит.

В связи с этим сами материалы, устойчивость которых в воде зависит от нескольких факторов, в дальнейшем начинают претерпевать ряд изменений. В ряде случаев эти изменения приводят к постепенной утрате самого объекта. По степени устойчивости к водной среде материалы ПАК можно сгруппировать следующим образом:

1) материалы, образующиеся в литосфере и обладающие повышенной стойкостью: *магматические, осадочные и метаморфические*. Многие из них, находясь длительное время в контакте с водными растворами, практически не подвергаются заметным изменениям (Венгерова М. В., Венгерова А. С., 2017);

2) органические материалы природного происхождения и изделия из них: древесина, кожа, кости, шкуры, жилы и продукты их переработки, в том числе ткани из

волокон растительного и животного происхождения, бумага. Это крайне неустойчивые материалы, которые могут быть разрушены за несколько месяцев, лет или несколько сотен лет (Родионов, 2017);

3) материалы, получаемые из сложных составов при температурной обработке: *керамика неполивная/поливная, фарфор/фаянс, стекло*. Это одни из самых стойких материалов, производимых человеком (Краснова, 2020);

4) *металлы и их сплавы*: материалы, которые при определенных условиях могут разрушаться под водой с образованием коррозионных слоев или растворяться. Выделяют группы *черных, цветных и благородных* металлов. Стойкость этих материалов может быть от сотен до нескольких тысяч лет (Буршнева, Сенаторова, 2021);

5) материалы, которые используются для создания *объектов изобразительного искусства*: живопись различных видов, декоративно-прикладное искусство из сложных компонентов с различной устойчивостью (Faber et al., 2021);

6) с последней трети XIX века появилась еще одна большая группа материалов, которые используются на производстве и в быту – *полимеры*. Они составляют обширную группу и, как правило, устойчивы к контактам с водными растворами.

Находясь на дне водоема, материалы, из которых состоят ПАК, могут подвергаться *растворению и выщелачиванию*. Как правило, эти процессы затрагивают зоны контактов толщиной до одного мм. Процесс растворения характерен для достаточно однородных материалов, а выщелачивание – для сложных по составу, когда материал состоит из конгломерата зерен с различными свойствами. При этом форма предмета может оставаться, а определенные зерна переходить в раствор. Такие процессы происходят очень медленно и контролируются индивидуальными свойствами материала (константа растворимости), температурой и динамикой раствора в зоне контакта. При условиях быстрого выведения растворенного вещества из зоны растворения скорость процесса сильно возрастает (Чернобахтова, 2023).

Важные химические преобразования с материалом на дне происходят в результате изменения кислотно-щелочных и окислительно-восстановительных условий (рН, Eh) в месте нахождения ПАК. Обычно установка в поверхностных природных водах определяется растворенным кислородом и буферными свойствами карбонатной системы раствора. Как правило, для поверхностных вод мы имеем резко окислительные условия (более +200 мВ) и колебания значения рН от 5.5–6.5 для пресных и 7.9–8.2 для морских вод.

Кардинальные преобразования физико-химического равновесия начинаются в природных растворах в придонной части водоемов и донных осадках. Здесь постепенно накапливаются легко окисляемые органические остатки жизнедеятельности животных и растений, фрагменты их тел, при взаимодействии с которыми растворенный кислород расходуется. Это приводит также к понижению значения рН и переходу ряда поливалентных химических элементов в восстановленные формы, например, железо 3+ переходит в форму железо 2+.

Одновременно с этими процессами существует процесс изменения формы существования соединений серы. Под действием специальной группы бактерий

происходит восстановление сульфат-иона до сульфид-иона и образование сероводородной кислоты. Этот процесс называется *сульфат-редукция*. Такого рода переходы осуществляются по всему объему жидких осадков, затрагивая пористую структуру всех материалов, входящих в структуру ПАК. При этом из раствора в твердую фазу переходят малорастворимые минералы как сульфиды металлов. В основном распространены различные сульфиды железа.

