

В.А.Иванов, В.П.Ястреб, Т.В.Хмара

Морской гидрофизический институт НАН Украины, г.Севастополь

ПРИЛОЖЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В МОРСКОМ РЕСУРСОПОЛЬЗОВАНИИ

Интенсивное освоение морских ресурсов связано с нарастающими темпами истощения ресурсов континентальных. Показаны общие черты и различия в освоении ресурсов суши и океана. Рассматриваются пути приложения научных достижений Морского гидрофизического института НАН Украины в решении ресурсной проблемы. Основные направления института связаны предупреждением рисков на стационарных морских платформах на шельфе Черного моря, связанных с экстремальными штормами и гигантскими волнами-убийцами. Вторая задача – оценка степени преобразования морской среды в результате потерь добываемого сырья при добыче, транспортировке, и переработке. Предложно разделить потоки ресурсов технологической утилизации и ресурсов, поддерживающих устойчивость морских систем.

подавляющее число специалистов и ученых к глобальным проблемам относят «проблемы, возникающие в результате развития общества, создающие угрозу всему человечеству и требующие для своего решения объединенных усилий всего мирового сообщества» [1]. Согласно классификации общепланетарных проблем выделяется группа преимущественно природно-экономического характера, которые наиболее часто ассоциируются с понятием «глобалистика». К ним относятся экологическая, ресурсно-сырьевая, энергетическая, Мирового океана и продовольственная проблемы [1].

Перечисленные выше глобальные проблемы представляют собой объект исследования для многих естественнонаучных, технических и социально-экономических научных направлений.

Специалисты утверждают, что в XXI в. тенденция интенсивного роста потребления почти всех видов минерального сырья продолжится. Только в предстоящие 50 лет мировое потребление нефти по прогнозам увеличится в 2 – 2,2 раза, природного газа в 3 – 3,2, железной руды в 1,4 – 1,6, первичного алюминия в 1,5 – 2, меди в 1,5 – 1,7, никеля в 2,6 – 2,8, цинка в 1,2 – 1,4 раза, потребление других видов минерального сырья возрастет в 2,2 – 3,5 раза. Такие темпы потребления минеральных ресурсов приведут к тому, что в ближайшие 50 лет объем горно-добывающих работ увеличится более чем в пять раз, главным образом, за счет эксплуатации новых месторождений, разведанных в пределах континентальной суши. По оценкам геологов, такие запасы минерального сырья ненадолго обеспечат растущие потребности человечества: нефти хватит на 40 лет, природного газа на 65, меди, никеля и олова на 30 – 35, свинца и цинка на 20 – 25, золота и серебра на 15 – 20 лет, и только запасы каменного угля могут обеспечить потребности мировой экономики более чем на 200 лет [2].

На фоне тревожной тенденции роста темпов потребления минерального сырья суши в последние десятилетия у ресурсопользователей заметно возрос интерес к идентичным ресурсам океанов и морей, до сих пор слабо втя-

© В.А.Иванов, В.П.Ястреб, Т.В.Хмара, 2008

нутых в мирохозяйственные процессы. Следовательно, потребности мирового хозяйства все в большей степени будут удовлетворяться за счет использования пространств и ресурсов Мирового океана. Уже в конце XX в. стоимость производства и услуг морского хозяйства стала сопоставимой с валовым национальным продуктом крупнейших постиндустриальных стран [3]. Особенно высокими темпами растет добыча нефти и газа на континентальном шельфе, грузооборот морского транспорта и круизное судоходство.

Освоение морских ресурсов имеет давнюю историю, преимущественно связанную с промыслом биологических ресурсов – лов рыбы, охота на морского зверя, добыча моллюсков и др. Положение существенно изменилось в XX в., когда добыча рыбных ресурсов достигла трети прироста рыбы. Возрастающее использование биологического потенциала океана стало переломом в эксплуатации ресурсов самого Мирового океана. Главным в этой эксплуатации становится извлечение минеральных ресурсов.

Начавшееся масштабное освоение ресурсов Мирового океана требует разработки принципиально новых «морских» технологий, существенно отличных от «континентальных» (табл.1).

Размещение природных ресурсов Мирового океана характеризуется определенными закономерностями, обусловленными планетарным процессом перемещения и трансформации вещества литосферы – океаническим седиментогенезом. Согласно циркумграничной зональности, выделяются два типа океанического седиментогенеза: приконтинентальный (шельфы и мелководные моря) и пелагический (глубоководная зона океана, моря). Приконтинентальная и пелагическая области являются самыми крупными комплексами фациального районирования океана [4].

На приконтинентальную (шельфовую) область с краевыми и внутренними морями, занимающую около 1 % поверхности Мирового океана, приходится 40 – 45 % всего осадочного материала, включающего в себя почти все геохимические, органические и минеральные компоненты. На рубежах суши и моря они представляют собой основу формирования подавляющего большинства полезных ископаемых осадочного происхождения. В настоящее время морские месторождения нефти, природного газа, угля и горючих сланцев приобрели крупное значение в мировой экономике, служат важнейшим резервом энергетических ресурсов Земли.

Географический анализ природной структуры Мирового океана также свидетельствует о том, что по ресурсному потенциалу и технологическим возможностям его следует разделять на шельфовую зону и мелководные морские водоемы и глубоководную зону океанов и морей. Геологическими и биологическими исследованиями доказано, что на континентальном шельфе сконцентрирована значительная часть биологических ресурсов океана. Шельф был и остается основным районом вылова рыбы, здесь расположены наиболее биопродуктивные площади океана, нерестилища большинства видов рыб.

Как результат современного процесса глобализации и целостности в освоении земной поверхности в контактных зонах (на границах) суши и Мирового океана возникают и развиваются портово-промышленные комплексы, свободные экономические зоны, курортно-рекреационные центры и др.

Т а б л и ц а 1 . Общие черты и различия освоения континентальных, морских и прибрежных ресурсов.

	освоение ресурсов суши	освоение ресурсов шельфа и мелководных морей	освоение глубоководной зоны океана (моря)
опыт	имеет богатый исторический опыт	исторический опыт масштабного освоения по сравнению с сушей невелик, составляет около 50 лет	находится на стадии преимущественно теоретических и экспериментальных исследований – технологии будущего
технологии	основу технологий добычи полезных ископаемых на суше составляет земная твердь	шельф и дно мелководных морей – продолжение континентальных структур под толщей морских вод до 200 м. Применяются т.н. морские технологии добычи природных ресурсов: стационарные основания эксплуатационных платформ применяли при глубине моря в пределах 365 – 457 м или с передвижных (судовых) буровых установок	основы глубоководных технологий заложены буровыми судами «Гломар Челленджер» и «Джойдес Резолюшн». Имеют преимущественно научное значение. Основания с тяжким донным креплением – в пределах 914 – 1524 м, современные плавающие эксплуатационные комплексы, управляющие донным промысловым оборудованием, могут работать при глубинах свыше 2400 м
научно-техн. база	наличие развитой научно-теоретической базы: теоретические основы происхождения минеральных ресурсов и закономерностей их территориального размещения; месторождения – «былые биосферы» (В.И. Вернадский)	научно-теоретическая основа такая же, что и на суше. Отличие: шельфы и мелководные моря представляют собой современные седиментационные ловушки – компоненты былой и современной биосферы: фосфаты, сапропелевые илы, от 7 до 15 – 17 % марганца, связанного в виде карбонатов, – прототипы марганцевых руд	перестройка геологических концепций от теории фиксизма к теории мобилизма. Образование минеральных ресурсов происходит за счет спрединга и магматизма: сульфидные руды, железо-марганцевые конкреции и корки, металлоносные осадки
георазведка	благоприятные условия, разведка проводится как визуально, так и с использованием инструментальных (контактных) и неконтактных (аэрофотосъемка и данные космических наблюдений) методов	включает в себя: грави- и магниторазведку, непрерывное сейсмоакустическое профилирование, магнитосъемку. Атмосферные процессы и процессы толщи вод регистрируются с помощью гидрометеорологические и гидрологические наблюдения. Космические наблюдения.	буровые работы, неконтактные методы: сейсмическое зондирование; контактные: измерение тепловых потоков на дне

Продолжение таблицы 1.

