Совместные черноморские исследования

**12 НОВЫХ ФАКТОВ, КОТОРЫЕ НЕОБХОДИМО ЗНАТЬ О ЧЕРНОМ МОРЕ**

Спасибо коллегам, которые присоединились к подготовке этой брошюры:

Борису Александрову (Институт морской биологии НАНУ),

Арчилу Гучманидзе (Национальное экологическое агентство, Центр мониторинга Черного моря),

Евгению Дикому (Украинский научный центр экологии моря (УкрНЦЭМ)),

Виктору Коморину (УкрНЦЭМ),

Петеру Освальду (Экологический институт),

Марии Павловской (УкрНЦЭМ),

Марии Погожевой (Государственный океанографический институт (ГОИН)),

Оксане Савенко (УкрНЦЭМ),

Ярославу Слободнику (ЕМBLAS-II) и Марселе Фабиановой (ЕМBLAS-II).

Это издание осуществлено при поддержке Программы развития ООН и Европейской Комиссии в рамках проекта «Усиление экологического мониторинга Черного моря» (ЕМВLAS-II). Содержание публикации не является отражением официальной позиции ПРООН и Европейской Комиссии.

© UNDP, European Commission, 2017

**О СОВМЕСТНЫХ ЧЕРНОМОРСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ**

Исследования проводились в Украине, Грузии и Российской Федерации в 2016 году, в рамках проекта ЕС / ПРООН «Усиление экологического мониторинга Черного моря» (EMBLAS-ІІ). Они состояли из национальных пилотных мониторинговых исследований, проведенных в территориальных водах стран-участниц и общих исследований открытого моря, проведенных в глубоководных открытых частях Черного моря. В ходе исследований было одновременно определено наибольшее в истории количество параметров, характеризующих состояние всех составляющих морской среды. В рамках исследований получены первые для стран-участниц результаты оценки экологического состоягия Черного моря, в соответствии с требованиями Рамочной директивы морской стратегии ЕС. Подробнее на [www.emblasproject.org](http://www.emblasproject.org)

Ограничение: Все данные получены в 2016 году, большинство в весенне-летнее время, поэтому для окончательных выводов и повышения достоверности необходима «перекрестная проверка» путем повторных исследований Черного моря в августе-сентябре 2017 года.

**1. ЧЕРНОЕ МОРЕ: ЗДОРОВОЕ ИЛИ НЕТ - КАК ПОСТАВИТЬ ДИАГНОЗ?**

В течение последних 20 лет произошли значительные изменения в подходах к оценке «здоровья» морской среды. Ранее экологическое состояние моря определялось главным образом наличием превышений концентрации определенных веществ-загрязнителей в воде. Проводя аналогию с человеческим здоровьем, это примерно то же, что поставить полный диагноз только по измерению температуры и давления. Но с принятием Рамочной директивы морской стратегии ЕС ключевым показателем здоровья моря стало здоровье всех его жителей, начиная от микроскопических водорослей и заканчивая рыбами и дельфинами. Такая постановка задачи требует комплексного исследования и всесторонней диагностики. В Директиве указываются 11 дескрипторов и более 60 показателей, по которым и определяется экологическое состояние моря.

Результаты Совместных черноморских исследований с использованием новых методик и оборудования станут основой для первоначальной оценки современного состояния морских вод.

*Почему это важно?* Современные методы исследований позволят более подробно и объективно оценить экологическое состояние акватории и ее обитателей. Европейское экологическое законодательство предусматривает систему мер по улучшению экологического статуса моря, а следовательно и улучшению жизни людей, чья жизнь так или иначе связана с морем. Сотрудничая в области экологии, мы работаем над улучшением состояния морских экосистем для будущих поколений.