Помимо этого, в придонном слое начинает концентрироваться группа ионов черных и цветных металлов (железо, марганец, цинк, свинец, медь, никель и др.). В сочетании с фосфором и кремнием они могут образовывать металлоносные илы, корки и конкреции. Часто минералы пропитывают пористые структуры материалов ПАК, например, в керамике, костях и древесине. И если подводные антропогенные комплексы не подвергаются изменениям (остаются нетронутыми человеком или природными процессами), то они могут существовать неизменно длительное время. Помимо вышеперечисленных, в подводных условиях часто отлагаются *аутогенные минералы* фосфатов, сульфатов и карбонатов, которые в подводных условиях устойчивы длительное время (Лысенко, Шик, 2013; 2014).

Под воздействием морской воды металлические объекты могут подвергаться *коррозии*, что приводит к их разрушению. Дополнительным фактором разрушения становится морская соль, которая начинает кристаллизоваться в процессе высыхания объекта. Поэтому, по мнению экспертов ЮНЕСКО, извлечение предметов без надлежащей обработки становится актом вандализма.

Исследователи объектов подводного культурного наследия должны хорошо разбираться в проходящих с участием ПАК химических процессах и представлять все организационные трудности, которые будут появляться на этапе консервации, реставрации и музеификации объектов подводного культурного наследия в условиях музеиного хранения в воздушной среде (Conservation of underwater archaeological finds, 2011).

## Заключение

Из названных выше природных явлений, которые могут влиять на подводные антропогенные комплексы, нами рассмотрены физические и химические. Воздействие каждого из них на объекты ПАК по масштабу рисков несопоставимо. Наиболее значимый ущерб объектам ПАК наносят различные физические явления, большая часть которых приурочена к энергоактивным планетарным или региональным зонам.

Существующие знания о природных процессах позволяют оценивать риски по сохранению объектов исследования, исходя из того, планируется ли сохранение объекта ПАК *in situ* или будет применяться иной подход в сохранении объекта ПКН. Сравнивая и складывая потенциальные риски от природных и антропогенных факторов, намного проще принять решение по управлению объектом культурного наследия и его дальнейшему использованию.

Для внедрения оценки рисков в практику охранных мероприятий необходимо ввести шкалу соответствующих потенциальных воздействий, которая позволила бы получать их количественную оценку. Что положить в основу нормирования этой оценки – остается открытым вопросом. Пока что мы можем ориентироваться на то, что оценка рисков должна включает в себя идентификацию рисков, их анализ и использование информации, полученной в результате анализа. Для сравнительной оценки риска и формирования выводов относительно их значимости по отношению к целям сохранения объекта культурного наследия нужно иметь какой-то инструмент (стандарт). Разработка и передача такого инструмента в руки исследователей даст возможность принимать решение о форме дальнейшего управления объектом подводного культурного наследия и обоснованности планирования затрат для его музееификации в привычных наземных условиях.

Биологические и антропогенные факторы влияния на объекты материальной культуры в подводной среде будут рассмотрены в последующих обзорах.

### Список литературы

1. Акимов В. А., Дурнев Р. А., Соколов Ю. И. Опасные гидрометеорологические явления на территории России. МЧС России. М.: ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2009. 316 с. ISBN 978-5-93970-038-2. EDN: [MQQNIN](#)
2. Алиев А. А. Грязевые вулканы Каспийского моря // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. 2014. Т. 35. №. 1. С. 33–44. EDN: [SJTLHF](#)
3. Базанова Л. И., Мелекесцев И. В., Пономарева В. В., Дирксен О. В., Дирксен В. Г. Вулканические катастрофы позднего плейстоцена – голоцен на Камчатке и Курильских островах. Часть 1: Типы и классы катастрофических извержений – главных компонентов вулканического катастрофизма // Вулканология и сейсмология. 2016. № 3. С. 3–21. EDN: [TYABPI](#). <https://doi.org/10.7868/S0203030616030020>
4. Бондаренко А. Л., Архипкин В. С. Основные закономерности формирования явления Эль-Ниньо–Ла-Нинья и его влияние на погоду и климат земли // Морские исследования и образование (MARESEDU-2019). 2020. Т. I (III). С. 32–36. EDN: [XSCQBQ](#)
5. Буринева С. Г., Сенаторова О. Ю. Активная коррозия музейных предметов из металла и методы ее диагностирования // Археология евразийских степей. 2021. №. 6. С. 242–253. EDN: [MQPAYF](#). <https://doi.org/10.24852/2587-6112.2021.6.242.253>
6. Бухарицин П. И., Огородов С. А., Архипов В. В. Воздействие ледяных образований на дно Северного Каспия в условиях колебаний уровня и ледовитости // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2015. №. 2. С. 101–108. EDN: [UCGNNP](#)
7. Венгерова М. В., Венгерова А. С. Минералы и горные породы: Учеб. пособие. Екатеринбург, Изд-во Урал. ун-та, 2017. 132 с. ISBN 978-5-7996-2027-1. EDN: [YLGPUN](#)
8. Гидрометеорологические опасности. Тематический том / Под редакцией Г. С. Голицына, А. А. Васильева и др. М.: Издательская фирма «КРУК», 2001. 296 с. EDN: [UYFHAD](#)
9. Горбунов Ю. А., Лосев С. М., Дымент Л. Н. Стамухи Восточно-Сибирского и Чукотского морей // Материалы гляциологических исследований. 2007. № 102. С. 41–47. EDN: [OYXNJV](#)
10. Гришин А. М., Голованов А. Н., Белоусова А. О., Матвеев И. В. О физическом моделировании одного и двух тепловых смерчей // Вестник томского государственного университета. Математика и механика. 2011. Т. 15. № 3. С. 76–82. EDN: [OFVIFV](#)

