

Информационное письмо

В современную эпоху в различных сферах деятельности человеческого общества становится жизненно важным контролировать и предсказывать состояние окружающей среды. Новые геоинформационные технологии позволяют создать единую систему контроля и прогноза геосистемы, что является целью международной программы глобального мониторинга, участниками которой являются Россия и Украина.

Эффективное сотрудничество специалистов в области океанологии и вычислительной математики Украины и России по созданию систем контроля и прогноза морской среды началось в СССР в рамках программы «Разрезы» под руководством академика Г.И. Марчука. Технологическая реализация фундаментальных разработок этого периода осуществлена Национальной Академией Наук Украины созданием на базе Морского Гидрофизического института уникальной системы мониторинга Черного моря - элемента общеевропейской Морской Базовой Службы, которая уже востребована Черноморской Комиссией стран Причерноморья и гидрометеослужбами Украины и России.


Учитывая новые вызовы экономикам России и Украины, обусловленные глобальными климатическими изменениями и развитием новых технологий, РАН и НАНУ подготовили совместный проект «Черное море как имитационная модель океана», целью которого является внедрение современных научных достижений в развитие технологии мониторинга морской среды. В рамках проекта будет разработан универсальный информационно-вычислительный комплекс контроля и прогноза Черного моря. Его использование даст возможность избежать или существенно смягчить последствия естественных и техногенных катастроф, обеспечить информационную поддержку при принятии управленческих решений по охране окружающей среды и эксплуатации морских ресурсов. Комплекс явится прототипом систем мониторинга морей России и Мирового океана. В дальнейшем его можно использовать при решении задач информационного обеспечения морских флотов России и Украины.

Поскольку по своей уникальности и масштабам рассматриваемых явлений аналога создаваемой системе нет, планируется пригласить для участия в проекте ученых стран Причерноморья и Европейского Союза, о чем имеется предварительное согласие.

Настоящий проект послужит целям перевода экономик России и Украины на современный высокотехнологический уровень и укреплению научно-технических связей двух держав в соответствии с Договором о Сотрудничестве между Украиной и Россией. Он явится примером развития сотрудничества в других областях науки и техники.



Президент Российской Академии наук


Ю.С. Осипов

Президент Международной Ассоциации
Академий Наук
Президент Национальной Академии наук
Украины


Академик

Б.Е. Патон

**Российская
академия наук**

**Национальная
академия наук
Украины**

Наименование программы

Черное море как имитационная модель океана

Основная задача

Внедрение современных достижений в области математического моделирования морской динамики, методов ассимиляции данных наблюдений, океанологического приборостроения, организации морских наблюдательных систем для создания информационно-вычислительной системы моделирования и прогноза морской динамики и экосистемы.

Конечная цель программы

Конечная цель программы разработать и верифицировать методологию иерархически развиваемой вычислительной системы мониторинга и прогноза состояния Черного моря, как имитационной системы глобальной гидросферы, способную адекватно воспроизводить характеристики гидрофизических и экологических полей с учетом их наблюдаемой 4-х мерной пространственно-временной структуры.

Сжатая характеристика ожидаемых результатов, включая социально-экономическую эффективность и экологические последствия

Информационно-вычислительная система моделирования и прогноза морской динамики и экосистемы будет подготовлена для внедрения в Черноморском Центре Морских Прогнозов, организациях гидрометслужб и министерств охраны окружающей среды Украины и России и для использования в качестве климатический модуль системы мониторинга Мирового океана. Внедрение системы даст надежную информацию о состоянии морской среды для принятия управленческих решений, корректировки действующих и обоснования будущих хозяйственных проектов. Умение контролировать и прогнозировать состояние морской среды позволяет повысить эффективность операций на море и избежать негативных экологических последствий хозяйственной деятельности.

