

СИНТЕТИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ И ЗДОРОВЬЕ ОКЕАНА.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17548617>

Студенты 307-группы: Сафаров Д., Нормуратова М., Сафарова Х.

Самаркандский государственный педагогический институт

Факультет: Естественные науки

Кафедра: Биология

Научный руководитель: Алавдинов М.Х.

e-mail: doniyorsafarov71@gmail.com

hsafarova770@gmail.com

[+998\(88\)803-70-22](tel:+998888037022)

SINTETIK BIOLOGIYA VA OKEAN SALOMATLIGI.

SYNTHETIC BIOLOGY AND OCEAN HEALTH.

Annotatsiya:

Ushbu maqola sintetik biologiyaning (SB) okean salomatligini saqlash va tiklashda tutgan innovatsion o'rni, imkoniyatlari hamda u bilan bog'liq xavf-xatarlarni kompleks tahlil qilishga bag'ishlangan. Jahon okeanlari iqlim o'zgarishi, ifloslanish va haddan tashqari baliq ovlash natijasida yuzaga kelgan misli ko'rilmagan tahdidlarga duch kelmoqda. Tirik organizmlarni qayta loyihalash va yangi biologik tizimlarni yaratishni o'z ichiga olgan sintetik biologiya, ushbu global muammolarga yangi va samarali yechimlar taklif qilish salohiyatiga ega. Maqolada sintetik biologiya texnologiyalaridan okean ekotizimlarini himoya qilish, ularni tiklash va barqaror foydalanishni ta'minlash uchun qanday foydalanish mumkinligi batafsil ko'rib chiqiladi. Shuningdek, maqolada sintetik yo'l bilan yaratilgan mikroorganizmlardan neft to'kilishlari, og'ir metallar va, xususan, mikroplastik ifloslanishni parchalash va zararsizlantirish uchun foydalanish mexanizmlari yoritilgan.

Kalit so'zlar

sintetik biologiya, okean salomatligi, dengiz ekotizimlari, bioremediatsiya, mikroplastikni bakteriyalar yordamida qayta ishlash, parchalash, dengizni himoya qilish innovatsiyalari, dengiz biologiyasining kelajagi.

Аннотация:

Данная статья посвящена комплексному анализу инновационной роли, возможностей и потенциальных рисков синтетической биологии (СБ) в сохранении и восстановлении здоровья мирового океана. Мировые океаны сталкиваются с беспрецедентными угрозами, вызванными изменениями климата, загрязнением и чрезмерным рыболовством. Синтетическая биология, которая включает перепроектирование живых организмов и создание новых биологических систем, обладает потенциалом для предоставления новых и эффективных решений этих глобальных проблем. Подробно рассмотреть, как технологии синтетической биологии могут быть использованы для защиты, восстановления и обеспечения устойчивого использования океанских экосистем. В статье освещаются механизмы использования синтетически сконструированных микроорганизмов для разложения и нейтрализации разливов нефти, тяжелых металлов и, в частности, микропластикового загрязнения.

Ключевые слова

синтетическая биология, здоровье океана, морские экосистемы, биоремедиация, микропластик переработка бактерии, инновации защита моря, будущее морской биологии.

Abstract

This article is devoted to a comprehensive analysis of the innovative role, opportunities, and potential risks of synthetic biology (SB) in preserving and restoring the health of the world's oceans. The world's oceans face unprecedented threats caused by climate change, pollution, and overfishing. Synthetic biology, which involves redesigning living organisms and creating new biological systems, has the potential to provide new and effective solutions to these global problems. It examines in detail how synthetic biology technologies can be used for the protection, restoration, and sustainable use of ocean ecosystems. The article highlights mechanisms for using synthetically constructed microorganisms for the degradation and neutralization of oil spills, heavy metals, and, in particular, microplastic pollution.

Keywords

synthetic biology, ocean health, marine ecosystems, bioremediation, microplastic recycling bacteria sea protection innovations, future of marine biology.