11. Ермаков С. В. Некоторые особенности прохождения проливов с сильными приливо-отливными течениями (на примере пролива Пентленд-Ферт) // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. 2017. Т. 9. № 4. С. 691–703. EDN: [ZEUQDV](https://doi.org/10.21821/2309-5180-2017-9-4-691-703). <https://doi.org/10.21821/2309-5180-2017-9-4-691-703>
12. Игнатов Е. И., Орлова М. С. Современное состояние и динамика морских берегов Крыма // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. 2009. № 20. С. 39–45. EDN: [XCIVLT](#)
13. Карпов Г. А., Лутикова Е. Г., Андреев В. И., Самкова Т. Ю. Воздействие вулканизма на окружающую среду (на примере извержений в кальдере Академии наук и вулкана Карымский) // Вестник Дальневосточного отделения РАН. 2007. № 2. С. 83–99. EDN: [IMQGRP](#)
14. Кайстренко В. М., Разжигаева Н. Г., Королев Ю. П., Полухин Н. В., Зайцев А. И. Проявления цунами 26 декабря 2004 г. на побережье севера Индонезии (по результатам международной экспедиции) // Вестник Дальневосточного отделения РАН. 2006. № 1. С. 123–130. EDN: [HZDMBL](#)
15. Кондрин А. Т. Волновые процессы в океане: Учебное пособие. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2004. 140 с. ISBN 5-211-04930-6. EDN: [QKEIZV](#)
16. Краснова Т. Н. Исследование видов и причин разрушения археологических объектов из керамики // Материалы Международной научной конференции молодых ученых «Актуальная археология 5». 2020. С. 107–109. EDN: [JSEQL](#). <https://doi.org/10.31600/978-5-907298-04-0-2020-107-109>
17. Кузнецов С. Ю. и др. Механизм образования экстремальных штормовых волн на Черном море // Доклады Академии наук. 2006. Т. 408. № 1. С. 108–112. EDN: [HTQLSD](#)
18. Мазур И. И., Иванов О. П. Опасные природные процессы: вводный курс: Учебник для вузов. М.: Экономика, 2004. 702 с. <https://djvu.online/file/Vq5baJqnoOPL0?ysclid=mhw80506z54721341>
19. Манилюк Ю. В. Сейшевые и сгонно-нагонные колебания в Черном и Азовском морях. Автореферат на соискание ученой степени к.ф.-м.н. Севастополь, 2022. 24 с. EDN: [CQJRLH](#)
20. Михайлов В. Н., Добровольский А. Д., Добролюбов С. А. Гидрология. М.: Высшая школа, 2007. 463 с. ISBN 978-5-06-005815-4. <https://djvu.online/file/gOKOdOT4Xeo09?ysclid=mhw873pp3m887335910>
21. Михайлова М. В. Баланс наносов в устьях рек и формирование дельт при повышении и понижении уровня моря // Водные ресурсы. 2006. Т. 33. № 5. С. 567–579. EDN: [HVLEQF](#)
22. Мороз В. В., Богданов К. Т., Ростов В. И., Ростов И. Д. Электронный атлас приливов окраинных морей северной Пацифики // Вестник Дальневосточного отделения РАН. 2010. № 1. С. 102–106. EDN: [JXFVDR](#)
23. Лаверов Н. П., Добрецов Н. Л., Богатиков О. А. и др. Новейший и современный вулканализм на территории России. М.: Наука, 2005. 604 с. EDN: [ULJDYR](#)
24. Лысенко В. И., Шик Н. В. Современные процессы образования карбонатов, связанные с углеводородной дегазацией, в бухте Ласпи (Южный берег Крыма) // Пространство и Время, 2013. Т. 12. № 2. С. 151–158. EDN: [QAMIHL](#)
25. Лысенко В. И., Шик В. Н. Дегазация и «Карбонатные постройки» в бухте Ласпи (ЮБК) // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. 2014. Т. 36. № 2. С. 105–117. EDN: [SJTLVL](#)
26. Наливкин Д. В. Ураганы, бури, смерчи. Географические особенности и геологическая деятельность. Л.: Наука, 1969. 487 с. [https://rusneb.ru/catalog/000199\\_000009\\_007177672/?ysclid=mhw8rxwbko260458015](https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_007177672/?ysclid=mhw8rxwbko260458015)