инфраструктура	освоение ресурсов суши развитая инфраструктура районов, трубопроводы, наземный и воздушный транспорт, склады и др.	освоение ресурсов шельфа и мелководных морей формируется и совершенствуется в районах добычи: транспортные и специальные (танкеры), их навигационное обеспечение, причалы, для морского и воздушный транспорта, средства связи с материком, смена вахт, силовые кабели, трубопроводы, платформы с жилыми и складскими помещениями	освоение глубоководной зоны океана (моря) прокладка силовых кабелей и трубопроводов, причалы на морских платформах, радиосвязь, навигационное обеспечение
----------------	---	--	--

В береговой зоне морей происходит наиболее интенсивное «наслаивание» результатов взаимодействия природных и социально-экономических процессов.

Роль и место Морского гидрофизического института НАН Украины в вопросах решения некоторых задач ресурсной проблемы. Из табл.1. видно, что освоение минеральных ресурсов недр морского дна и водной толщи характеризуется специфическими чертами, определяемые как «морские технологии». В отличие от континентальных методов освоения природных ресурсов, реализация морских технологий добычи минерального сырья проводится в чрезвычайно подвижной среде – толще морских вод, активно взаимодействующей с атмосферными процессами. В результате такого взаимодействия генерируется широкий спектр атмосферных и морских динамических процессов – синоптических (циклонов и антициклонов, атмосферных фронтов и связанных с ними ветров) и мезомасштабных (бризы, смерчи). Циклоны в контактной зоне суша – море, там, где производится переброска морских ресурсов на континент, вызывают сильные штормы, ведущие к абразии берегов, приводят к переформированию рельефа дна в прибрежной зоне, генерируют колебаний уровня моря, образуют мощные волноэнергетические течения. В прибрежных водах Северного и Северо-Западного Причерноморья и в Азовском море в суровые зимы происходят процессы льдообразования.

В контексте темы данной работы процессы взаимодействия атмосферы и океана рассматриваются как внешние условия при освоении морских ресурсов. Описание состояния (диагноз) и особенно развития (прогноз) метеорологических и гидрологических процессов в море представляет собой довольно сложную задачу. Их изучению посвящено множество специальных экспериментов и физико-математических аналитических и численных моделей. Решение этих задач находится в компетенции ученых института – физиков атмосферы и метеорологов, физиков моря и океанологов.

Особое внимание заслуживают наблюдения и прогнозы штормового волнения на акваториях, где производится добыча минеральных ресурсов. Опыт гидрометеорологических наблюдений на черно-

морском побережье и на акватории моря свидетельствует о том, что скорости распространения атмосферных синоптических образований и систем ветровых волн находятся в пределах 30 – 50 км/ч. Этот эмпирический опыт позволяет оперативно оповещать работающих на стационарных платформах и судах о надвигающейся опасности и принимать адекватные превентивные меры.

Известно, что минеральные ресурсы морского дна размещены преимущественно на шельфах, с глубинами от первых десятков до 100 м и на сравнительно большом удалении от побережья – от нескольких десятков до сотен км. Изъятие ресурсов из недр морского дна производится со стационарных сооружений (платформ) или специализированных судов. Опыт проведения таких работ свидетельствует о том, что при штормовых условиях работающие на них люди вместе с дорогостоящими материальными средствами, включая транспортную инфраструктуру – плавсредства, трубопроводы, причалы, береговые насосные станции, – подвергаются повышенному риску. Добавим к вышесказанному т.н. человеческий фактор – непреднамеренные ошибки персонала – аварии, пожары, относящиеся к техногенным рискам.

Таким образом, возникают вопросы практической реализации задач по предупреждению вероятных рисков, связанных с экстраординарными природными техногенными событиями: стихийные бедствия катастрофического характера, сопровождающиеся человеческими жертвами, а также большим экономическим, экологическим и социальным ущербом. Трудности решения этих задач обусловлены тем, что сила природных стихийных явлений часто плохо коррелирована с объемами нарушений в хозяйственной и социальной средах. Причина тому, по мнению В.А.Бокова [5], лежит в недостаточной изученности природных процессов. Отчасти поэтому дискуссионными, по-прежнему, остаются следующие вопросы: 1) является ли увеличение природных стихийных бедствий результатом антропогенного (техногенного) воздействия (вероятно, предполагается влияние глобального потепления) или результатом естественных циклов; 2) не является ли увеличение числа природных катастроф результатом, связанным с совершенствованием систем их регистрации [5].

Таким образом, решение ресурсной проблемы связано решением следующих задач:

- 1) принятие мер по преодолению тенденции истощения природных морских и континентальных ресурсов;
- 2) снижение природных и техногенных рисков в районах добычи морских ресурсов путем своевременного оповещения о природных гидрометеорологических явлениях катастрофического масштаба;
- 3) преобразование морской среды после аварий на месте добычи морских ресурсов, катастроф морских судов, транспортирующих морские ресурсы к потребителям.

Пути решения первой задачи:

- 1) комплексные научные и научно-технические исследования по освоению природно-ресурсного потенциала;
- 2) компенсация уменьшения запасов и снижения качества ресурсов разработкой более эффективных технологий и использованием новых видов замещающих ресурсов, что позволит постоянно расширять производство и

обеспечивать в целом опережающий рост ресурсного обеспечения.

Пути решения второй задачи:

- 1) сбор и систематизация архивных данных о гидрометеорологических явлениях катастрофического характера;
- 2) организация и проведение мониторинга метеорологических и гидрологических процессов на стационарных платформах контактными методами;
- 3) организация неконтактных методов оперативного контроля состояния гидрометеорологической обстановки и краткосрочный прогноз на основе сочетания традиционных методов прогноза и уточняющих данных наблюдений береговых дистанционных средств – сети метеолокаторов и данных космических наблюдений.

Пути решения третьей задачи:

- 1) разработка геоэкологической концепции морского ресурсопользования;
- 2) изучение вещественно-энергетических ресурсов поддержки структуры и функционирования морских геоэкосистем;
- 3) реализация идеи ресурсных циклов – квазизамкнутых круговоротов, используемых человеком материалов по типу ресурс – отход – ресурс.

Результаты многолетних экспериментальных и теоретических исследований Морского гидрофизического института НАН Украины приложимы к решению второй и третьей задач, чем и определяется вклад МГИ в решение ресурсной проблемы. Для решения задачи раннего оповещения и предупреждения природных и техногенных рисков в районах добычи морских ресурсов МГИ обладает необходимым набором эффективных средств. Это, прежде всего, методы оперативного космического мониторинга, современные приборы для измерения характеристик морской среды непосредственно в акваториях освоения ресурсов моря, апробированные методы диагностического и прогностического моделирования природных и антропогенных катастрофических явлений на море.