Основные ожидаемые теоретические и экспериментальные результаты

Поверхностные дрейфующие буи с термокосами	2012
Автономный комплекс биогеооптохимических наблюдений на попутных судах	2012
Комплекс аппаратуры для проведения наблюдений в прибрежной зоне моря	2013
База данных междисциплинарных наблюдений в Черном море	2014
Модель циркуляции Черного моря основанная на схеме расщепления	2012
Модель экосистемы Черного моря	2012
Модуль 4-х мерной вариационной ассимиляции в модели циркуляции и экосистемы	2013
Макет системы морских прогнозов нового поколения	2014
Протокол оценки качества, эффективности и надежности системы морских прогнозов нового поколения	2015
Рабочий модуль и документация по использованию системы морских прогнозов нового поколения	2015

Головные исполнители

От России: ИВМ РАН (Институт Вычислительной математики РАН)
Москва Россия

От Украины: МГИ НАНУ (Морской Гидрофизический институт НАНУ)
2 Капитанская ул. 99011 Севастополь Украина

Руководители программы

Академик Г.И. Марчук

Академик Б.Е. Патон

Приложение к программе

Структура, финансовое обеспечение НИР и основные исполнители международной Российско-Украинской программы «*Черное море как имитационная модель океана.*»

Часть 1. Развернутый перечень основных проблем, подлежащих исследованиям при выполнении НИР в рамках программы

Вступительная часть

Современная тенденция глобализацией человеческой деятельности сопровождается повышением зависимости экономики от различных природных явлений (аномалий климата, катастрофических погодных процессов - наводнений, засух) и состояния окружающей среды (ухудшения качества питания и жизненной среды в целом и т.д.). С другой стороны, антропогенная нагрузка на окружающую среду становится все более существенной, результатом чего зачастую оказывается нарушение естественного равновесия природных процессов. Влияние человека в частности вызывает существенные изменения морских экосистем, проявляющиеся в привнесении новых видов, количественных и качественных нарушениях циклов обращения питательных веществ, катастрофически изменяющих естественно сложившийся баланс. Результатом человеческой деятельности является сокращение промыслового лова рыбы и биоразнообразия морской фауны. Промышленная эксплуатация шельфа моря и его использование для добычи и транспортировки нефти и газа с неизбежностью приводит к возрастанию вероятности крупных катастроф с непоправимым ущербом рекреационным и биологическим ресурсам моря.

Очевидно, что интенсификация промышленного освоения морских акваторий должна сопровождаться совершенствованием систем контроля состояния морской среды, способной дать надежную информацию для принятия управленческих решений, корректировки действующих и обоснования будущих хозяйственных проектов. Умение контролировать и прогнозировать состояние морской среды позволяет повысить эффективность операций на море и избежать негативных последствий хозяйственной деятельности.

Эффективные средства не только контроля, но и прогноза состояния морской среды дают современные геоинформационные технологии, включающие оперативные наблюдательные системы, математические модели эволюции морской среды и методы ассимиляции наблюдений.

К настоящему времени отработаны основные принципы построения оперативных систем, позволяющих непрерывно наблюдать, диагностировать и прогнозировать трехмерную структуру и динамику морской и океанической циркуляции и соответствующих биогеохимических компонентов в глубоководных районах морей и океанов. В частности на Черном море функционирует созданная в МГИ НАНУ система оперативных морских прогнозов, являющаяся элементом прототипа единой Европейской Базовой Морской Службы проекта ГМЕС. Получившая широкое международное признание система черноморских прогнозов МГИ НАНУ создана на основе фундаментальных разработок, проводившихся в институте в рамках программ АН СССР, АН УССР, ГКНТ СССР, НАНУ и НКАУ в 80-90 гг. В то же время за последние 15-20 лет в исследовательских учреждениях РАН и НАНУ достигнуты значительные взаимодополняющие фундаментальные результаты в области организации наблюдений, создания математических моделей эволюции морской среды, методов ассимиляции наблюдений, автоматизации оперативного функционирования систем морских прогнозов и оперативной передачи больших объемов информации. Объединение усилий специалистов Украины и России позволит построить универсальную систему морских прогнозов нового поколения на основе современных информационных технологий, позволяющую повысить точность морских прогнозов, добиться большей

эффективности работы системы и ее универсальности с точки зрения приложения как на Черном море, так и в перспективе в акваториях Мирового океана.