**2. СЛОЙ КИСЛОРОДА В ЧЕРНОМ МОРЕ УМЕНЬШИЛСЯ**

Хорошо известно, что Черное море имеет насыщенный кислородом поверхностный слой, под которым находится глубокий бескислородный слой, насыщенный растворенным сероводородом. Бескислородная зона расположена на глубине 90 - 160 м и занимает примерно 87% объема моря. За последние 20 лет сероводородный слой поднялся на 20-25 м. Эту негативную тенденцию подтвердили исследования 2016 года. Кроме того, толщина верхнего кислородного слоя стала неоднородной. Есть целый ряд течений, протекающих вдоль континентального склона, западный и восточный циклонические круговороты в открытом море. В центре этих круговоротов было выявлено повышение нижнего предела кислородного слоя уже до 54 м. Это подтверждается также большим количеством анаэробных бактерий, найденными в пробах из этих глубин.

*Почему это важно?* Главные морские жители, такие как рыбы и дельфины, живут в верхнем слое, насыщенном кислородом. Если он уменьшается, это означает, что уменьшается пространство для их существования. Считается, что это отрицательный феномен напрямую связан с изменением климата и глобальным потеплением. Это - повод задуматься о том как смягчить изменения климата.

**3. В БЕСКИСЛОРОДНОМ СЛОЕ ЧЕРНОГО МОРЯ НАЙДЕНЫ НОВЫЕ ГРУППЫ МИКРОБОВ**

В рамках Совместных черноморских исследований со дна Черного моря были взяты пробы с глубины более 2 км. Результаты исследований подтвердили, что в «мертвой бескислородной зоне» Черного моря есть жизнь, и даже очень разнообразная! Такие результаты были получены с помощью специального метода - метагеномного анализа (то есть специалисты прочитали ДНК всех микробов, попавших в образцы). Обнаруженный «зоопарк» оказался весьма впечатляющим - оказалось, что на глубине массово представлены десятки родов и видов архей и бактерий, которые в других местах Мирового океана встречаются лишь «точечно», в очень специфических поселениях вроде подводных геотермальных выходов (то есть гейзеров на дне океанских хребтов), норвежских закрытых фьордов и так далее. В ходе исследований впервые в Черном море были найдены уникальные микробы из группы Lokiaгchaeota. Они были открыты для мировой науки совсем недавно, лишь в 2015 году, норвежскими исследователями в подводных геотермальных гейзерах Северного Ледовитого океана и получили название от скандинавского бога Локи. Это своего рода «недостающее звено» в универсальном эволюционном древе жизни между прокариотами (теми, кто еще не имеет ядра, например, бактерии) и эукариотами (теми, кто имеет ядро, а именно животные, растения и грибы). Оказывается, они довольно обычные обитатели донных отложений в бескислородной зоне Черного моря.

*Почему это важно?* Это означает, что бескислородная зона Черного моря - не «мертвая пустыня», а своего рода «цветущий сад», больше похожий на биосферы других планет, лишенных кислорода, или на молодую Землю два - три миллиарда лет назад, до появления фотосинтезирующих растений. Это своего рода «наглядное пособие по астробиологии» или «биологическая машина времени» - мечта исследователей! Бескислородная зона оказалась важным компонентом экосистемы моря. Она, с одной стороны, «конкурирует» с поверхностными водами, и поэтому ее смещение вверх крайне опасно. С другой стороны, именно здесь происходит распад любой органики, которая попадает с поверхности на дно, что не позволяет морю превратиться в свалку отходов и загрязняющих веществ.

**4. ВПЕРВЫЕ ОПРЕДЕЛЕНЫ ОСНОВНЫЕ ЗАГРЯЗНЯЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА, ХАРАКТЕРНЫЕ ДЛЯ ЧЕРНОГО МОРЯ**