Раннее оповещение и предупреждение природных и техногенных рисков в районах добычи морских ресурсов. Для оценки надежности безопасности шельфовых морских гидротехнических сооружений необходимо применение системного подхода, что вызвано существенным многообразием случайных факторов, определяющих надежность или ненадежность объекта. Стратегия снижения рисков до минимального уровня предполагает еще на стадии проектирования разрабатывать гидротехнический объект как природно-технический комплекс. При этом должна быть предусмотрена возможность возникновения отказа оборудования, различная степень надежности отдельных элементов системы и т.п. Системный подход дает принципиальную возможность получить единую количественную оценку надежности гидротехнического объекта как вероятности выполнения ряда функций и условий безопасной эксплуатации.

Морские стационарные платформы являются в настоящее время уникальными объектами проектирования и строительства, как по своей конструкции, так и по природным условиям мест размещения. Поэтому украинские действующие нормы и правила не вполне применимы к ним [5].

Оповещение и предупреждение о чрезвычайной гидрометеорологиче-

ской ситуации строится поэтапно. Первый этап – анализ природных условий и внешних воздействий. Прогнозы погоды выступают как постоянно генерируемые информационные ресурсы в системе «погода – прогноз – потребитель» или, проще, в системе «погода – общество». Однако метеорологические ресурсы – погода и климат – пока не получили должной государственной оценки в программах регионального развития страны. Экстремальные явления погоды продолжают рассматриваться, в основном, с точки зрения реагирования на них как на свершившийся факт, требующий принятия мер по ликвидации их последствий. Если же учесть, что на ликвидацию последствий экстремальных условий погоды ежегодно расходуются значительные средства, то это не может не отражаться на социально-экономическом развитии страны, не затрагивать национальных интересов государства.

Второй этап – использование вероятностной модели, основанной на представлении надежности как вероятности сохранения во времени способности к выполнению требуемых функций в заданных режимах и условиях эксплуатации сооружения. При этом расчетные схемы, положенные в основу расчетных оценок работы системы «платформа – водная толща – грунтовое основание», разрабатываются с учетом наиболее существенных факторов, определяющих характер взаимодействия фундаментной части платформы с грунтом [6].

Таким образом, со всей очевидностью сформировалась проблема – как с высокой долей вероятности обеспечить гидрометеорологическую безопасность освоения морских пространств (мореплавание) и освоения морских ресурсов? При этом гидрометеорологическая безопасность должна определяться как степень защищенности морского хозяйства страны – экономики, людей, работающих в морских условиях, их жизненно важных интересов – от возможного негативного воздействия опасных гидрометеорологических явлений, неблагоприятных, прежде всего, экстремальных условий погоды и их последствий [6].

В мировой практике за последние 50 лет при освоении шельфовых месторождений используются различные типы конструкций стационарных платформ: гравитационные железобетонные и стальные, ферменные на свайном фундаменте, полупогружные на натяжных тросах и др. В мире уже накоплен достаточно большой опыт проектирования, строительства и эксплуатации морских нефтегазопромысловых сооружений, разработан ряд нормативных документов, регламентирующих их проектирование [6].

По природно-климатическим, батиметрическим, инженерно-геологическим, сейсмическим и другим условиям шельф Черного моря отличается рядом особенностей:

- небольшие глубины (менее 100 м), способствующие нелинейной трансформации волн, что ведет к существенному повышению волновых нагрузок;
- высокий уровень сейсмичности на шельфе Южного берега Крыма;
- удаленность от строительных баз;
- круглогодичная продолжительность навигационного периода, благоприятного для транспортировки, сборки и установки платформ;
- сложные условия для проведения работ, сопутствующих установке платформ;
- тяжелые (с точки зрения нагрузок и воздействий) условия функцио-

нирования нефтедобывающих сооружений.

Одним из частых и энергетически мощных морских динамических процессов является штормовое волнение с экстремально высокими амплитудами, которое называют иногда «классическим» [7]. Длительный опыт наблюдений за морским волнением свидетельствует о том, что «классические» жестокие штормы могут оказывать существенное негативное влияние на все составляющие звенья (морского) технологического процесса по освоению разнообразных ресурсов. В частности, штормовые условия снижают навигационные возможности транспортных плавсредств, осуществляющих смену вахт, швартовку к причалам платформ, доставку жизнеобеспечивающих средств на автономные платформы.

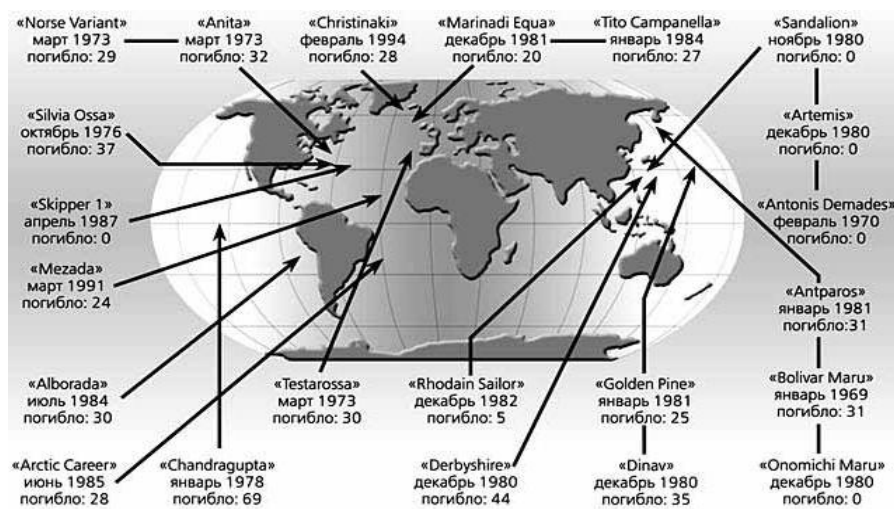
Тем не менее, ураганные ветры и жестокие штормы не представляют особой проблемы, поскольку их вероятность может быть предсказана [8]. При общепринятых стандартах безопасности допустимым считается превышение расчетных нагрузок 1 раз в 25 лет для морских судов и 1 раз в 100 лет для стационарных морских сооружений, например, морских платформ. Соответственно, допустимая вероятность встречи с «классическими» волнами аномально больших амплитуд при проектировании принимается равной $10^{-4} - 10^{-5}$ (один инцидент за 10 – 100 тыс. лет) [8].

Бурное развитие космических и информационных технологий последних лет позволило получить неопровержимые свидетельства, подтверждающие существование гигантских «волн-убийц» в океане. География распространения, частота появления и большая разрушительная способность гигантских волн могут в корне изменить подходы к стандартам безопасности строительства и эксплуатации морских нефтяных платформ и танкеров.

История мореплавания свидетельствует, что волны-убийцы способны нанести огромный материальный ущерб, катастрофические последствия. Только за 25 лет (1969 – 1994 гг.) в Тихом и Атлантическом океанах при встрече с волнами-убийцами были потеряны или серьезно повреждены 22 супертанкера, при этом погибли 525 человек. 12 аналогичных случаев было зарегистрировано в Индийском океане [9]. По данным агентства Ллойда, с 1973 по 1989 гг. потерпели крушение 495 танкеров, из которых 86 водоизмещением более 100 тыс. т, при этом в 25,6 % случаев причиной аварий была штормовая погода (рис.1).

Морские нефтяные платформы также подвержены риску воздействий аномальных волн. Эксперты полагают, что именно волна-убийца разрушила буровую вышку компании *Mobil Oil* в районе Большой Ньюфаундлендской банки в 170 милях от порта Сент-Джонс (Канада) 15 февраля 1982 г. гигантская волна разбила иллюминаторы и затопила пульт управления, после чего вышка перевернулась и затонула, унеся жизни всех 84 буровиков. В 1995 г. плавучая буровая «Веслефрик В» компании *Statoil* была серьезно повреждена волной-убийцей. Прочный корпус морской платформы «Шихальон» (компания *BP Amoco*), конструкция которой по расчетам должна была выдерживать удары стихии при скорости ветра 130 км/ч, был сильно поврежден волной, наблюдавшейся 9 ноября 1998 г. при скорости ветра 110 км/ч.