27. *Петров К. М.* Подводные ландшафты: теория, методы исследования. Л.: Издательство «Наука», Ленинградское отделение, 1989. 126 с. ISBN 5-02-026614-0. [https://rusneb.ru/catalog/000200\\_000018\\_rc\\_338498/?ysclid=mhw8vezss4555169286](https://rusneb.ru/catalog/000200_000018_rc_338498/?ysclid=mhw8vezss4555169286)
28. *Рогожин Е. А., Овсяченко А. Н.* Сейсмическая и геологическая активность тектонических нарушений Северо-Западного Кавказа // Физика Земли. 2005. Т. 41. № 6. С. 29–41. EDN: [HSBXBJ](#)
29. *Родионов С. Г., Кимеева Т. И., Полевод В. А.* Консервация объектов историко-культурного наследия из органических материалов в музеях: на примере шорской коллекции // Вестник Кемеровского государственного университета культуры и искусств. 2017. № 39. С. 111–116. EDN: [YPHQDJ](#)
30. *Романовский В. В.* Озеро Иссык-Куль как природный комплекс. Фрунзе: Илим, 1991. 167 с. ISBN 5-8355-0277-X. [https://rusneb.ru/catalog/000199\\_000009\\_001576533/?ysclid=mhw91ujo9941073461](https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_001576533/?ysclid=mhw91ujo9941073461)
31. *Сафьянов Г. А., Мениников В. Л., Пешков В. М.* Подводные каньоны – их динамика и взаимодействие с береговой зоной океана. 2-е изд. Краснодар: Эдарт-принт, 2007. 392 с. <https://istina.msu.ru/publications/book/9560358/>
32. *Сидоренков Н. С.* Небесно-механические причины изменений погоды и климата // Геофизические процессы и биосфера. 2015. Т. 14. №. 3. С. 5–26. EDN: [VSBHGV](#)
33. *Фазлуллин С. М.* Изучение и сохранение подводных объектов материальной культуры как научная проблема // Морские исследования и образование (MARESEDU-2018): Труды VII Международной научно-практической конференции, Москва, 19–22 ноября 2018 года. Том I (IV). Москва: ООО «ПолиПРЕСС», 2019. С. 250–253. EDN: [ZHBWST](#)
34. *Хайн В. Е., Ломизе М. Г.* Геотектоника с основами геодинамики. М.: КДУ, 2005. 560 с. EDN: [OTPCDB](#)
35. *Чернобахтова Е. В.* Изменения химического состава древней керамики в процессе археологизации. Историографический обзор // Геоархеология и археологическая минералогия-2023. Научное издание. Миасс-Челябинск: Издательство ЮУрГГПУ, 2023. С. 150–153. EDN: [KWLJ](#)
36. *Яготинцев В. Н., Постивик П. В.* Уровень Каспийского моря в прошлом и настоящем // Труды Географического общества Республики Дагестан. 2013. № 41. С. 26–40. EDN: [RTLMTL](#)
37. *Bethencourt M., Fernández-Montblanc T., Izquierdo A., González-Duarte M.-M., Muñoz-Mas C.* Study of the influence of physical, chemical and biological conditions that influence the deterioration and protection of Underwater Cultural Heritage // Science of the Total Environment. 2018. Vol. 613–614. P. 98–114. EDN: [WVXDOO](#). <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.007>
38. Conservation of underwater archaeological finds. Manual. Zadar. Ed. Bekić Luka, 2011. 94 p. <https://www.akvalang.com/forum/files/file/542-conservation-of-underwater-archaeological-findsmanual-2011-pdf/>
39. *Faber K. T. et al.* Looking back, looking forward: Materials science in art, archaeology, and art conservation // Annual Review of Materials Research. 2021. Vol. 51. No. 1. P. 435–460. EDN: [ZBRBMW](#). <https://doi.org/10.1146/annurev-matsci-080819-013103>
40. *Kosuth P. et al.* Sea-tide effects on flows in the lower reaches of the Amazon River // Hydrological Processes. 2009. Vol. 23. No. 22. P. 3141–3150. <https://doi.org/10.1002/hyp.7387>
41. *Latter J. H.* Tsunamis of volcanic origin: Summary of causes, with particular reference to Krakatoa, 1883 // Bulletin Volcanologique. 1981. Vol. 44. No. 3. P. 467–490. EDN: [KTPWZY](#). <https://doi.org/10.1007/BF02600578>