Введение: Синтетическая биология — это наука о целенаправленном проектировании и перестройке живых организмов (например, бактерий, водорослей или дрожжей) с новыми, полезными функциями, основанная на

глубоком понимании природных биологических систем. Мировой океан, который охватывает более 95% биосферы Земли, представляет собой самую крупную и наименее изученную экосистему, функционирование которой критически зависит от морского микробиома. Эти одноклеточные организмы – бактерии, археи, вирусы и протисты – являются главными двигателями биогеохимических циклов (углеродного, азотного, фосфорного), регулируют атмосферный состав и служат основой морской пищевой сети. Микроорганизмы ответственны за более чем половину глобального фотосинтеза и, соответственно, за половину производства кислорода. Однако этот фундаментальный микробный мир находится под нарастающим давлением. Цель данной статьи – проанализировать, как принципы и методы микробиологии, усиленные технологиями СБ, могут быть применены для восстановления здоровья океана.

Задачи исследования: Исследование возможности использования синтетически созданных микробов для разложения пластиковых отходов и других загрязнителей в океане. Изучение методов использования синтетической биологии для создания устойчивых к климатическим изменениям и заболеваниям кораллов, направленных на восстановление коралловых рифов. Эти задачи могут быть основой для более глубокого исследования в области синтетической биологии и её влияния на здоровье океана.

Методы исследования: Для достижения целей исследования и создания эффективных, экологически безопасных решений использовались следующие подходы:

1. Анализ научных литературных источников и патентной информации:

Распространение и оценка технологической готовности существующих разработок в области голубой биотехнологии и синтетической биологии, изучение экологических последствий внедрения генетически модифицированных организмов в морскую среду.

2. Фундаментальные и прикладные методы синтетической биологии:

Описание и сравнительный анализ: детальное описание морских шасси-организмов (цианобактерий, диатомовых водорослей, галофильных бактерий), их генетических характеристик и сравнение их потенциала с аналогами, используемыми в наземных биотехнологиях.

Анализ научной литературы и источников:

Научные публикации и обзоры (например, "Harnessing synthetic biology to enhance ocean health" и связанные статьи) в основном сосредоточены на

следующих ключевых областях применения синтетической биологии для улучшения здоровья океана.

1. Борьба с загрязнением: разложение пластика и микропластика: Разработка сконструированных микроорганизмов (обычно бактерий или дрожжей), способных эффективно и быстро разлагать различные типы пластиковых полимеров, включая те, что трудно поддаются естественному разложению в морской среде;

2. Смягчение последствий изменения климата и закисления океана: Устойчивость коралловых рифов: Использование генной инженерии и синтетической биологии для повышения термостойкости и устойчивости к обесцвечиванию кораллов и их симбиотических водорослей (зооксантелл), что является критически важным для выживания рифов в условиях потепления и закисления океана.

Сравнительный анализ: сравнительный анализ сфокусирован на ключевых областях применения, механизмах действия и сопутствующих факторах. Сравнительный анализ показывает, что синтетическая биология предлагает мощные, целевые, и потенциально более быстрые решения для сложных проблем океана, чем традиционные методы. Однако эти преимущества сопровождаются значительно более высокими экологическими и этическими рисками, особенно при применении In Situ. Успех и приемлемость технологии будут зависеть от разработки надежных систем безопасности (сдерживания) и прозрачных, инклюзивных систем управления на международном уровне.

1. Сравнение основных приложений (проблемы и решения).

Проблема здоровья океана	Решение синтетической биологии
Пластиковое загрязнения	Инженерные микробы (бактерии и грибы)
Обесцвечивание кораллов	Инженерные симбионты (зооксантеллы)
Эвтрофикация/цветение водорослей (HAB)	Сконструированные цианобактерии/водоросли
Закисление океана	Инженерные моллюски/водоросли

Таблица 1.

2. Сравнение подходов (In Situ vs. Ex Situ)

Синтетическую биологию в контексте океана можно разделить на два подхода по месту применения:

Подход	Описание	Примеры
In Situ (в окружающей среде)	Непосредственное высвобождение или внедрение сконструированных организмов в морскую экосистему для выполнения функции (например, разложение пластика, защита кораллов).	○ Сброс инженерных бактерий в пятно загрязнения; ○ инфекция термостойких симбионтов в кораллы.
Ex Situ (вне окружающей среде)	Применение сконструированных организмов в замкнутых системах (лаборатория, биореактор) для получения продуктов, которые затем используются для здоровья океана	○ Производство биосенсоров для мониторинга загрязнения; ○ создания заменителей рыбьего жира из инженерных микробов; ○ производство высокоэффективных ферментов для береговой очистки.

Таблица 2.

Синтетическая биология — это область науки, где живые организмы перепрограммируются или проектируются для выполнения целевых функций, которые необходимы для поддержания здоровья океана (например, биосенсоры для мониторинга токсинов, биоремедиаторы для деградации пластика). Синтетическая биология — это инженерный подход к созданию новых биологических систем или модификации существующих для выполнения полезных функций. Она объединяет принципы генной инженерии, системной биологии, информатики и других дисциплин, чтобы