Недавно Европейское космическое агентство (*ESA*) подготовило доклад, в котором утверждается, что волны-убийцы встречаются в океане значитель-



Р и с . 1 . Статистика встреч супертанкеров с волнами-убийцами [10].

но чаще, чем это предполагалось ранее. Этот вывод, подтвержденный независимыми измерениями волн в Южной Атлантике [9], может в корне изменить подход к стандартам безопасности строительства и эксплуатации морских нефтяных платформ и танкеров. По мнению известного норвежского эксперта С.Хавера [11], высота волны-убийцы может на 10 – 20 % превышать порог, заданный статистическими данными о волнении, который учитывается при строительстве нефтяных платформ. Еще более категорично высказался авторитетный британский эксперт в области судостроения Д. Фолкнер, утверждая, что часто используемые при постройке судов критерии экстремальной высоты линейной волны в 10,75 м и максимальной нагрузки в 26 – 60 кН/мм² совершенно неадекватны и не обеспечивают безопасность на море в условиях воздействия катастрофических волн.

Волны-убийцы стали предметом внимания для многих международных организаций, занимающихся проблемами безопасности судов и морских сооружений, таких как *International Association of Classification Societies* [12]. Технические нормы и стандарты безопасности, разрабатываемые этими организациями, носят, как правило, рекомендательный характер для соответствующих национальных институтов. Вместе с тем, некоторые национальные организации в последние годы пересматривают свои подходы к проблемам безопасности в море и переходят от стандартов «наиболее вероятная опасность» к стандартам «возможный риск» [13]. Комитет по науке и технологиям Палаты Лордов Великобритании принял решение «следовать по мере возможности, прежде всего, эксплуатационным (в расчете на максимально возможные эксплуатационные нагрузки – прим. авт.) стандартам, но не предписывающим (основанным на прецеденте – прим. авт.)».

С появлением возможности инструментальной регистрации волн-убийц в последние 10 – 15 лет поведено огромное число исследований. В России и Украине над этой проблемой активно работает несколько групп, в том числе в Морском гидрофизическом институте НАН Украины [14], Институте прикладной физики РАН и Институте океанологии РАН.

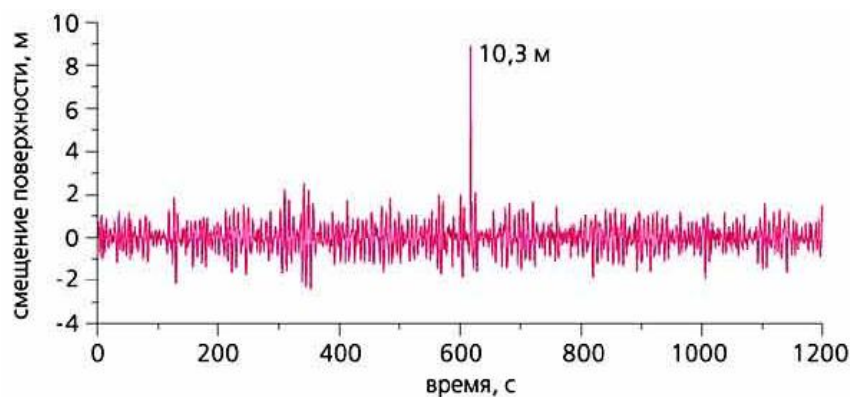
Недавние исследования показывают, что вероятность появления «неклассических», «настоящих» волн-убийц («rogue wave», англ. – волна-разбойник) при этом может быть на порядок выше (1 инцидент в 1000 лет). В связи с этим предлагается пересмотреть существующие критерии безопасности судов и сооружений. Такие критерии не могут быть получены по данным наблюдений. Вряд ли, кто-то располагает экспериментальными записями регистрации волн длиной хотя бы 1000 лет. Основой могут служить либо теоретические модели, либо альтернативные методы наблюдений волн-убийц, прежде всего, спутниковые, позволяющие получать данные высокого качества на больших акваториях.

В [10] утверждают, что аргументировано говорить о высоких волнах стало возможным тогда, когда с помощью буев или стационарных высотомеров начали вести записи последовательных измерений смещения поверхности воды. Наиболее интересны случаи внезапного возникновения высоких волн, значительно превосходящих окружающие. Пример такой записи (рис.2), сделанной у побережья Геленджика в Черном море, демонстрирует максимально известное усиление волны по отношению к среднему уровню: $A = H/H_s \sim 3,9$.

Высокую долю риска несет в себе обрастание стационарных гидротехнических сооружений. Оно приводит к резкому росту сопротивления волновым нагрузкам, что, в конечном счете, может привести к аварийной ситуации. Особенно актуальна проблема обрастания опор нефтедобывающих платформ в связи с интенсификацией добычи нефти и газа на континентальном шельфе Украины.

Опыт освоения морских ресурсов свидетельствует, что увеличение числа разведочных и эксплуатационных морских стационарных платформ на морском шельфе сопровождается учащением случаев аварий на них. Одной из причин таких аварий в открытом море может послужить повреждение их опор биообрастанием. Массовое развитие обрастания создает следующие непредвиденные биопомехи эксплуатации платформ [15]:

1. Возникновение дополнительной нагрузки на опоры от постепенно возрастающей массы обрастания. При средней биомассе обрастания 20 кг/м^2 общая биомасса обрастания одной опоры на глубине от поверхности до 50 м составляет не менее 3 т.



Р и с . 2 . Временная запись аномально высокой волны в Черном море, полученная 22 ноября 2001 г. [10].

2. Возрастание сопротивления опор волновым нагрузкам. Известно, что увеличение шероховатости подводной части судна всего на 25 мкм повышает сопротивление его движению на 2,5 %, сплошное обрастание балянусами с диаметром домика 25 – 30 мм вызывает потери скорости хода до 4 узлов, что составляет 30 % от номинала. На платформе со сроком эксплуатации более 2-х лет степень обрастания является очень сильной, и сопротивление опор волновым нагрузкам возрастает не менее чем на 50 %.

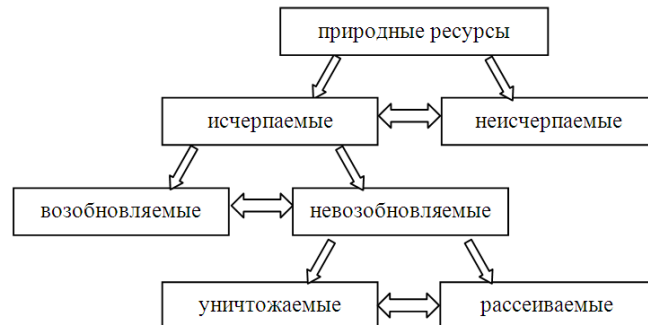
3. Невозможность обнаружения дефектов элементов конструкции опор, скрытых под сплошным слоем обрастания при проведении операций контроля их технического состояния с использованием подводно-технических средств. При сильной степени обрастания невозможно выявить такие дефекты, как «наружные трещины в элементах конструкции», «наличие поврежденных элементов», «участки активной коррозии» и т.п. Более сложные методы контроля (ультразвуковой, радиографический, магнитных частиц) требуют тщательной зачистки поверхности или опасны для здоровья персонала.