42. Natale De G., Troise C., Pingue F., Mastrolorenzo G., Pappalardo L., Battaglia M., Boschi E. The Campi Flegrei caldera: unrest mechanisms and hazards. In: Troise C., De Natale G. & Kilburn C. R. J. (ed.). Mechanisms of activity and unrest at large calderas. Special Publications. London, 2006. Vol. 269. Geological Society. P. 28. EDN: [XQLMQL](https://doi.org/10.1144/GSL.SP.2006.269.01.03). <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.2006.269.01.03>

Статья поступила в редакцию 13.01.2025, одобрена к печати 01.10.2025.

**Для цитирования:** Фазлуллин С. М. Влияние подводной среды на объекты материальной культуры. Обзор // Океанологические исследования. 2025. Т. 53. № 4. С. 58–75. [https://doi.ocean.ru/10.29006/1564-2291.JOR-2025.53\(4\).4](https://doi.ocean.ru/10.29006/1564-2291.JOR-2025.53(4).4)

## THE INFLUENCE OF THE UNDERWATER ENVIRONMENT ON OBJECTS OF MATERIAL CULTURE. REVIEW

**S. M. Fazlullin**

*Russian State University for the Humanities,  
6, Miusskaya square, Moscow, 125047, Russia,  
e-mail: [sh1703@yandex.ru](mailto:sh1703@yandex.ru)*

Various natural phenomena pose a multi-level threat to underwater cultural heritage sites. These hazards can manifest themselves in the form of physical and chemical effects. They can be direct and indirect, one-time or cyclical and lead to the loss of unique cultural heritage sites located under water. An accurate understanding of the nature and the extent of the influence of various natural processes on the objects of underwater cultural heritage makes it possible to optimally organize its preservation. An important part of making decisions on the management and preservation of heritage is the assessment of the risks of devastating events and the use of objective approaches to their management.

**Keywords:** underwater archaeology, underwater cultural heritage, underwater anthropogenic complex, physical and chemical impact factors

## References

1. Akimov, V. A., R. A. Durnev, and Yu. I. Sokolov, 2009: *Hazardous hydrometeorological phenomena on the territory Russia*. EMERCOM of Russia. Moscow, FGU VNII GOCHS (FTs), 316 p., ISBN 978-5-93970-038-2, EDN: [MQQNIN](https://doi.org/10.1144/GSL.SP.2006.269.01.03)
2. Aliev, A. A., 2014: Mud volcanoes of the Caspian Sea. *Ocean*, **1** (35), 33–44, EDN: [SJTLHF](https://doi.org/10.1144/GSL.SP.2006.269.01.03)
3. Bazarova, L. I., I. V. Melekestsev, V. V. Ponomareva, O. V. Dirksen, and V. G. Dirksen, 2016: Volcanic Late Pleistocene–Holocene catastrophes in Kamchatka and the Kuril Islands. Part 1: Types and Classes of catastrophic eruptions are the main components of volcanic catastrophism. *Volcanology and Seismology*, **3**, 3–21, EDN: [TYABPI](https://doi.org/10.7868/S0203030616030020), <https://doi.org/10.7868/S0203030616030020>
4. Bethencourt, M., T. Fernández-Montblanc, A. Izquierdo, M.-M. González-Duarte, and C. Muñoz-Mas, 2018: Study of the influence of physical, chemical and biological conditions