В ходе Совместных черноморских исследований было проанализировано более 2000 веществ, содержащихся в морской воде, донных отложениях, рыбе и моллюсках. Основной целью стала разработка перечня «веществ-загрязнителей, специфичных для Черного моря». Особое внимание в процессе анализа было уделено уровню содержания фармацевтических препаратов, пестицидов, биоцидов, огнезащитных веществ, промышленных химикатов, а также продуктов их распада. Большинство из этих веществ - углеводороды, которые в последнее время часто превышали предельно допустимые концентрации. Наибольшая концентрация токсичного вещества РFOS, которое может накапливаться в морских организмах и, в конечном счете, в теле человека, была зафиксирована в устье Дуная. Это вещество используется как водоотталкивающее, например, в производстве водонепроницаемой одежды и обуви, бумажных стаканчиках и коробках от пиццы. Оно было также найдено в значительных концентрациях при Совместных Дунайских исследованиях, проводившихся в 2013 году. В рыбе было обнаружено высокое содержание ртути и диоксинов. Из 2100 известных на сегодняшний день загрязняющих элементов в пробах были обнаружены 145 веществ, среди них пестициды, такие как имидаклоприд (системный инсекцид – антиблошиное средство), динотерб и метолахлор (гербициды, используемые против сорняков в зерновых и кукурузе), линдан (сельскохозяйственный инсекцид) и фипронил (инспекцид широкого профиля, особенно токсичен для рыбы и пчел). В морской воде были также выявлены значительные концентрации таких фармацевтических препаратов, как аденоцин (против аритмии) и телмисартан (против гипертонии). Были найдены химические вещества промышленного происхождения: бисфенол А, эндокринный блокировщик, присутствует в большинстве товаров широкого использования: пластиковые бутылки, спортивное оборудование, CD/DVD и пр.; дибутил фталат, пластификатор, который возможно также блокирует эндокринную систему, а также монобутилен, который используется в качестве стабилизатора поливинилхлорида - термопластичного полимера. Вещество, которое составляет основу солнцезащитного крема, было найдено у побережья Грузии в концентрациях, которые являются вредными для морских организмов. Соединение органофосфатов - это новое поколение огнезащитных веществ, которые встречаются почти во всех продуктах, которыми мы пользуемся каждый день, таких как текстиль, мебель, компьютеры и т.п. были зафиксированы на каждой станции мониторинга. По суммарному значению больше всего этих веществ зафиксировано в дельте Дуная, однако максимум был отмечен в районе Днестра и водах Грузии.

*Почему это важно?* После проведения исследований странам не нужно тратить средства на поиск всех возможных загрязняющих веществ в воде, а нужно сконцентрировать свое внимание и включить в программы мониторинга только те вещества, которые найдены в больших концентрациях и представляют угрозу для окружающей среды. Сложность заключается в том, что определить точный источник загрязнения крайне затруднительно, что не дает возможность принять соответствующее решение по минимизации его воздействия (например, строительство новых или усовершенствование существующих очистных сооружений для того, чтобы улавливать большинство веществ до того, как они попадут в море; изменение некоторых промышленных процессов с целью использования экологически безопасных веществ; запрет на законодательном уровне использования большинства токсичных соединений, например, таких как пестициды). Но это задача на будущее, которая будет выполнена при разработке Программы мероприятий к Морской Стратегии.

**5. СЛЕДЫ ЧЕЛОВЕЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НАЙДЕНЫ ПО ВСЕМУ ЧЕРНОМУ МОРЮ**

В дополнение к анализу морских вод в отдельных точках проводилась фильтрация морской воды с использованием специального прибора - «пассивного» пробоотборника. В результате, вещества накапливались на фильтрах-сорбентах. Сорбенты с «химической информацией» о многокилометровых участках Черного моря были проанализированы в специальной лаборатории. Кроме того, на несколько недель пассивные пробоотборники были размещены в Одесском заливе и у острова Змеиный, чтобы «ухватить» все загрязнители, присутствующие там в течение разных сезонов года. В результате снова были найдены вещества, которые используются для водонепроницаемости текстиля, обуви, упаковки для пиццы; фармацевтические препараты, например, парацетамол, а также средство от насекомых. В украинских водах были найдены значительные концентрации парацетамола, в то время как высокие уровни кофеина были зафиксированы в открытом море. Также некоторые пестициды, относящиеся к гербицидам, фунгицидам и инсекцидам, были найдены по всей морской акватории. Исследования также зафиксировало наличие полиброминованого дифенилефира и новейшие огнезащитные вещества в морской воде, которые в повседневной жизни используются в тканях, пластиковых изделиях и мебели.