Таким образом, обрастание опор морских стационарных платформ представляет собой достаточно серьезную опасность и при длительной эксплуатации может способствовать возникновению аварийной ситуации.

Преобразование морской среды при освоении минеральных ресурсов. Расширение сферы хозяйственной деятельности и нарастающие темпы освоения морских ресурсов привели к преобразованию океанской среды на планетарном масштабе. Имеющиеся данные о загрязнении Мирового океана в целом и его региональных подразделений позволяют предположить, что решение этой проблемы с помощью используемых в настоящее время технологий, основанных на потреблении морских ресурсов, неприемлемо. Одним из путей решения рассматриваемой проблемы является квотирование потребления ресурсов. Однако уже сейчас становится понятным, что ресурсные ограничения на основе новейших технологий и замещающих ресурсов оказываются менее востребованными, чем экологические ограничения, требующие сохранения параметров природной среды, в том числе и ее океанской составляющей [3].

Рассмотрим проблему в геоэкологическом аспекте, объединяющем проблемы антропогенного изменения состояния и функционирования природных компонентов, структуры геохимических циклов, термодинамических параметров геоэкоферы, снижения устойчивости геоэкосистем.

В 70 – 80-х гг. идея «встраивания» промышленных и аграрных технологий в естественный круговорот вещества и энергии в геоэкофере получила поддержку известных биологов, химиков и геологов (Камшилов, 1970; Ласкорин, 1973; Шварц, 1976; Сидоренко, 1984). По существу в это время и был сформулирован основной принцип экологической безопасности, согласно которому преодоление экологических ограничений на рост промышленного и аграрного производства может быть обеспечен путем встраивания производственного процесса в естественную структурно-функциональную организацию процессов в геоэкофере. Ключевым в данной формулировке является слово «встраивание», указывающее на способ подчинения хозяйственной деятельности общим законам функционирования и развития геоэкоферы. Но тут же возникает вопрос: каким образом можно организовать



Р и с . 3 . Классификация природных ресурсов [17].

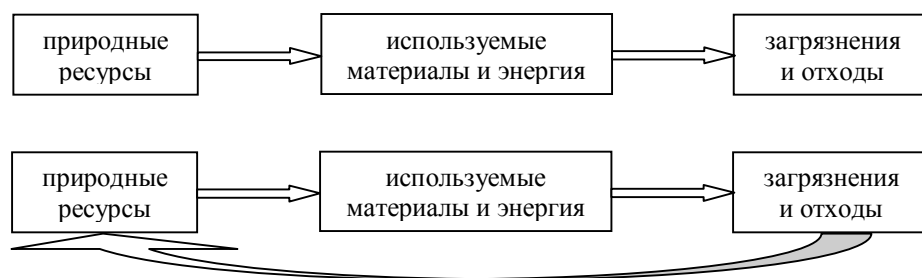
сопряжения антропогенных и естественных процессов энергомассообмена без нарушения геоэкосферы и при сохранении в допустимых пределах жизненно важных параметров состояния природной среды?

На наш взгляд, общепринятая трактовка понятия «ресурсы» слишком утилитарна. Например, в приложении к океану ресурсы формулируются как «...природные вещества, элементы и виды энергии, которые служат средствами существования человеческого общества, добываются непосредственно из вод, прибрежной суши, дна и недр океанов и морей промышленной переработки, выработки энергии и других целей» [16]. Очевидна превалирующая антропогенная составляющая в использовании природных ресурсов.

В классификации природных ресурсов (рис.3) до недавнего времени выделяли два наиболее крупных подразделения: исчерпаемые и неисчерпаемые. Исчерпаемые разделяются на возобновляемые и невозобновляемые, а последние делились на уничтожаемые и рассеиваемые [17].

В рамках представленной выше классификации применяется традиционная структурная схема технологий (рис.4).

Между тем понятие «ресурсы» носит универсальный характер. В словарях это понятие трактуется следующим образом: «Ресурсы – от франц. *ressource* – вспомогательное средство». Отсюда широкий набор производных понятия «ресурсы»: технические ресурсы, информационные ресурсы, образовательные ресурсы, и др. Очевидно, что функционирование природно-акваториальных систем требует ресурсной поддержки. В таком случае природные системы можно рассматривать как «природные фабрики». В них эффективно усваивается вещество и энергия, а излишки этих субстанций, которые



Р и с . 4 . Традиционная структурна схема технологий ресурсных циклов [17].

можно рассматривать как загрязнение геоэкосистемы, либо выводятся из системы во внешнюю среду, либо в процессе седиментации откладываются в резервуары, которые чаще всего представлены донными отложениями в водоемах. По прошествии определенного отрезка геологического времени в результате диагенеза они преобразуются в природные ресурсы утилитарного типа: нефть, газ, строительные материалы и др.

В какой-то мере идея встраивания производства в естественный круговорот реализуется концепцией рационального ресурсопользования на основе идеи ресурсных циклов, выдвинутая И.В.Комаром (1975). Под ними здесь понимаются квазизамкнутые круговороты используемых человеком материалов по типу ресурс – отход – ресурс. В результате добычи и последующей эксплуатации все ресурсы рано или поздно превращаются в отходы, которые вновь полностью или частично восстанавливаются обратно в ресурсы посредством природных и антропогенных механизмов (рис.4).

Одним из наиболее утилизированных видов водных ресурсов в современном производстве является речной сток. По существу в таких условиях любая значительная по масштабам хозяйственная акция прямо или косвенно приводит к изменению характеристик стока. В силу этих и других причин современный речной сток представляет собой один из наиболее трансформированных видов ресурсов. В то же время в планетарном масштабе речной сток, представляющий собой элемент глобального круговорота воды, можно рассматривать как возобновляемые ресурс. Однако на региональном уровне речной сток зависит от степени увлажненности речного бассейна. В зонах недостаточного увлажнения интенсивное использование речного стока для хозяйственных нужд претерпевает существенные изменения водного баланса.

В настоящее время среди антропогенных факторов, воздействующих факторов на речной сток, особенно выделяются: изменение подстилающей поверхности водосборного бассейна, создание аккумулирующих резервуаров, непосредственное, в том числе и безвозвратное, использование поверхностного и подруслового стока для производственных целей и, наконец, сброс отходов хозяйственной деятельности. Последнее приводит к ухудшению качества водных ресурсов. В современных условиях к гидрографической сети бассейна р.Дон «подключено» огромное количество разномастных гидротехнических объектов, совокупное влияние которых на сток огромно. К ним в первую очередь относятся 130 водохранилищ сезонного и многолетнего регулирования общей площадью 5500 км² и суммарным объемом 37 км³, мелкие искусственные водоемы (в бассейне Дона их площадь достигает 500 км² [18], различные низко напорные гидроузлы, многочисленные ирригационные, промышленные и коммунальные водозаборы, сборные коллекторы, магистральные каналы для внутри- и межбассейновых транспортировок стока (Днепр-Донбасс, Донской, Невинномысский и др.).

Зарегулирование стока ведет к перераспределению водных ресурсов на нужды природы и хозяйственную деятельность. В результате недостатка ресурсной поддержки приводит к перестройке гидролого-гидрохимического режима морских геоэкосистем – конечных звеньев стока, что, в конечном счете, ведет к их деградации.