Актуальность предлагаемого исследования для Украины и России определяется в частности возрастающей ролью Черного моря как транспортной артерии и зоны промышленного освоения ресурсов шельфа, а также расширением рекреационного ресурса побережья ввиду планируемого проведения Олимпийских игр 2014 года в Сочи.

Контроль и прогноз морской и океанской среды является одной из крупнейших научных проблем рационального природопользования. В ближайшие 10 лет система мониторинга Мирового океана будет включать несколько крупных измерительных систем, расположенных на сети спутников, стационарных и дрейфующих буйковых станциях, автономных подводных аппаратах, торговых и научных судах, а также в морских животных и рыбах, снабженных датчиками. Данные измерений будут транслироваться через ИСЗ в реальном масштабе времени и обрабатываться с помощью специальных информационно-вычислительных систем (ИВС). В последнее время такого рода ИВС создаются в ведущих странах мира: США (MODAS, Fox et al., 2002; GODAS, <http://www.cpc.ncep.noaa.gov>), Франции и Великобритании (NEMOVAR, <http://www.cerfacs.fr>; <http://www.ecmwf.int>), Германии (Wenzel, Schroeter, 2008). В России и Украине такого рода вычислительные системы отсутствуют и этим определяется актуальность их разработки.

Проблема № 1. Развитие оперативной компоненты черноморской наблюдательной системы, дополняющей существующие средства наблюдений процессов в открытом море и его прибрежной части

Основная цель. Состояние исследований по проблеме

Морские наблюдательные и прогностические системы включают, как правило, глобальную, региональную и прибрежную подсистемы. Глобальная подсистема осуществляет оперативный мониторинг состояния всего Мирового Океана, поставляя граничные условия для региональных подсистем окраинных морей. Региональные подсистемы функционируют в окраинных или внутренних морях и имеют более высокое пространственное разрешение. Наконец, прибрежные системы охватывают береговую зону и имеют еще более высокое пространственное и временное разрешение. Прибрежные морские наблюдательные и прогностические системы в дальнейшем должны явиться составляющей частью интегрированного мониторинга прибрежной зоны.

На Черном море к настоящему времени относительно неплохо развита оперативная наблюдательная система глубоководной части моря. Она включает наблюдения с ИСЗ температуры поверхности моря, аномалий уровня моря и цвета моря. Все эти данные доступны в реальном масштабе времени с сайтов Тематических Центров проекта «Мой Океан» - прототипа Морской Базовой Службы проекта ГМЕС. Другим важным компонентом являются наблюдения с помощью буев – профиломеров по проекту «ЕвроАрго» и поверхностных дрейфующих буев, запускаемых МГИ НАНУ. Недостатком Черноморской наблюдательной системы является отсутствие оперативных контактных биогеохимических наблюдений. В настоящем разделе программы этот недостаток будет восполнен разработкой автономного комплекса био- гео- опто- химических наблюдений и установкой его на судах, выполняющих регулярные рейсы из Крыма в Турцию. Другая разработка будет связана с изготовлением оптической аппаратуры для установки на поверхностные дрейфующие буи.

В прибрежных районах моря, где изменчивость полей имеет совершенно другие пространственные и временные масштабы, характеристики наблюдательной системы должны соответствовать специфике морской динамики. В настоящее время оперативные наблюдения в прибрежных районах Черного моря весьма ограничены. В настоящем разделе программы будет осуществлено развитие наблюдательной системы в прибрежных водах Черного моря, прилегающих к берегам России (район Геленджика) и Украины (район Кацивели). У побережья России будут осуществляться междисциплинарные наблюдения на буях и в рейсах нис. В Украинских водах междисциплинарные наблюдения будут проводиться как с океанографической платформы, так и вблизи ее с помощью донных станций, седиментационных ловушек и съемок с маломерного плавсредства.

Новизна исследований будет основана на комплексном рассмотрении проблемы и опытом, полученным авторами предлагаемого исследования в рамках Европейских проектов АРЕНА, АСКАБОС, ЕКУП, а также совместной работы ИО РАН и МГИ НАНУ по программе МААН, отмеченной премией правительства России за 2007 год.