*Почему это важно?* Химические соединения, входящие в состав вещей, которые мы используем в повседневной жизни, например, в лекарствах от головной боли, в упаковке пиццы, которую мы заказываем для праздника с друзьями, в креме для обуви, имеют прямое влияние на состояние Черного моря даже на больших глубинах. Это означает, что с развитием промышленности и сельского хозяйства, важно также вкладывать средства в очистные сооружения, не позволяя этим соединениям оказаться в море, иначе, наше Черное море будет под незаметной, на первый взгляд, но все время растущей угрозой.

**6. «ВРЕМЕННАЯ КАПСУЛА» ДЛЯ УЧЕНЫХ БУДУЩЕГО: ВПЕРВЫЕ СОБРАНЫ «ОТПЕЧАТКИ» ЕЩЕ НЕ ИЗУЧЕННЫХ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ, ПРИСУТСТВУЮЩИХ В ВОДЕ**

Каждая проба воды обычно может содержать несколько тысяч веществ. О некоторых из них сегодня мы еще ничего не знаем, но ученые могли бы исследовать их в будущем, используя новые методы. В некоторых странах для этого, пробы воды замораживаются и хранятся в Банке экологических проб. Но теперь разработан более простой способ сохранения неизвестных веществ, который называется «Платформа цифрового замораживание проб». Для этого пробы воды, осадка, тканей рыбы и моллюсков анализируются с помощью новейшего высокоточного жидкостного хроматографа - масс-спектрометра. Это похоже на взятие «отпечатков пальцев» всех 2000 - 3000 веществ, которые обычно присутствуют в каждой пробе. Иногда ученые не знают название «подозреваемого» в токсичности загрязнителя, сигнал которого записан, но они знают, что он там есть (точная масса, уникальная для каждого химического соединения), и они получают его «отпечатки пальцев» (масс-спектр). Таким образом, ученые достигают тех же целей, как и при использовании Банка экологических проб, но без фактического замораживания. На основе проб, собранных в ходе Совместных черноморских исследований, была основана цифровая «библиотека» отпечатков токсичных веществ. Она называется «Черноморская база данных неизвестных веществ», и уже насчитывает более 17 000 «отпечатков». Это первая доступная для всего мира база данных, которая в ближайшие годы будет расширяться данными из Франции, Норвегии и Германии в рамках научно-исследовательской сети NORMAN (www.norman-network.net).

*Почему это важно?* Во-первых, как уже отмечалось выше, ученые будущего смогут вернуться к пробам и с новым оборудованием и методиками превратить «неизвестное» вещество в «известное» и увидеть, была ли его концентрация выше или ниже порогового значения токсичности. Но уже сейчас любое из этих тысяч веществ можно нанести на карты, и определить источники и масштабы загрязнения.

**7. МЕСТА СКОПЛЕНИЯ ДЕЛЬФИНОВ: НОВЫЕ ДАННЫЕ О РАСПРЕДЕЛЕНИИ ВИДОВ ДЕЛЬФИНОВ В ЧЕРНОМ МОРЕ**

В Черном море обитают три вида китообразных: дельфин белобочка или обыкновенный дельфин, черноморская афалина и черноморская морская свинья, или азовка. Все они считаются эндемичными (местными) подвидами, которые живут только здесь, в этом географическом регионе и не встречаются больше нигде в мире. В рамках Совместных Черноморских исследований были определены места концентрации различных видов дельфинов. Весной значительное скопление морских свиней в северо-западном регионе (у берегов Украины) можно было увидеть у дельты Дуная, тогда как афалины чаще и в течение всех сезонов встречались в прибрежных водах северо-восточной части моря (у берегов Российской Федерации). Открытые воды юго-восточного региона и внутренние воды Грузии были определены местом концентрации для двух видов - дельфина обыкновенного и морской свиньи. Во время исследований ученые с большим удивлением обнаружили в открытых водах юго-восточной части Черного моря смешанную группу дельфинов белобочек и молодой особи морской свиньи. Казалось, здесь успешно повторилась история Маугли: морская свинья была «усыновлена» группой дельфинов другого вида и даже стала подражать их поведению - следовать за судном, что не является типичным для них поведением. Исследования подтвердили печальный факт, что сейчас дельфины белобочки уже не формируют больших «скоплений» из сотен или тысяч особей, которые можно было часто увидеть в первой половине прошлого века, а держатся отдельными семьями или небольшими группами.