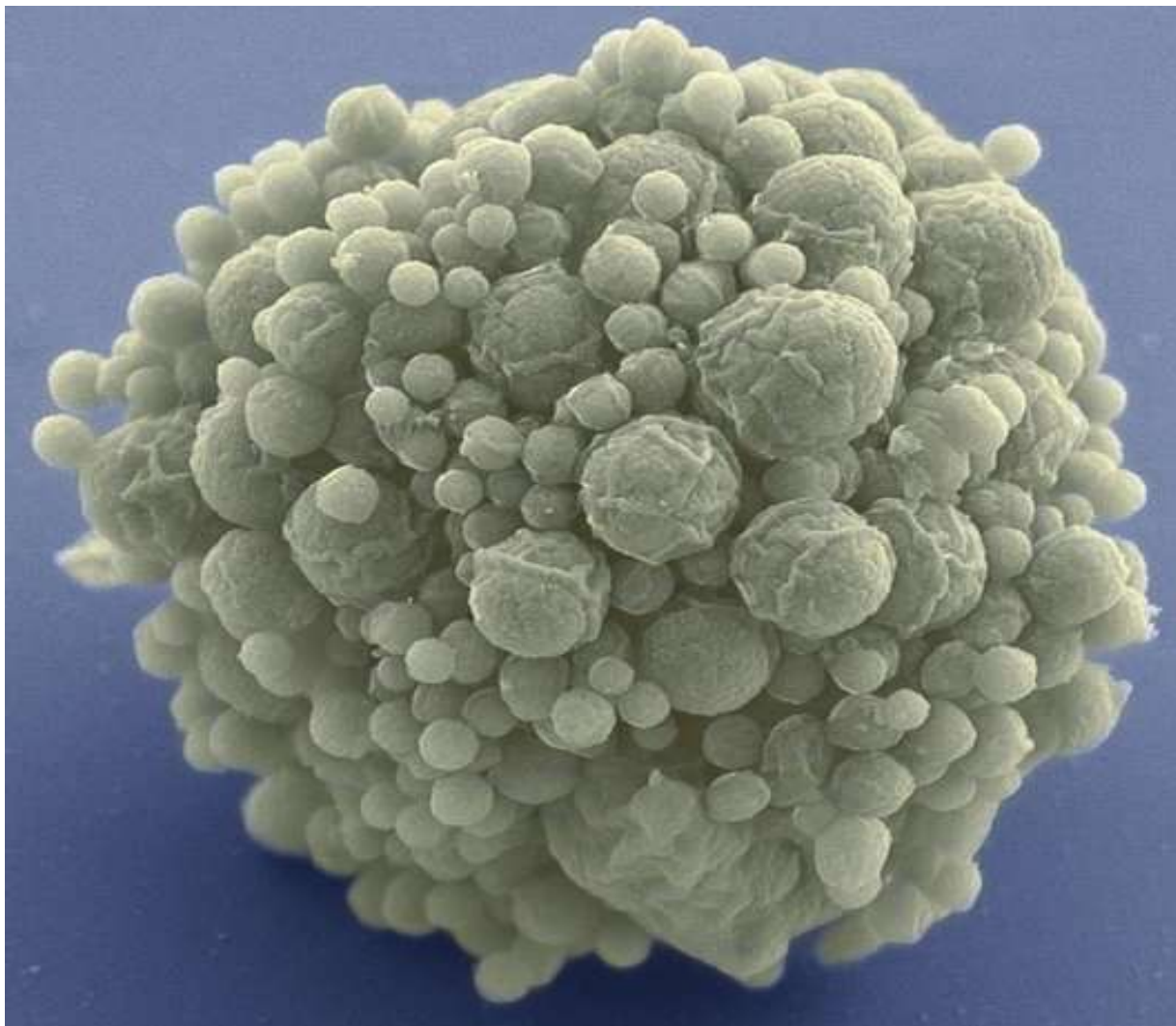
«программировать» живые организмы, создавая уникальные решения в медицине, сельском хозяйстве, энергетике и экологии. Одно из принятых международным научным сообществом определений синтетической биологии гласит: «проектирование и построение биологических модулей, биологических систем и биологических машин или перепроектирование существующих биологических систем для полезных целей». Функциональные аспекты данного определения берут свое начало в молекулярной биологии и биотехнологии. Синтетическая биология развивает генную инженерию, переходя от перемещения нескольких генов между организмами к созданию искусственного генома. С 2003 года количество научных публикаций по теме стремительно увеличивается. В перспективе это направление позволяет получение биотоплива из водорослей, бактериального электричества, диагностических препаратов, синтетических вакцин, бактериофагов и пробиотиков для борьбы с инфекциями, повышения продуктивности и устойчивости культивируемых растений и животных. Помимо практической оценки результатов синтетической биологии существует этический вопрос о том, есть ли у человека право на реализацию искусственной эволюции (ускоренной в миллионы раз в отличие от эволюции естественной) при том, что нет достаточного уровня предвидения последствий. В июле 2009 Комитетом науки, технологии и права Национальной академии был проведен симпозиум «Возможности и вызовы в зарождающейся области синтетической биологии». По мнению известного футуролога Эми Уэбб, синтетическая биология — «это будущее, построенное на самой мощной, жизнеспособной производственной площадке, которую когда-либо имело человечество». Профинансированный ЕС проект SYNBIOSAFE выпустил отчет о том, как управлять синтетической биологией в 2007 году. SYNBIOSAFE совместно с COSY в октябре 2009 был выпущен 38-минутный документальный фильм для лучшего понимания широкой публикой синтетической биологии и её социальных последствий. Первые успехи синтетической биологии связаны с методом капиллярного секвенирования (например, автоматизированного секвенирования перекрывающихся фрагментов ДНК по методу Сэнгера), однако в дальнейшем использовались, методы секвенирования нового поколения, позволяющие намного быстрее и дешевле расшифровывать геном. С другой стороны, химико-ферментный метод синтеза олигонуклеотидов с заданной последовательностью позволил создать гены для трансгенных микроорганизмов, полученных методом генной инженерии. Технология сборки искусственных геномов из