При выполнении работы будут учтены новейшие разработки океанологических приборов в России, Украине и за рубежом и задел в области создания систем прогноза морской динамики и экосистемы на Черном море, в том числе и опыт функционирования первых версий прогноза прибрежной динамики у берегов Украины и России,

Проблема № 2. Создание модели циркуляции Черного моря основанной на методе расщепления и 4-х мерной вариационной ассимиляции наблюдений

Основная цель. Состояние исследований по проблеме

Основой оперативных морских прогнозов является модель циркуляции вод заданного бассейна. В настоящее время в созданной в МГИ НАНУ системе черноморского оперативного прогноза используется модель, основанная на применении явных схем, позволяющая воспроизводить синоптическую изменчивость бассейна. Модель циркуляции вод Черного моря сопряжена с блоком ассимиляции данных, использующем оптимальную интерполяцию Гандина в рамках методологии фильтра Калмана. Такая система дает удовлетворительную точность прогноза в открытом море с наибольшими погрешностями вблизи фронтальных зон. Дальнейшее повышение точности прогнозов требует использования более экономичных численных методов расчетов, более современных схем ассимиляции наблюдений и возможности расчетов на удаленных компьютерах. Представляется весьма перспективным использовать в прогностической Черноморской системе разработки ИВМ РАН в области создания моделей морской циркуляции, основанных на методе расщепления. Применение таких моделей при распараллеливании расчетов позволит в явном виде разрешать суб-мезомасштабы и особенности вертикальной стратификации Черного моря и в конечном итоге повысить качество оперативных прогнозов. Использование современных численных методов, в частности, неструктурированных сеток, позволит также в рамках единой модели давать прогноз эволюции морской среды в прибрежной части Черного моря. Тщательный подбор параметризаций подсеточных процессов позволит также повысить качество реанализа морской динамики.

Основные характеристики используемых в данном разделе программы инструментария и методов решения поставленных задач следующие.

- Моделирование динамики Черного моря (и затем Мирового океана) осуществляется с помощью физически полных прогностических моделей, разработанных в ИВМ РАН (Россия) и МГИ (Украина). Модель Мирового океана ИВМ РАН, являясь составной частью климатической модели, успешно опробована в международном проекте, проводимом под эгидой ВПИК. Модель имеет модульную структуру, основанную на неявных схемах многокомпонентного расщепления (Марчук, 2009; Zalesny, Rusakov, 2007). Она обладает высокой устойчивостью и позволяет использовать примерно в 5 раз больший шаг по

времени, по сравнению со всеми известными мировыми аналогами. Это приводит к уменьшению размерности пространственно-временной сопряженной задачи; сокращению чувствительности численного решения к погрешности входной информации и увеличению скорости сходимости процесса минимизации функции ценности, описывающей разность между расчетом и наблюдениями.

- Анализ данных натуральных наблюдений осуществляется на основе 4-х мерной вариационной ассимиляции данных – наиболее перспективного подхода, применяемого при решении задач мониторинга и прогноза. Методы решения вариационной задачи основаны на теории сопряженных уравнений и методе многокомпонентного расщепления (Марчук, 1988, 2001). Вариационный алгоритм ассимиляции данных – оригинален и имеет модульную структуру. Сопряженная модель морской динамики может применяться как для ретроспективного анализа и изучения чувствительности океанологических полей к изменениям внешних источников (Zalesny, 1996; Саркисян и др., 2005), так и для ассимиляции данных наблюдений (Агошков, Залесный, 2010; Zalesny, Rusakov, 2007). Она строится аналитически, как сопряженная к дискретному аналогу расщепленной прямой прогностической модели.