- that influence the deterioration and protection of Underwater Cultural Heritage. *Science of the Total Environment*, **613–614**, 98–114, EDN: [WVXDOO](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.007), <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.007>
5. Bondarenko, A. L. and V. S. Arkhipkin, 2020: Basic Regularities of the Formation of the El Niño La Phenomenon Niña and its impact on the weather and climate of the Earth. *Marine research and education* (MARESEDU-2019), I (III), 32–36, EDN: [XSCQBQ](#)
  6. Bukharitsin, P. I., S. A. Ogorodov, and V. V. Arkhipov, 2015: Impact of Ice Formations on the Bottom of the Northern Caspian Sea in the conditions of fluctuations of the level and ice coverage. *Vestnik Moskovsky University*, Episode 5, Geography, **2**, 101–108, EDN: [UCGNNP](#)
  7. Burshneva, S. G. and O. Y. Senatorova, 2021: Active Corrosion of Museum Metal Objects and Methods of Its Use Diagnostics. *Archaeology of Eurasian Steppes*, **6**, 242–253, EDN: [MQPAYF](#), <https://doi.org/10.24852/2587-6112.2021.6.242.253>
  8. Chernobakhtova, E. V., 2023: Changes in the chemical composition of ancient ceramics in the process of archaeology. Historiographic review. *Geoarchaeology and archaeological mineralogy-2023*. Scientific publication. Miass-Chelyabinsk: Publishing house of South Ural State Humanitarian Pedagogical University, 150–153, EDN: [KWKLJI](#)
  9. *Conservation of underwater archaeological finds*. Manual. Zadar, 2011, Ed. Bekić Luka, 94 p., <https://www.akvalang.com/forum/files/file/542-conservation-of-underwater-archaeological-findsmanual-2011-pdf/>
  10. Ermakov, S. V., 2017: Some Features of the Passage of Straits with Strong Tidal currents (on the example of the Pentland Firth). *Bulletin of the State of the University of Maritime and Inland Shipping named after Admiral S. O. Makarov*, **9** (4), 691–703, EDN: [ZEUQDV](#), <https://doi.org/10.21821/2309-5180-2017-9-4-691-703>
  11. Faber, K. T. et al., 2021: Looking back, looking forward: Materials science in art, archaeology, and art conservation. *Annual Review of Materials Research*, **51** (1), 435–460, EDN: [ZBRBMW](#), <https://doi.org/10.1146/annurev-matsci-080819-013103>
  12. Fazlullin, S. M., 2019: The study and preservation of underwater objects of material culture as a scientific problem. *Marine Research and Education* (MARESEDU-2018). *Proceedings of the VII International Scientific and Practical Conference*, Moscow, November 19–22, 2018, Vol. I (IV), 250–253, EDN: [ZHBWST](#)
  13. Grishin, A. M., A. N. Golovanov, A. O. Belousova, and I. V. Matveev, 2011: On physical modeling of one and two thermal tornadoes. *Bulletin of Tomsk State University. Mathematics and Mechanics*, **15** (3), 76–82, EDN: [OFVIFV](#)
  14. Gorbunov, Yu. A., S. M. Losev, and L. N. Dyment, 2007: Stamukhi of the East Siberian and Chukchi Seas. *Materials of glaciological studies*, **102**, 41–47, EDN: [OYXNJV](#)
  15. *Hydrometeorological hazards. Thematic volume*. 2001, Edited by G. S. Golitsyn, A. A. Vasilyev, Moscow, Kruk Publ., 296 p., EDN: [UYFHAD](#)
  16. Ignatov, E. I. and M. S. Orlova, 2009: Sovremennoye sostoyanie i dinamika morskikh beregov Kryma [Current state and dynamics of the sea shores of the Crimea]. *Environmental safety of coastal and shelf zones and integrated use shelf resources*, **20**, 39–45, EDN: [XCIVLT](#)
  17. Kaistrenko, V. M., N. G. Razzhaeva, Y. P. Korolev, N. V. Polukhin, and A. I. Zaitsev, 2006: Tsunami manifestations on December 26, 2004 on the coast of northern Indonesia (according to the results of the international expedition). *Bulletin of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences*, **1**, 123–130, EDN: [HZDMBL](#)
  18. Karpov, G. A. et al., 2007: Impact of volcanism on the environment (on the example of eruptions in caldera of the Academy of Sciences and the Karymsky volcano). *Bulletin of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences*, **2**, 83–99, EDN: [IMQGRP](#)