полинуклеотидных цепей позволяет обойтись без использования метаболического аппарата дрожжевой клетки, долгое время бывшей необходимой для такой операции. Ученые собирают живые системы как конструктор. Бактерии-фабрики, искусственные нейроны, биопластики из отходов, компьютеры с клетками человеческого мозга — уже не фантастика, а реальность. Рассказываем, как синтетическая биология перестраивает мир прямо сейчас. Ученые уже не просто изучают жизнь — они проектируют ее с нуля, как инженеры собирают машины. Если раньше биологи наблюдали за природой и пытались понять ее законы, то сегодня они создают организмы с заданными свойствами, меняют генетический код и конструируют биологические системы, которых никогда не существовало в природе. Синтетическая биология — это новая инженерная дисциплина, в которой биологические элементы становятся «кирпичиками» для сборки живых систем. Она уже меняет медицину, энергетику, сельское хозяйство и даже производство продуктов питания. Но вместе с огромными возможностями появляются и серьезные риски: от непредсказуемых мутаций до создания биооружия. Представьте микроорганизмы, которые вместо токсичных отходов производят лекарства, топливо или даже пищевые белки. Это не фантастика — синтетическая биология уже сейчас превращает бактерии и дрожжи в живые фабрики. Синтетическая биология основана на принципе модульного конструирования. Ученые берут за основу стандартизированные «биодетали» — фрагменты ДНК с заданными функциями (промоторы, гены, терминаторы), и собирают из них новые генетические схемы. Например, чтобы заставить бактерию производить лекарство, в ее ДНК встраивают:

- сенсорный модуль — реагирует на сигнал (например, изменение температуры);
- ген-переключатель — активирует нужные биохимические процессы;
- производственный модуль — содержит гены ферментов для синтеза целевого вещества.

Например, в 2006 году исследователи из Калифорнийского университета в Беркли модифицировали дрожжи, заставив их производить артемизинин — эффективное средство от малярии. Раньше его добывали из растения *Artemisia annua*, но процесс был долгим и дорогим. Теперь же дрожжи ферментируют сахар, превращая его в лекарство, что ускорило производство и существенно снизило стоимость препарата. Синтетическая биология давно вышла за рамки лабораторных экспериментов. Сегодня ее технологии работают на заводах, в медицинских учреждениях и даже на фермах. Вот

несколько проектов, которые уже реализованы или близки к внедрению в промышленность. Синтетическая бактерия – это микроорганизм, чей геном был частично или полностью создан или перепрограммирован методами синтетической биологии.



Картинка 1.

Еще один прорыв – биодизель из микроводорослей. Лаборатории в Японии и США модифицируют их геном, чтобы увеличить выход липидов. Например, проект компании Algenol в 2023 году достиг рекордных 40 000 литров биотоплива с гектара в год – втрое больше, чем у традиционных культур вроде рапса.



Картинка 2.

Мировой океан занимает более 70 процентов территории Земли, при этом 40 процентов его акватории считаются «сильно пострадавшими» от деятельности человека, в том числе от загрязнения, истощения рыбных запасов и потери прибрежных мест обитания живых существ.



Картинка 3.

Птица, покрытая нефтью, после разлива нефти в Черном море.

В результате деятельности человека в Мировой океан поступают разнообразные загрязнители, оказывающие вредное воздействие. Около 80 % загрязнителей поступают в океан с суши (напрямую или с речным стоком) или с атмосферными осадками, оставшиеся 20 % — с морских судов. Мировой океан загрязняется нефтью и нефтепродуктами, поступающими в него как в результате обычной деятельности по добыче и транспортировке нефти, так и в результате аварий, а также смываемыми с дорог. В результате деятельности человека в океан попадает широкий спектр растворённых в воде

загрязняющих веществ — пестициды, хлорорганические соединения (в том числе, диоксины), фенолы, тяжёлые металлы (в том числе такие опасные, как свинец, кадмий и ртуть), радиоактивные вещества. Опасность представляет и повышенное поступление в океан биогенных элементов (из сточных вод, а также в результате хозяйственной деятельности), что приводит к антропогенной эвтрофикации прибрежных районов. Ещё одна проблема — загрязнение твёрдыми коммунальными отходами, в том числе пластиковыми (включая микропластик) и загрязнение хозяйственно-бытовыми стоками, содержащими фекалии, урину, пищевые остатки и моющие средства. Также серьёзной угрозой считается подкисление морских вод в результате связанного с деятельностью человека увеличения концентрации углекислого газа в атмосфере. Загрязнение океана оказывает негативное воздействие на морские экосистемы. Кроме того, миграция загрязняющих веществ по пищевым цепочкам приводит к накоплению загрязнителей в рыбе и морепродуктах, что представляет опасность и для человека.

По мнению ученых из Комиссии по загрязнению и здоровью научного журнала Lancet, загрязнение мирового океана приводит к более чем 9 млн преждевременных смертей в год. В последние десятилетия морской континент подвергается сложным угрозам под воздействием изменения климата и антропогенного воздействия.



Картинка 4.

Формирование и эволюция морского биоразнообразия в этом районе тесно связаны с тектоническими процессами, палеоокеанической средой, изменениями климата и жизненными процессами. Эта инициатива имеет ключевое значение для выявления современных условий и тенденций

развития морского биоразнообразия. Используя современные океанографические инструменты, совместные экспедиции и междисциплинарные исследования, мы стремимся выявить как масштабные закономерности, так и сложные микровзаимодействия, которые определяют здоровье и функциональность морских экосистем на морском континенте. Мы стремимся найти практические решения для сохранения здоровья океана. Всемирный день океана отмечается 8 июня. Обычно в этот день проводятся мероприятия, посвященные защите морских экосистем, с участием экспертов и представителей директивных органов. Всемирный день океанов 2020 года прошел в виртуальном режиме, однако угрозы здоровью океана с каждым днем становятся все более реальными. **Карен Сэк** является президентом и генеральным директором неправительственной организации Ocean Unite, занимающейся вопросами охраны океанов. Несмотря на то что в настоящее время мы не можем собраться вместе, чтобы отметить Всемирный день океанов из-за глобального кризиса в области здравоохранения, сложившаяся ситуация должна придать нам еще больше решимости посвятить все силы защите и охране нашей голубой планеты. Здоровье океана критически важно для Земли и человека, поскольку он регулирует климат, обеспечивает кислород, пищу и поддерживает экономику. Основными угрозами являются загрязнение (особенно пластиковое), изменение климата (закисление океана), перелов рыбы и разрушение ареалов обитания. Для спасения океана необходимо снижать свой углеродный след, ответственно подходить к потреблению, сокращать использование пластика и поддерживать меры по борьбе с загрязнением, отмечает открытая школа устойчивого развития. Океаны поглощают углекислый газ и тепло, помогая нейтрализовать последствия глобального потепления. Более 3 миллиардов человек зависят от океанов как основного источника белка. Океаны вырабатывают значительную часть кислорода, необходимого для жизни на Земле.

- **Пластиковый мусор:** в океанах находятся миллионы тонн пластика, который не разлагается и наносит вред морским обитателям.

- **Химические отходы:** промышленные, бытовые и сельскохозяйственные стоки, а также разливы нефти и радиоактивные отходы загрязняют воду.

- Изменение климата:* поглощая избыточный углекислый газ, океаны закисляются, что негативно влияет на всю морскую экосистему.

- Чрезмерный вылов рыбы:* истощает популяции рыб и разрушает морские экосистемы.

- Разрушение ареалов обитания:* приводит к потере биоразнообразия.

Крупнейший водный объект, покрывающий 71% поверхности Земли и включающий всю морскую воду (за исключением двух внутренних морей, Черного и Каспийского). Мировой океан географически разделен на отдельные имеющие название части с границами, которые сложились с течением времени по ряду исторических, культурных, географических и научных причин. Исторически существует четыре имеющих названия океана: Арктический, Атлантический, Индийский и Тихий. Кроме того, большинством стран в настоящее время признан пятым океаном Южный (Антарктический) океан. Новая информация о здоровье океанов включает ускорение темпов его потепления вдвое за последние 20 лет, рекордное повышение температуры в 2023 году, а также сохраняющиеся угрозы из-за климатических изменений, загрязнения (мусор, химикаты, пластик), чрезмерного вылова рыбы и потери биоразнообразия. Согласно докладу ЮНЕСКО, темпы потепления океана удвоились за последние 20 лет, а 2023 год показал один из самых высоких приростов температуры с 1950-х годов. Океан является основным природным регулятором климата, поглощая около 30% антропогенного углекислого газа, но это также усиливает его потепление и негативно влияет на ледники и многолетнюю мерзлоту в полярных регионах. Океаны продолжают подвергаться загрязнению от химических отходов, нефти, пестицидов, ртути, удобрений и радиоактивных веществ. Сохраняются и усиливаются угрозы, связанные с потерей среды обитания и биоразнообразия, а также с чрезмерным выловом рыбы. Океаны влияют на здоровье человека через потребление морепродуктов, так как некоторые микроорганизмы могут вырабатывать токсины, загрязняя моллюсков. Океаны играют ключевую роль в регулировании погоды, производя кислород и перемещая питательные вещества по всему миру.

Современные методы распространения информации о здоровье океана включают использование технологий (спутники, дроны, ROV), научные исследования (буи, датчики, суда), создание образовательных программ и продвижение через СМИ и социальные сети. К методам сохранения относятся сокращение выбросов парниковых газов и уменьшение пластикового загрязнения, устойчивое рыболовство и очистка пляжей.

Спутниковая технология: позволяет оценивать состояние океана в реальном времени.

Дистанционно управляемые аппараты (ROV) и глубоководные аппараты: дают возможность исследовать океанские глубины и собирать данные.

Автономные плавучие приборы (буи) и датчики: собирают данные о качестве воды и состоянии поверхности моря.

Выводы

Синтетическая биология может как решить, так и усугубить проблемы здоровья океана: она может быть использована для создания новых способов очистки океанов от загрязнений, например, с помощью микроорганизмов, разлагающих пластик, а также для восстановления поврежденных экосистем, например, коралловых рифов. Однако неконтролируемое внедрение модифицированных организмов в морскую среду может привести к непредвиденным негативным последствиям, таким как вытеснение местных видов или создание новых, более опасных патогенов, что требует осторожного и ответственного подхода к исследованиям и применению. Создание бактерий и водорослей, способных разлагать пластик, нефтяные пятна и другие токсичные отходы в океане. Разработка генетически модифицированных организмов, которые могут помочь в восстановлении и укреплении уязвимых экосистем, таких как коралловые рифы, делая их более устойчивыми к повышению температуры воды и закислению. Создание новых видов белка, например, с помощью морских микроорганизмов, чтобы снизить нагрузку на традиционный промысел и обеспечить продовольственную безопасность для населения, зависящего от морепродуктов. Внедрение в морскую среду синтетических организмов может нарушить существующие пищевые цепочки и экосистемы, а также привести к появлению новых болезней или аллергенов. Может быть сложно контролировать распространение синтетических организмов в условиях необъятного океана, что увеличивает риск непреднамеренных и неконтролируемых последствий. Синтетическая биология предлагает инновационные решения для защиты и восстановления океана, но сопряжена со значительными рисками. Необходимо сбалансировать потенциальную пользу и вред, тщательно оценивая каждый проект и принимая во внимание необходимость строгих правил и международных норм для обеспечения безопасности и долгосрочного здоровья океана.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Synthetic biology approaches for marine microbial ecology and biotechnology.
2. Synthetic Biology and the Ocean: Opportunities and Challenges.
3. Synthetic Biology for Ocean Sustainability.

4. Microbial innovations for ocean sustainability.
5. **"Engineered marine microbes: synthetic biology approaches to address ocean challenges"** (2018) Авторы: S. R. Broderick, J. J. Church / Издательство: ACS Synthetic Biology.
6. **"Synthetic biology for marine science"** (2020) Авторы: V. de Lorenzo, A. Danchin, K. N. Timmis / Издательство: Environmental Microbiology.
7. **"Microbial synthetic biology for environmental applications in the ocean"** (2019) Авторы: E. Pollet, M. Hollenbeck, J. S. Weitz / Издательство: Current Opinion in Biotechnology.
8. Synthetic biology
9. Marine microbiology
10. Ocean health
11. Environmental biotechnology
12. Microbial engineering