Оригинальность методики используемой в данном разделе программы определяется следующим. Среди фундаментальных методов, позволяющих преодолеть многие трудности при решении поставленных проблем, выделим два: метод расщепления и метод сопряженных уравнений. Метод расщепления несет две основных нагрузки: во-первых, позволяет экономично решить задачу по времени, во-вторых - иерархически повысить полноту физического описания (Marchuk et al., 2001; Zalesny et al., 2008). Суть метода в представлении сложной модели в виде набора отдельных более простых модулей, последовательно решаемых по времени. Модель можно упростить или физически обогатить, опуская или добавляя отдельные модули. Метод сопряженных уравнений является основой анализа сложных систем (Марчук, 2001; Агошков, 2003). Он значительно уменьшает размерность пространства решений в задаче оптимального подбора входных параметров модели для приближения ее решения к данным наблюдений. Однако при использовании метода возникает существенная трудность – необходимо строить и программно реализовывать сопряженную модель, уравнения которой имеют более сложный вид по сравнению с прямой прогностической системой. Если изменяется метод решения прогностической задачи, вид уравнений или их пространственная аппроксимация, то требуется изменить и сопряженный аналог модели. С технологической точки зрения – это весьма трудоемкая задача. Например, изменение программного кода европейской модели OPA/NEMO потребовало начать разработку новой системы 4-х мерной вариационной ассимиляции данных NEMOVAR (Weaver, 2009).

При нашем подходе сочетание двух методов – расщепления и сопряженных уравнений дает возможность более экономичного решения задачи вариационной ассимиляции. Нам требуется строить сопряженный аналог к отдельному расщепленному модулю прямой модели. Полная модель набирается из соответствующих модулей прямых и сопряженных расщепленных задач. Подход упрощает построение сопряженной модели и дает возможность вычислить алгебраически точный градиент минимизируемого функционала качества.

Таким образом, учитывая степень фундаментальности и новизны теоретических подходов, методов и алгоритмов, результаты, которые будут получены в ходе выполнения проекта, будут являться оригинальными. Подобных исследований в мировой практике, России и в Украине не проводилось.

Проблема № 3. Создание и апробация на Черном море макета системы морских прогнозов нового поколения на основе вариационной ассимиляции данных синтетической наблюдательной системы в эффективной вычислительной модели морской динамики

Основная цель. Состояние исследований по проблеме

Содержанием текущей проблемы будет создание макета черноморской системы морских прогнозов нового поколения.

За последнее двадцатилетие в изучении и моделировании процессов крупномасштабной морской и океанской изменчивости достигнуты существенные результаты. Это связано с кардинальным развитием инструментария, методов и оборудования. К ним относятся: новые наблюдательные системы (спутники, дрейфтеры, плавающие буи ARGO); новые методы анализа информации и численные алгоритмы; мощные компьютеры и вычислительные платформы, позволяющих обрабатывать большие информационные потоки расчетов и наблюдений. Сформирована новая фаза исследований, состоящая в синтезе данных наблюдательных и вычислительных экспериментов, повышении точности воспроизведения физических процессов, построении моделей мониторинга природной среды (Verdon, Chassignet, 2006; Hecht, Hasumi, 2008; <http://www.usgodaac.org>). Данная НИР находится в русле такого рода работ, сочетая методы вычислительного эксперимента, сбора и анализа данных наблюдений.

Создаваемая в рамках данной программы (Проблема 1) система наблюдений Черного моря является аналогом наблюдательной системы Мирового океана. Все накопленные данные наблюдений будут вводиться в качестве исходной информации в соответствующий модуль системы. В макете системы черноморских прогнозов нового уровня будут использованы созданные в рамках Проблемы №2 модель циркуляции и вариационная ассимиляция данных наблюдений. Начальная апробация создаваемого макета будет осуществлена как для оперативного прогнозирования, так и для реанализа в офф-лайн режиме на высокопроизводительном компьютере. Окончательная апробация макета будет выполняться при использовании удаленного высокопроизводительного компьютера (Проблема №4)ю.

Проблема № 4. Валидация качества созданного макета системы прогнозов

Основная цель. Состояние исследований по проблеме

Будет проведена всесторонняя валидация созданного макета системы морских прогнозов по ряду критериев, отражающих качество прогнозов, эффективность и надежность выполнения вычислительных операций. Оценка будет проводиться в сравнении с оперативной системой Черноморского Центра Морских Прогнозов, функционирующего на базе МГИ НАНУ с использованием ИВК «НЕМО» и являющегося элементом единой Европейской системы морских прогнозов. Дополнительно будут оценены параметры качества и эффективности других моделей циркуляции Черного моря, построенных на основе традиционных численных алгоритмов (ПОМ, модель МГИ, модель ИВМ).

Оценка качества прогнозов, производимых разными моделями, будет осуществляться посредством сопоставления с наблюдениями в трех различных режимах. Первый режим – прогноз динамики в открытом море. В этом случае сопоставление расчетов будет производиться с данными дистанционных наблюдений доступных с сайтов Тематических Центров проекта «Мой Океан», буев – профиломеров проекта «ЕвроАрго», наблюдений в рейсах научно-исследовательских судов, а также на разрезах попутных судов и наблюдений с помощью дрейфтеров, осуществляемых в рамках текущего проекта (Проблема №1)ю Второй режим – прогноз в прибрежной части моря. В этом случае будет оцениваться качество прибрежных прогнозов с использованием неструктурированных сеток в сравнении с традиционным методом телескопизации. Специальные наблюдения для оценок качества

прибрежных прогнозов будут выполнены у побережья Крыма и у российского побережья Черного моря в рамках текущего проекта. Третий режим – проведение реанализа на основе ассимиляции архивных наблюдений. В этом режиме особое внимание будет уделено оценке эффективности работы макета в условиях ассимиляции ограниченного набора наблюдений. Критериями качества реанализа будет правильное восстановление климатических трендов и статистики синоптической изменчивости моря.

Оценка эффективности и надежности созданного макета в сравнении с существующим будет осуществляться по затратам компьютерного времени в режиме удаленного доступа и на основе статистики бесперебойной работы макета.

Часть 2. Ориентировочное финансовое обеспечение НИР организаций-исполнителей проекта

	МГИ НАНУ	ИНБИОМ НАНУ	ИГН НАНУ	ИВМ РАН	ИО РАН	Итого Украина	Итого Россия
З.плата	1,5	0,72	0,36	15	10	2,58	25
Начисления на з. плату	0,5	0,24	0,12	4	2,6	0,86	6,6
Оборудование	1,0	0,4	0,2	3	9	1,6	12
Материалы	0,2	0,09	0,06	1,5	0,4	0,35	1,9
Командировки	0,6	0,15	0,06	3	2	0,81	5
Прочие расходы	1,3	0,3	0,15	4	4	1,75	8
Накладные расходы	0,8	0,36	0,18	3	2	1,34	5
Итого	5,9 млн. грн.	2,26 млн. грн.	1,13 млн. грн.	35,5 млн. руб.	30,0 млн. руб.	9,29 млн. грн.	63,5 млн. руб.

Часть 3.

1. Полное название программы:

Черное море как имитационная модель океана

1.1. Продолжительность программы:

2011-2015 гг.

1.2. Финансирование участников программы:

Плановая стоимость программы со стороны России 63,5 млн. руб.

Плановая стоимость программы со стороны Украины 9,29 млн. грн.

2. Руководители и участники программы:

2.1. Руководители программы:

Со стороны России – академик Г.И. Марчук

Со стороны Украины – академик Б.Е. Патон

2.2. Головные организации:

Со стороны России: ИВМ РАН

Со стороны Украины: МГИ НАНУ

2.3. Ответственные исполнители:

Со стороны России – д. ф.-м. наук В.Б. Залесный

Со стороны Украины – член-корреспондент Г.К. Коротаев

2.4. Организации – соисполнители программы

ИВМ РАН – руководитель академик Г.И. Марчук

ИО РАН – руководитель академик Р.И. Нигматуллин,

МГИ НАНУ – руководитель академик В.И. Иванов,

ИНБИОМ НАНУ – руководитель академик В.Н. Еремеев

ИГН НАНУ – руководитель академик П.Ф. Гожик

2.5. Основные участники программы:

Со стороны России:

ИВМ РАН: академик А.С. Саркисян, д.ф.-м.н. В.И. Агошков, д.ф.м.н. Н.А. Дианский, к.ф.-м.н. А.В. Гусев;

ИО РАН: академик Г.В. Смирнов, чл.-корреспондент Р.А. Ибраев, д.ф.-м.н. А.Г. Зацепин.

Со стороны Украины:

МГИ НАНУ: д.ф.-м.н. В.В. Кныш, д.т.н. С.В. Мотыжев, к.ф.-м.н. А.С. Кубряков, к.ф.-м.н. В.Л. Дорофеев, к.ф.-м. наук В.З. Дыкман;

ИНБИОМ НАНУ: д.б.н. З.З. Финенко, к.б.н. Т.Я. Чурилова

ИГН НАНУ: чл. – корреспондент А. Ю. Митропольский.

3. График выполнения работ и представления отчетных материалов:

№ задания	Наименование работ	За годы:	Форма отчетности	Примечания
1.	Наблюдательная система	2011-2015		
1.1.	Дрифтеры	2011-2014	Образцы буев, база данных наблюдений	
1.2.	Разрезы на попутных судах	2012-2015	Образец оборудования, база данных наблюдений	
1.3.	Новая аппаратура для прибрежных наблюдений	2012-2014	Датчиковые системы, образцы аппаратуры	
1.4.	Прибрежные наблюдения на стационарных платформах	2011-2015	Наблюдательные комплексы, базы данных	
2.	Модели морской среды и алгоритмы ассимиляции	2011-2013		
2.1.	Модели морской среды	2011-2012	Комплексы программ, ежегодные отчеты	
2.2.	Схемы ассимиляции	2012-2013	Комплексы программ, ежегодные отчеты	
3.	Макет системы прогноза нового уровня	2013-2014		
3.1.	Оболочка для моделей морской среды	2013	Годовой отчет, комплексы программ.	
3.2.	Интегрированный макет системы прогноза	2014	Годовой отчет, описание макета системы	
4.	Валидация макета	2014-2015		
4.1.	Качество морских прогнозов	2014	Паспорт качества прогнозов	
4.2.	Эффективность и надежность макета	2015	Паспорт эффективности и надежности макета	
4.3.	Сопутствующая документация	2015	Полное описание макета и инструкция пользователя	

4. Ожидаемые результаты по годам и по программе в целом

	Количество	Исполнители	
Поверхностные дрейфующие буи с термокосами и оптическими сенсорами	5	МГИ НАНУ	2012
Автономный комплекс био-гео-опто-химических наблюдений на попутных судах	1	МГИ НАНУ, ИНБИОМ НАНУ	2012
Комплекс аппаратуры для проведения наблюдений в прибрежной зоне	2	ИО РАН, МГИ НАНУ, ИГН НАНУ	2013
База данных междисциплинарных наблюдений для проведения валидации системы	1	МГИ НАНУ,	2014
Модель циркуляции Черного	1	ИВМ РАН	2012

моря основанная на схеме расщепления			
Модель экосистемы	1	МГИ НАНУ	2012
Модуль 4-х мерной вариационной ассимиляции	1	ИВМ РАН, МГИ НАНУ	2013
Макет системы морских прогнозов нового поколения	1	ИВМ РАН, МГИ НАНУ	2014
Протокол оценки качества, эффективности и надежности системы морских прогнозов нового поколения	1	ИВМ РАН, МГИ НАНУ	2015
Рабочий модуль и документация по использованию системы морских прогнозов нового поколения	5	ИВМ РАН, МГИ НАНУ	2015

Со стороны России

Руководитель программы
И от ИВМ РАН (головная организация)

Академик Г.И. Марчук.

Ответственный исполнитель

Д. ф.-м. наук В.Б. Залесный

Со стороны Украины

Руководитель программы

Академик Б.Е. Патон

Директор МГИ НАНУ (головная организация)

Академик В.А. Иванов

Ответственный исполнитель

Член-корреспондент Г.К. Кортаев