*Почему это важно?* На основе новых данных о том, где и когда скапливаются дельфины, мы можем разработать меры по уменьшению антропогенного давления на них, например, ограничить промысел рыбы в отдельных акваториях или в определенные сезоны (случайная гибель в рыболовных снастях - одна из самых больших угроз для дельфинов), уменьшить уровень шумового загрязнения (к которому они очень уязвимы) путем регулирования движения морского транспорта или ограничения времени проведения подводных работ в местах значительных концентраций дельфинов.

**8. В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ БЫЛИ НАЙДЕНЫ БОЛЬШИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ПЛАВАЮЩЕГО МУСОРА**

В центральной части Черного моря были найдены большие концентрации плавающего мусора. К сожалению, мы все уже привыкли к морскому мусору на пляжах. Но мы представляем себе середину моря чистой и свободной от мусора, поскольку там почти нет источников загрязнения. Поэтому высокие концентрации плавающего мусора в открытом море, зафиксированные нами в ходе исследований, стали неприятным сюрпризом. Высокую концентрацию морского мусора в центре моря можно объяснить тем, что система течений в Черном море перемещает мусор в открытое море. Но есть в этом и обнадеживающая тенденция - если мусор достаточно компактно концентрируется, образуя «мусорные острова», вероятно, будет легче принять меры по его изъятию из морской экосистемы. В целом, мусор, попадающий в море, является угрозой для всех морских обитателей. Как это ни странно, но наибольший вред наносит микро-мусор, большая часть которого состоит из микрочастиц пластика, которые вместе с водой и пищей попадают в живые организмы и отравляют их.

*Почему это важно?* Мы должны в ближайшем будущем пересмотреть систему обращения с отходами. Пластик должен собираться для вторичного использования, а не выбрасываться, иначе нам придется инвестировать в сбор и утилизацию «мусорных островов» в центре моря.

**9. ОБНАРУЖЕНЫ ПРИЗНАКИ ТОГО, ЧТО ИНВАЗИВНЫЕ ВИДЫ УМЕНЬШАЮТ ДАВЛЕНИЕ НА «АБОРИГЕННЫЕ» ВИДЫ ЧЕРНОГО МОРЯ**

На сегодняшний день в Черном море зарегистрировано 365 видов чужеродных организмов - от одноклеточных водорослей диаметром 2 мкм до кита - малого полосатика десятиметровой длины. Хорошей новостью является то, что во время Совместных черноморских исследований численность «вселенцев», в частности гребневика мнемиопсис, близкого родственника медузы, в водной толще была минимальной, что свидетельствует о хорошем состоянии водной среды. Однако данная информация нуждается в подтверждении для разных сезонов. Будем надеяться, что исследования 2017 подтвердят эту положительную тенденцию. Кстати, наблюдения показали и появление нового инвазивного вида - бурой водоросли Halosiphon (Chorda) tomentosus, что в переводе с латинского означает «мохнатая струна» и соответствует ее внешнему виду. Этот единственный представитель ламинариевых водорослей в Черном море (ближайший родственник знаменитой «морской капусты») был обнаружен впервые в 2015 году напротив устья Днестровского лимана.

*Почему это важно?* Чем меньше инвазивных видов и больше аборигенных, тем более устойчивой и здоровой считается экосистема. Надеемся, что изменение климата не будет нарушать стабильность экосистем Черного моря.