Сейчас становится все более очевидным, что неисчерпаемых ресурсов, к которым относили ресурсы космического масштаба (энергия Солнца, приливов), не существует, поскольку имеются жесткие ограничения на квоты из потребления. Например, в настоящее время потребление энергии человеком составляет 6×10^{-5} % от общего потока солнечной радиации на Землю. Казалось бы, этот вид энергетических ресурсов практически неисчерпаем, и по мере разработки новых технических средств энерговооруженность общества в будущем может быть, по крайней мере, на 2 – 3 порядка превышать энерговооруженность современной цивилизации. Однако ошибочность таких взглядов легко увидеть при анализе распределения потока солнечной энергии по видам работы совершаемой в геосферно-биосферной системе (табл.2). Все, происходящее в геобиосфере, есть проявление сопряжения различных про-

Т а б л и ц а 2. Потоки энергии у земной поверхности [20].

виды мощности	Мощность	
	ТВт	доля, %
мощность солнечной радиации и ее распределение:	$1,7 \times 10^5$	100
поглощение атмосферой и земной поверхностью	10^5	69
поглощение земной поверхностью	8×10^4	46
расход на испарение	4×10^4	24
явные турбулентные потоки тепла	$\sim 10^4$	7
Перенос тепла с экватора к полюсам:		
атмосферой	3×10^3	3
океаном	2×10^3	2
поглощение сушией	2×10^4	13
мощность испарения:		
сушей (эвапотранспирация)	5×10^3	3
растениями (транспирация)	3×10^3	2
ветровая мощность (мощность диссипации ветровой энергии)	2×10^3	1
мощность океанских волн (мощность диссипации волновой энергии)	10^3	0,6
мощность фотосинтеза	10^2	0,06
гравитационная мощность падения всех осадков	10^2	0,08
гидромощность рек (падение стока всех рек с высоты 300 м)	3	2×10^{-3}
другие виды возобновимых мощностей:		
геотермальная	30	0,02
вулканов и гейзеров	0,3	2×10^{-4}
приливная	1	6×10^{-4}
лунного света, падающего на Землю	0,5	3×10^{-4}
современное мировое энергопотребление человечества	10	6×10^{-3}
антропогенное усиление парникового эффекта	10^3	0,6

цессов в рамках действующей формы структурно-функциональной организации внешних геосфер Земли. Поэтому любое существенное изменение, например, одной даже не самой важной статьи энергетического баланса не может не сопровождаться изменением энергетической структуры геобиосферы.

В связи с этим интересными представляются расчеты геолога-геохимика В.С.Савенко [21]. В своих расчетах он исходит из того, что человечеству удалось увеличить современный уровень энергопотребления в 10 раз за счет энергии солнечного излучения, т.е. довести его до величины 10 ТВт/год. При весьма оптимистической величине общего коэффициента полезного действия до 10 % и средней плотности потока солнечной радиации у земной поверхности 150 Вт/м² год, площадь земной поверхности, необходимая для размещения производящей энергию установки, составит 6,7 млн. км², или 4,5 % от площади всей суши. Радикальное изменение структуры энергетического баланса на 4 – 5 % территории суши не может не сопровождаться существенными изменениями потоков вещества и энергии, в частности климата. Несмотря на кажущуюся неисчерпаемость солнечной энергии, ее ресурсы вполне сопоставимы с потребностями современной цивилизации. На основании этих рассуждений В.С.Савенко делает заключение: «...солнечная энергия должна быть отнесена к исчерпаемым ресурсам с ограниченным лимитом потребления для данной формы структурно-функциональной организации процессов в биосфере. Переход к иной форме организации может кардинально изменить допустимый уровень потребления тех или иных видов природных ресурсов, но никогда не сделает их неисчерпаемыми» [21].

Таким образом, утилизация ресурсов современной геобиосферной системы разделена на два потока. Один поток обеспечивает функционирование тонкого приземного слоя геозкосферы (ресурсы природы), второй – функционирование техноагросферы (природные ресурсы). Очевидно, что рост природных (техносферных) ресурсов с сопутствующими отходами (загрязнениями) осуществляется за счет (геозкосферных) ресурсов природы. Соотношение потребляемых мировым сообществом природных ресурсов к ресурсам природы может рассматриваться как оценка глубины развития регионального или глобального экологического кризиса.

Украина – морская держава. Существует мнение о том, что геополитическая и геоэкономическая роль государств оценивается их экономико-географическим положением стран по удаленности от Мирового океана. П.Н.Савицкий [23] обосновывает это положение издержками международных перевозок (тарифы) на континенте зависят от вмешательства государства и существенно изменяются от его экономической политики. Приокеанские (приморские) страны в процессах международного обмена в гораздо меньшей степени зависят от расстояния, чем континентальные [22]. «...Океан един. Континент раздроблен. И поэтому единое мировое хозяйство неизбежно воспринимается как хозяйство океаническое, и в рамках океанического обмена неизбежно поставляется (участвует) каждая страна и каждая область мирового хозяйства» [22, с.400] (цитата взята из [3]).

В качестве критерия стран с благоприятным океаническо-географическим положением П.Н.Савицкий используется показатель их отстояния от

моря не превышающим 600 км. В свою очередь автор [23] в качестве аргумента в пользу преимуществ экономико-океанического положения стран приводит положение известного британского историка А.Тойнби, который считает «использование Океана вместо Степи в качестве основного средства всемирной коммуникации...» революционным изобретением Запада. «Передвижение по Океану позволило Западу объединит весь обитаемый мир» [22].

Бесспорно, морская составляющая страны всегда, а сегодня особенно, играет исключительную роль в обеспечении национальной оборонной, экономической и энергетической безопасности и формирования многомерного коммуникационного каркаса государства.

Черное море сравнительно небольшой морской водоем, представляет лишь 1/853 часть площади всех морей и океанов планеты. Зато площадь водосборного бассейна Черного моря с реками двух континентов – Европы и Азии составляет около 2500000 км², что позволяет определить его как наибольший бассейн дренажа в мире, в пять раз больший, чем само море и затрагивает почти треть континентальной Европы, включая столь отдаленные государства как Германия и Белоруссия. В густонаселенной прибрежной зоне Черного моря проживают более 16 млн. горожан. В целом, на функционирование Черного моря влияют действия приблизительно 165 млн. человек. Крупнейшая концентрация торговых портов в Восточной Европе, относительно развитая инфраструктура, близость европейского и ближневосточного рынков создают благоприятные предпосылки для интеграции Украины в мирохозяйственной интеграции.

Береговая линия Украины в Черном море среди причерноморских государств довольно большая – 1330 км. По этому показателю ее превосходит только Турция. А с учетом береговой линии Азовского моря, входящей в юрисдикцию Украины, ее суммарная площадь превышает 1500 км.

В связи с этим, чрезвычайно важными для Украины оказались изменения международно-правового режима в Мировом океане, особенно во второй половине 70-х гг. – введение большинством приморских государств рыболовных и экономических 200-мильных зон, благодаря чему усилился регионализм в развитии морского хозяйства. Приоритетными стали проблемы освоения природных ресурсов в пределах национальных территориальных вод, континентального шельфа и экономической зоны. Особенно это стало актуальным в связи с возросшими потребностями страны в топливно-энергетических ресурсах.

Морское хозяйство Украины. В настоящее время в украинском секторе Азово-Черноморского бассейна имеется перечень видового состава природных ресурсов моря и предварительно оценен ресурсный потенциал и разведанные ресурсы – минеральные, химические, энергетические, биологические, а также их размещение в пределах экономической зоны [24].

Очевидно, что природные ресурсы, в том числе и морские, включаются в группу взаимосвязанных отраслей и производств, обеспечивающих контактные и ресурсные функции (внешнюю торговлю, эксплуатацию природных ресурсов, судостроение, туризм и др.); с социально-производственной инфраструктурой, расположенной преимущественно в береговой зоне морей.

К минеральным ресурсам моря принято относить все вещества, которые

можно извлечь из морской воды, со дна и из недр морского дна.

Морская вода – неистощимый и наиболее доступный источник минеральных ресурсов. В ней растворены соли натрия, калия, кальция, хлора, серы, брома, бора и вещества, содержащиеся в малых количествах, – различные микроэлементы.

На морском дне располагаются минеральные ресурсы, образовавшиеся в результате процесса осадконакопления. Среди них промышленное значение приобретают ценные минералы, разрабатываемые в зоне пляжа и прибрежных частях моря, на глубинах до нескольких десятков метров. Они образуются из продуктов размыва берегов или речных наносов при активной деятельности волн, которые уносят легкие частицы и оставляют на дне тяжелые минералы. С точки зрения ресурсных задач эти процессы представляют собой природные обогатительные фабрики. На шельфе Каламитского залива обнаружены поля железо-марганцевых конкреций.

Морские нефтегазовые промыслы размещены на шельфе Черного моря и в недрах дна мелководного Азовского моря. Добыча нефти в море ведется до глубин 100 м и лишь в отдельных районах несколько превышает их. Освоение морских нефтегазовых месторождений, включая разведку, добычу, хранение, транспортировку нефти и газа осложнено работой на воде и под водой, имеет свою специфику, которая отражается на экономических показателях.

Украина добывает на своей территории только 20 млрд. м³ газа из почти 80 потребляемых. С нефтью ситуация еще хуже. Поэтому разработка новых месторождений нефти и газа в глубоководной части шельфа Черного моря является приоритетной задачей.

По оценкам экспертов, 85 % запасов углеводородов на шельфе Черного моря составляет природный газ. К 2015 г. в Министерстве топлива и энергетики планируют довести объемы извлекаемого природного газа из морских месторождений до 10 млрд. м³. Однако в 2004 г. с шельфа Черного моря было получено лишь 1,1 млрд. м³ газа, а в прошлом году «Черноморнафтогаз» – единственная государственная компания, которая занимается освоением нефтегазовых ресурсов отечественного шельфа, – добыла немногим больше 1,25 млрд. м³.

Такая впечатляющая разница между большими планами и столь незначительными теперешними показателями объясняется тем, что основная часть запасов углеводородов находится на глубинах свыше 80 м. Эта отметка является пределом глубины добычи ресурсов для отечественной нефтегазовой промышленности. К тому же бюджетных средств, направляемых на выполнение госзаказа по получению прироста добычи нефти и газа, не хватает даже на ежегодные плановые поисково-разведывательные работы. Поэтому в Министерстве топлива и энергетики считают: чтобы кардинально улучшить освоение углеводородных ресурсов глубоководного шельфа, необходимо привлечь значительные иностранные инвестиции и задействовать высокие технологии. Иначе в обозримом будущем такие месторождения будут оставаться законсервированными из-за отсутствия в Украине соответствующего оборудования и финансовых средств.

В отличие от Российской Федерации геоэкономическая модель независимой Украины имеет принципиальные отличия. Если в России открытая

экономика представлена в первую очередь экспортом энергетических ресурсов, то в Украине экспортом транспортных услуг. Мировой и отечественный опыт свидетельствует, что транзитные нефтяные и газовые магистрали и торговый флот несут серьезные геоэкологические риски вследствие морских катастроф, утечки нефти и газа и продуктов их переработки и др.

Украина имеет протяженную береговую зону, которая используется для импорта и транзита нефти через морские терминалы, а также пролегающие через ее территорию кратчайшие пути перевозки нефти. Имеющаяся разветвленная отрасль нефтепроводного транспорта перекачивает до 70 млн.т/год нефти. В пределах приморской зоны Украины расположено 29 городов и 40 поселков городского типа, крупные порты и сооружения. В их число входят: нефтетерминалы в портах Рени (до 8 млн. т/год перегрузки), Ильичевск (до 5 млн. т/год), Одесса (до 20 млн. т/год), Южный (до 9 млн. т/год), Севастополь (до 5 млн. т/год), Феодосия (до 2 млн. т/год), Керчь (до 10 млн. т/год) (рис.5) [25].

Как показывает статистический расчет количества аварийных разливов в портах Украины за период 1970 – 2000 гг. (рис.6), причинами разливов нефти являются нефтеперевалочные операции (0,4 – 12%), 82 – 88 % происходит в результате аварий. Причины большинства инцидентов (около 78 – 80 %) определены как неправильные действия и ошибки обслуживающего персонала, т.е. «человеческий фактор». Уменьшение годового количества крупных разливов нефти в Черном море с 1970 по 2000 гг. связано с учетом новых конвенционных требований: двойные борты, изолированные балласты, деление танкера на отсеки. Соответственно падение судоборота судов.

В морской среде нефть и нефтепродукты претерпевают ряд физических и биохимических процессов: испарение, эмульгирование, растворение, окис-

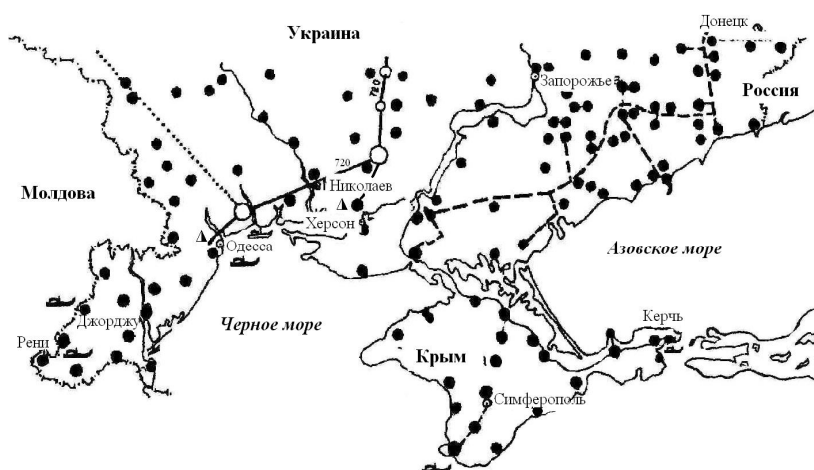
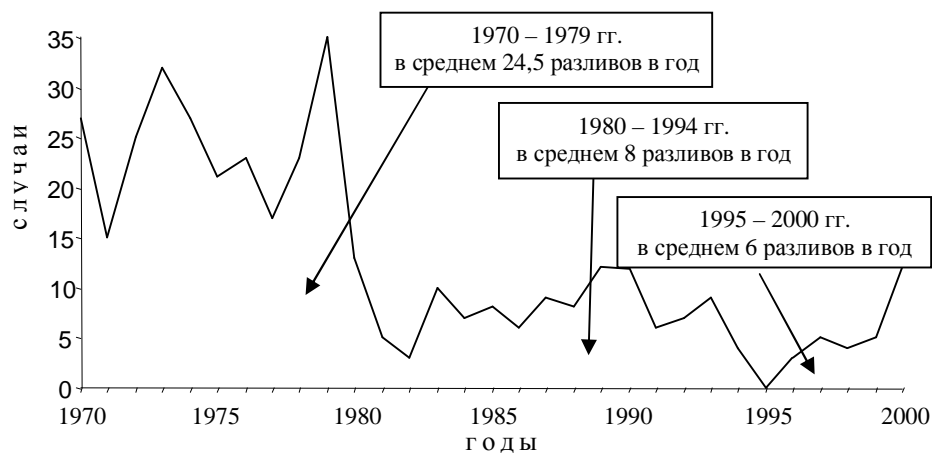


Рис. 5. Схема точечных источников при транспортировке и перегрузке нефти [25]: Δ – нефтеперерабатывающие заводы; \bullet – нефтебазы; — — — нефтепроводы с транзитной поставкой нефти; — — — продукто-нефтепроводы; \circ – насосные перекачивающие станции; \bigcirc – насосные перекачивающие станции с резервуарной емкостью; -720- – диаметр нефтепровода; – действующие нефтяные терминалы.



Р и с . 6 . Годовое количество крупных разливов нефти в Черном море [25].

ление, образование нефтяных агрегатов, седиментация, биодegradация. Не смотря на разрушение нефти за счет вышеперечисленных процессов, на акватории Черного моря за последние 10 лет постоянно встречаются значительные концентрации нефтеуглеводородов (НУ) в воде, гидробионтах, донных отложениях. Концентрации их во много раз превышают предельно-допустимые (ПДК для воды составляет 0,05 мг/л). Максимальные концентрации встречаются постоянно в районах больших рек, таких как Дунай, где постоянно встречаются концентрации до 2 – 5 ПДК. В районе Днестра, Южного Буга концентрации нефти на поверхности достигают до 2 ПДК, в районе Днепра до 3 ПДК. В районах, находящихся в непосредственной близости от городских территорий, агломераций с бытовыми стоками, количество нефти на поверхности морской воды достигает 2 ПДК.

Одесский залив характеризуется распределением на поверхности НУ в пределах от 0,5 до 2 ПДК. Количество НУ в районе порта «Южный», где началась работа по перегрузке нефти, на поверхности морской воды составляет 1 – 2 ПДК. В районе Тендровской косы (морского заповедника) концентрации НУ не превышают 1 ПДК. Крымский регион характеризуется изменениями концентраций НУ на поверхности воды от 1 – 3 ПДК. Максимальные концентрации НУ приурочены к акватории, прилегающей к Севастополю, и это связано с наличием в порту Севастополь огромного количества судов.

Оценивая загрязнение морской среды от точечных источников, можно прийти к выводу, что оно значительно, т.к. в море поступают огромные массы нефти. Стабильное загрязнение морской экосистемы нефтяными углеводородами влияет на физико-химические параметры морской среды, приносит огромный экологический ущерб курортным районам Черноморского побережья.

Таким образом, в связи с истощением ресурсов суши интересы ресурсопользователей устремлены к Мировому океану, его пространствам и ресурсам и вовлечением их в мирохозяйственные процессы. Вклад Морского гидрофизического института НАН Украины в решение ресурсной проблемы сводится к решению двух задач минимизации наиболее вероятных рисков:

1) разработке ранней диагностики кратко- и среднесрочного прогноза состояния акваторий освоения морских ресурсов с целью предупреждения возможных катастроф метеорологической и океанографической природы и 2) оценке экологических издержек в процессе транспортировке и переработки природных ресурсов на акватории моря и приморских районов суши – выявлению степени загрязнения морских и приморских экосистем и разработке мер по их предотвращению.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гладкий Ю.Н.* Глобалистика: сущность и географическая интерпретация // Изв. РГО.– 1993.– т.215, вып.2.– С.43.
2. *Козловский Е.А.* Морские и океанические кладовые минерального сырья // Промышленные ведомости.– 235 (20854).– декабрь, 2004.
3. *Мироненко Н.С., Сорокин М.Ю.* Общественно-географические проблемы освоения пространства и ресурсов океана // Вест. Моск. ун-та. Сер. 5, география.– 2007.– № 2.– С.3-10.
4. *Лисицын А.П.* Осадкообразование в океане.– М.: Наука, 1974.– 520 с.
5. *Боков В.А.* Концептуальные основы проявления природных и техногенных катастроф // Проблемы чрезвычайных ситуаций в Крыму. Мат-лы Общего собрания Крымской Академии наук (31 марта 2000 г.).– 2000.– 25 с.
6. *Беллендир Е.Н.* Проектирование и строительство гравитационных опорных блоков морских ледостойких платформ на континентальном шельфе. http://www.rusoil.ru/contents/22.06.07_46.html
7. *Бадулин С.А., Иванов А.Н., Островский А.Б.* Влияние гигантских волн на безопасность морской добычи и транспортировки углеводородов. http://www.oilcapital.ru/edition/technik/archives/technik/technik_01_2005/68543/public/68743.shtml
8. *Пелиновский Е.Н., Слюняев А.В.* «Фрики» – морские волны-убийцы // Природа.– 2007.– № 3. http://vivovoco.ibmh.msk.su/vv/journal/nature/03_07/freaks.htm
9. *Toffoli A., Leferve J.M., Monbaliu J., Savina H., Bitner-Gregersen E.* Freak waves: Clues for prediction in ship accidents? / Proc. of the 13th ISOPE Conf.– USA: Honolulu, 2003.– 3.– P.23-29.
10. *Дивинский Б.В., Левин Б.В., Лопатухин Л.И., Пелиновский Е.Н., Слюняев А.В.* Аномальная высокая волна в Черном море: наблюдения и моделирование // Докл. РАН.– 2004.– т.395, № 5.– С.948-950.
11. *Haver S.* Freak waves: a suggested definition and possible consequences for marine structures // Rogue Waves 2004 Workshop.– France: Brest, 20-22 Oct., 2004. <http://www.ifremer.fr/web-com/stw2004/rw>
12. *Dyachenko A.I., Zakharov V.E.* Modulation instability of stokes wave – freak wave // Письма в ЖЭТФ.– 2005.– т.81, № 6.– С.318-322.
13. *Han G.-Y.* Ship design rules and regulations. an overview of major themes // Rogue Waves 2004 Workshop.– France: Brest, 20-22 Oct., 2004. <http://www.ifremer.fr/web-com/stw2004/rw>.
14. *Доценко С.Ф., Иванов В.А.* Волны-убийцы. Серия «Современные проблемы океанологии».– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2006.– 44 с.
15. *Звягинцев А.Ю.* Обрастатели. <http://www.fegi.ru/PRIMORYE/SEA/obrast.htm>
16. *Залогин Б.С.* Экономическая география Мирового океана.– М.: Изд-во МГУ, 1984.– 321 с.

17. *Розанов Б.Г.* Основы учения об окружающей среде.– М.: Изд-во МГУ, 1984.– 372 с.
18. *Шикломанов И.А.* Антропогенное изменение водности рек.– Л.: Гидрометеоздат, 1979.– 302 с.
19. *Дуничев В.М.* Система геологических процессов круговорота энергии и вещества в литосфере. http://www.science.sakhalin.ru/Geography/DVM/NO/2005_05-12.html
20. *Горшков В.Г.* Физические и биологические основы устойчивости жизни.– М.: ВИНТИ, 1995.– 470 с.
21. *Савенко В.С.* Геохимические аспекты устойчивого развития.– М.: ГЕОС, 2003.– 180 с.
22. *Тойнби А.Дж.* Цивилизация перед судом Истории.– С.-Пб.: Прогресс, 1995.– 431 с.
23. *Савицкий П.Н.* Континент – Океан (Россия и мировой рынок). <http://gumilevica.kulichki.net/SPN/spn08.htm>
24. *Совга Е.Е.* Морские ресурсы прибрежной зоны Украины // Экологическая безопасность прибрежных и шельфовых зон и комплексное использование ресурсов шельфа.– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2008.– настоящий выпуск.
25. *Монюшко М.М.* Оценка поступления нефтепродуктов от точечных источников в экосистеме Черного моря. http://www.rusnauka.com/4._SVMN_2007/Ecologia/19841.doc.htm

Материал поступил в редакцию 11.11.2008 г.