19. Khain, V. E. and M. G. Lomize, 2005: *Geotectonics with the basics of geodynamics*. Moscow, KDU, 560 p., EDN: [OTPCDB](#)
20. Kondrin, A. T., 2004: *Wave Processes in the Ocean: Textbook*. Moscow, 140 p., EDN: [QKEIZV](#)
21. Kosuth, P. et al., 2009: Sea-tide effects on flows in the lower reaches of the Amazon River. *Hydrological Processes*, **23** (22), 3141–3150, <https://doi.org/10.1002/hyp.7387>
22. Krasnova, T. N., 2020: Study of the Types and Causes of Destruction of Archaeological Objects Made of Ceramics. *Proceedings of the International Scientific Conference of Young Scientists "Actual Archeology 5"*, 107–109, EDN: [JSEDQL](#)
23. Kuznetsov, S. Y. et al., 2006: Mechanism of Formation of Extreme Storm Waves in the Black Sea. *Reports of the Academy of Sciences*. Federal State Budgetary Institution Russian Academy of Sciences, **408** (1), 108–112, EDN: [HTQLSD](#)
24. Latter, J. H., 1981: Tsunamis of volcanic origin: Summary of causes, with particular reference to Krakatoa, 1883. *Bulletin Volcanologique*, **44** (3), 467–490, EDN: [KTPWZY](#), <https://doi.org/10.1007/BF02600578>
25. Laverov, N. P., N. L. Dobretsov, and O. A. Bogatikov, 2005: *The latest and modern volcanism in the territory Russia*. Moscow, Nauka Publ., 604 p., EDN: [ULJDYR](#)
26. Lysenko, V. I. and V. N. Shik, 2014: Degassing and “Carbonate Buildings” in Laspi Bay (South Coast). *Geology and Minerals of the World Ocean*, **2** (36), 105–117, EDN: [SJTLVL](#)
27. Lysenko, V. I. and N. V. Shik, 2013: Modern Processes of Carbonate Formation Associated with hydrocarbon degassing, in Laspi Bay (Southern Coast of Crimea). *Space and Time*, **2** (12), 151–158, EDN: [QAMIHL](#)
28. Manilyuk, Y. V., 2022: *Seisha and surge oscillations in the Black and Azov Seas*. Abstract for the degree of Ph.D., Sevastopol, 24 p., EDN: [CQJRLH](#)
29. Mazur, O. P. and I. I. Ivanov, 2004: *Opasnye prirodnye protsessy (Dangerous natural processes: introductory course: a textbook for higher education institutions)*. Moscow, Economics, 702 p., <https://djvu.online/file/Vq5baJqnoOPL0?ysclid=mhw80506z54721341>
30. Mikhailov, V. N., A. D. Dobrovolsky, and S. A. Dobrolyubov, 2007: *Hydrology*. Moscow, Vysshaya shkola, 463 p., ISBN 978-5-06-005815-4, <https://djvu.online/file/gOKOdOT4Xeo09?ysclid=mhw873pp3m887335910>
31. Mikhailova, M. V., 2006: Sediment Balance in River Mouths and Delta Formation at Rise and Fall sea level. *Water resources*, **33** (5), 567–579, EDN: [HVLEQF](#)
32. Moroz, V. V., K. T. Bogdanov, V. I. Rostov, and I. D. Rostov, 2010: Electronic Atlas of Marginal Tides serey severnoi Pacifici. *Vestnik Dal'nevostochnogo otdeleniya Rossiyskoy akademii nauk*, **1**, 102–106, EDN: [JXFVDR](#)
33. Nalivkin, D. V., 1969: *Hurricanes, Storms, Tornadoes, Geographical Features and Geological Activity*. Leningrad, Nauka, 487 p., [https://rusneb.ru/catalog/000199\\_000009\\_007177672/?ysclid=mhw8rxwbko260458015](https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_007177672/?ysclid=mhw8rxwbko260458015)
34. Natale, De G., C. Troise, F. Pingue, G. Mastrolorenzo, L. Pappalardo, M. Battaglia, and E. Boschi, 2006: The Campi Flegrei caldera: unrest mechanisms and hazards. In: *Mechanisms of activity and unrest at large calderas. Special Publications*, London, Geological Society, **269**, 28, EDN: [XQLMQL](#), <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.2006.269.01.03>
35. Petrov, K. M., 1989: *Podvodnye landscapey: teoriya, metody issledovaniya (Underwater landscapes: theory, research methods)*. Leningrad, Nauka, 126 p., ISBN 5-02-026614-0, [https://rusneb.ru/catalog/000200\\_000018\\_rc\\_338498/?ysclid=mhw8vezss4555169286](https://rusneb.ru/catalog/000200_000018_rc_338498/?ysclid=mhw8vezss4555169286)
36. Rodionov, S. G., T. I. Kimeeva, and V. A. Polevod, 2017: Conservation of Historical and Cultural Objects Heritage from Organic Materials in Museums: On the Example of the Shor Collection. *Bulletin Kemerovo State University of Culture and Arts*, **39**, 111–116, EDN: [YPHQDJ](#)

37. Rogozhin, E. A. and A. N. Ovsyuchenco, 2005: Seismic and geological activity of tectonic faults of the North-West Caucasus. *Physics of the Earth*, **41** (6), 29–41, EDN: [HSBXBJ](#)
38. Romanovsky, V. V., 1991: *Lake Issyk-Kul as a Natural Complex*. Frunze, Ilim, 164 p., ISBN 5-8355-0277-X, [https://rusneb.ru/catalog/000199\\_000009\\_001576533/?ysclid=mhw91ujzo9941073461](https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_001576533/?ysclid=mhw91ujzo9941073461)
39. Sidorenkov, N. S., 2015: *Nebesno-mekhanicheskie prichiny izmeneniy pogoda i klimata* (*Heavenly mechanical causes of weather and climate changes*) processes and the biosphere, **14** (3), 5–26, EDN: [VSBHGV](#)
40. Safyanov, G. A., V. L. Menshikov, and V. M. Peshkov *Underwater canyons – their dynamics and interaction with the coastal zone of the ocean*. 2<sup>nd</sup> ed. Krasnodar, Edart-print, 2007, 392 p., <https://istina.msu.ru/publications/book/9560358/>
41. Vengerova, M. V. and A. S. Vengerova, 2017: *Minerals and Rocks: Textbook*. Manual, Yekaterinburg, 132 p., ISBN 978-5-7996-2027-1, EDN: [YLGPUN](#)
42. Yagotintsev, V. N. and P. V. Postivik, 2013: Level of the Caspian Sea in the Past and Present. *Proceedings of the Geographical Society of the Republic of Dagestan*, **41**, 26–40, EDN: [RTLMTL](#)

Submitted 13.01.2025, accepted 01.10.2025.

**For citation:** Fazlullin, S. M., 2025: The influence of the underwater environment on objects of material culture. Review. *Journal of Oceanological Research*, **53** (4), 58–75, [https://doi.ocean.ru/10.29006/1564-2291.JOR-2025.53\(4\).4](https://doi.ocean.ru/10.29006/1564-2291.JOR-2025.53(4).4)

## 水下环境对物质文化遗存的影响研究

**S. M. Fazlullin**

*Russian State University for the Humanities,  
6, Miusskaya square, Moscow, 邮编: 125047, Russia,  
电子邮件: [sh1703@yandex.ru](mailto:sh1703@yandex.ru)*

各种自然现象对水下文化遗产构成了多层次的威胁。这些威胁表现为物理和化学两种形式·可以是直接的或间接的·单次性或周期性发生的·并可能导致水下独特文化遗产的丧失。准确理解各种自然过程对水下文化遗产影响的性质与程度·是优化其保护工作的基础。在遗产管理和保护的决策中·一个重要环节是评估破坏性事件的风险·并采用客观方法进行管理。

**关键词：**水下考古·水下文化遗产·水下人为物体·物理化学影响因素