**10. «ЦВЕТЕНИЕ МОРЯ» УМЕНЬШАЕТСЯ**

Часто летом люди могут наблюдать «цветение моря» (массовый рост фитопланктона), что при отмирании водорослей приводит к снижению кислорода в воде. Этот процесс является естественным ответом на искусственное, т.е. вызванное человеческой деятельностью, повышение уровня питательных веществ - «эвтрофикацию». Почти всегда его вызывают сбросы сточных вод, речные воды с высоким содержанием сельскохозяйственных удобрений, и моющих средств, содержащих в своем составе фосфаты. Все это приводит к образованию сероводорода в придонном слое шельфовых вод в летне-осенний период. Исследования показали, что в среднем уровень эвтрофности Черного моря был меньше, чем ожидалось. Большая часть исследуемых участков моря имела хороший экологический статус - это значительная часть северо-западного шельфа Украины, воды Грузии, воды Российской Федерации (Геленджик на участке в 5 миль), южная часть Керченского пролива. Однако, в поверхностных водах под влиянием вод из Дуная в мае 2016 наблюдалось значительное цветение диатомовых водорослей, а в Керченском проливе была зафиксирована высокая концентрация питательных веществ, поступающих из Азовского моря.

*Почему это важно?* Это показывает, что система очистки сточных вод нуждается в улучшении, несмотря на положительную тенденцию снижения эвтрофикации.

**11. УНИКАЛЬНЫЕ РЕДКИЕ ВИДЫ РЫБ ЗАФИКСИРОВАННЫ В ЧЕРНОМ МОРЕ**

В ходе черноморских исследований в открытом море ученые поймали уникальную рыбу - Морскую иглу шиповатую. Этот вид еще называют пелагической морской иглой, черноморской иглой. Характерной особенностью вида является наличие шипов на теле. Этот вид является эндемичным для Черного и Азовского морей. Она выглядит как зеленовато-коричневатая игла длиной до 11 см с огромными глазами, которые занимают 80% головы. Этот вид в настоящее время крайне мало исследован. Другой находкой стал гребенчатый золотистый губань - единственный вид данного рода, который представлен в Черном море. В Украине данный вид является редким и занесен в Красную книгу, поэтому обычно его встречают единичными экземплярами. По отношению к этой рыбе действует полный запрет вылова. Интересным было выявление икринок данного вида в отобранных пробах ихтиопланктона у грузинского побережья.

*Почему это важно?* Находки редких видов являются хорошим признаком, это значит, что они все еще существуют несмотря на загрязнения и другие давления.

**12. ДАЛЬНЕЙШИЕ ДЕЙСТВИЯ: КАК ИСПОЛЬЗОВАТЬ СОБРАННУЮ ИНФОРМАЦИЮ ДЛЯ СОХРАНЕНИЯ ЧИСТОТЫ ЧЕРНОГО МОРЯ**

Основная цель мониторинга заключается в том, чтобы получать своевременную информацию о состоянии экосистемы в данном районе, определять основные проблемы и способствовать их устранению. Например, выявленные приоритетные вещества в воде должны быть внесены в список регулярного мониторинга для того, чтобы можно было отслеживать динамику концентрации этих веществ, а также источники их поступления. После этого разрабатывается программа мероприятий по устранению этих рисков, направленная на улучшение общего экологического состояния морских экосистем.

**О ПРОЕКТЕ**

Совместные Черноморские исследования проводятся в рамках проекта «Усиление экологического мониторинга Черного моря» (ЕМВLAS-II). Проект финансируется совместно Европейским Союзом и Программой развития ООН. Реализации проекта началась 1 апреля 2014 года и завершится 31 мая 2018 года. Общей целью проекта является содействие сохранению природной среды Черного моря. Больше информации на <http://embLasproject.org/>

Следи за дневником исследований и новыми данными о секретах Черного моря на Фейсбук-странице Фаны Черного моря

Партнеры проекта:

