

## РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА МОНИТОРИНГА АЙСБЕРГОВ И ПРОГНОЗА ИХ ДРЕЙФА В ЗОНЕ АРХИПЕЛАГА ШПИЦБЕРГЕН И В ЗАПАДНОЙ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РФ

Айсберги представляют собой естественный объект повышенной опасности для арктических морских транспортных систем и инженерных сооружений, расположенных на арктическом шельфе. Под айсбергом понимают массивный отколовшийся от ледника кусок льда любой формы, который выступает над уровнем моря более чем на 5 м. Опасность может заключаться как в риске столкновения судна или инженерного сооружения с массивным айсбергом, так и в повреждении кабелей и трубопроводов, проложенных в мелководной зоне по морскому дну, подводной частью айсбергов. Опасность представляют как собственно айсберги, так и их обломки и куски.

В настоящее время в странах, осуществляющих хозяйственную деятельность на шельфе арктических морей, ведутся активные работы по созданию спутниковых технологий, способных обеспечить обнаружение айсбергов и отслеживать траектории их движения на открытой водной поверхности и среди льдов. В России Министерство образования и науки Российской Федерации в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы» инициировало проект «Создание новых методов и средств мониторинга гидрометеорологической и геофизической обстановки на архипелаге Шпицберген и в Западной арктической зоне Российской Федерации». ГИЦ РФ «Арктический и антарктический научно-исследовательский институт» Росгидромета возглавил коллектив разработчиков проекта, в который, кроме ААНИИ, вошли Северный (Арктический) федеральный университет (САФУ), Российский государственный гидрометеорологический университет (РГГМУ), Институт экологических проблем Севера Уральского отделения РАН и Кольский филиал Геофизической службы РАН. Проект рассчитан на период 2014–2016 годы. (Соглашение о предоставлении субсидии № 14.610.21.0006 от 20.10.2014, уникальный идентификатор ПНИЭР RFMEFI61014X0006).

Целью проекта является разработка новых высокоточных методов и программных средств мониторинга и прогноза состояния атмосферы, гидросферы, криосферы и сейсмической активности в районе архипелага Шпицберген и в Западной Арктической зоне РФ. Разработанные методы должны быть реализованы в виде семи экспериментальных аппаратно-программных комплексов (ЭПК). Одним из таких комплексов является ЭПК мониторинга айсбергов и прогноза их дрейфа (ЭПК «Айсберг»), разработанный в ААНИИ.

Ввод в эксплуатацию этого ЭПК позволит снизить риски техногенных катастроф, вызванных столкновениями с айсбергами в районах разведки и добычи энергетических сырьевых ресурсов Западной арктической зоны РФ, а также повысить безопасность навигации по Северному морскому пути, транзитных перевозок в зоне архипелага Шпицберген и в Западной арктической зоне РФ.

ЭПК «Мониторинг айсбергов и прогноза их дрейфа (включая предупреждение айсберговой опасности) в зоне архипелага Шпицберген и в Западной арктической зоне РФ» предназначен для автоматизации процесса



Рис. 1. Функциональная структура ЭПК «Айсберг».

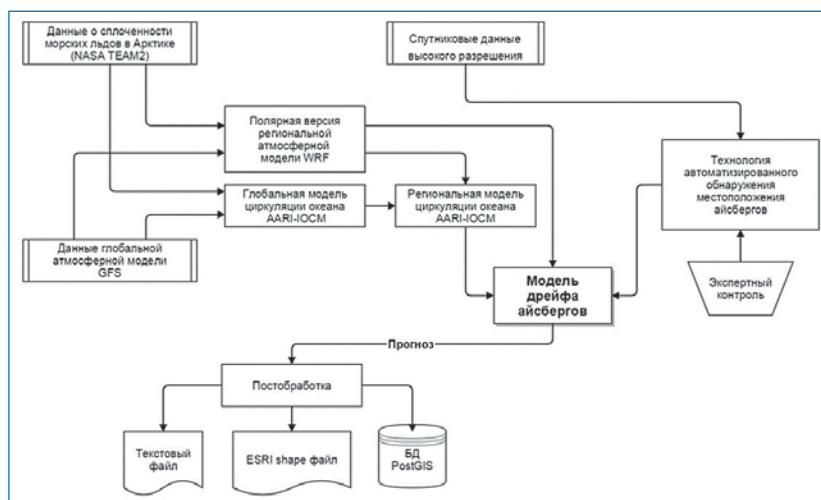
поиска айсбергов на спутниковых снимках высокого пространственного разрешения при выполнении специализированного гидрометеорологического обеспечения потребителей в квазиреальном масштабе времени, прогнозирования дрейфа обнаруженных айсбергов, а также для сохранения результатов в обменном формате. Исследования проводились в несколько этапов, в ходе которых были разработаны новые и усовершенствованы существующие методы обнаружения айсбергов и прогнозирования их дрейфа, созданы тематические программные модули и специальное ПО функционирования ЭПК. Выполнена разработка технической и программной документации ЭПК, включая программу и методику приемочных испытаний. Приемочные испытания подтвердили работоспособность комплекса и выполнение всех пунктов технического задания.

ЭПК «Мониторинг айсбергов и прогноза их дрейфа (включая предупреждение айсберговой опасности) в зоне архипелага Шпицберген и в Западной арктической зоне РФ» состоит из двух основных подсистем: подсистемы обнаружения айсбергов и подсистемы дрейфа айсбергов. Функциональная структура ЭПК приведена на рис. 1, схема информационных потоков — на рис. 2.

В ЭПК «Мониторинг айсбергов и прогноза их дрейфа (включая предупреждение айсберговой опасности) в зоне архипелага Шпицберген и в Западной арктической зоне РФ» реализованы следующие автоматизированные функции:

- а) по подсистеме обнаружения и идентификации айсбергов (программа Iceberg2) (рис. 3–4):

Рис. 2. Схема информационных потоков в ЭПК «Айсберг».



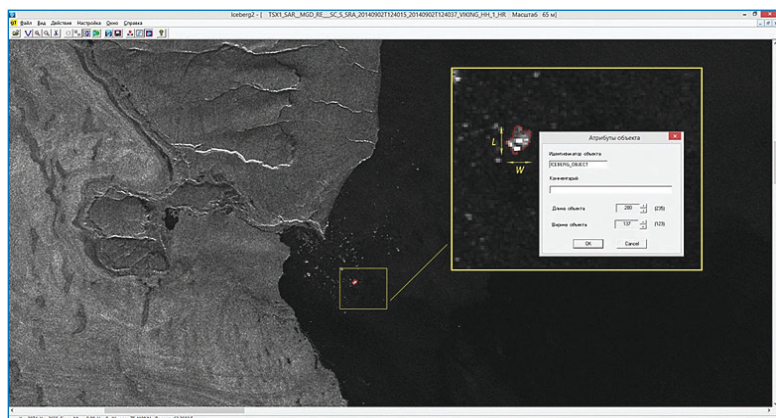


Рис. 3. Пример автоматизированного определения в ЭАПК «Айсберг» геометрических параметров айсберга в Карском море.

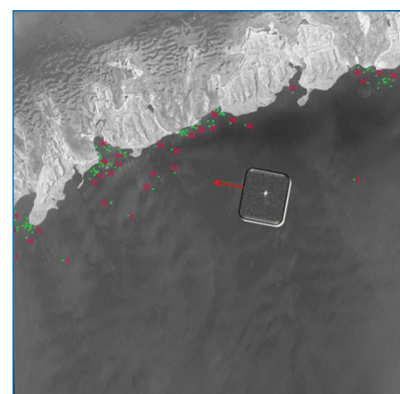


Рис. 4. Пример подготовки шейп-файла айсбергов в ЭАПК «Айсберг». На врезке – объект, выбракованный в интерактивном режиме – НЭС «Михаил Сомов».

- чтение входного файла (спутникового изображения);
  - визуализация изображения;
  - создание маски объектов суши на спутниковых изображениях;
  - создание в интерактивном режиме маски облачности на спутниковых изображениях видимого диапазона;
  - выделение границ мелких объектов по заданному оператором значению порогового сигнала;
  - выделение границ объектов по заданному оператором значению отношения среднего квадратического отклонения сигнала к среднему значению в окне 3×3 пикселей (отношение «сигма-мю»);
  - определение геометрических размеров обнаруженных объектов;
  - выбраковка в интерактивном режиме судов как ложных объектов;
  - сохранение обнаруженных графических объектов с идентификаторами айсбергов в файлах обменного формата (шейп-файлы).
- б) по подсистеме прогнозирования дрейфа айсбергов:
- чтение входного файла (шейп-файла с координатами местоположения айсбергов);
  - подготовка данных океанского и атмосферного форсингов;
  - запуск расчета прогноза;
  - сохранение полученных результатов в формате шейп-файла;
  - визуализация результатов расчетов.

Выходной продукт подсистемы обнаружения айсбергов — шейп-файлы, содержащие информацию о географическом положении айсбергов и их горизонтальных размерах (таблицы атрибутов). Подготовленные таким образом шейп-файлы поступают на вход подсистемы прогнозирования айсбергов, в которой, с учетом прогностической гидрометеорологической информации, поступившей в ЭАПК по каналам связи, в модельном блоке происходит прогностический расчет дрейфа обнаруженных на спутниковом снимке айсбергов. На рис. 3–4 проиллюстрированы этапы работы программы Iceberg2 по обнаружению айсбергов.

После выполнения автоматизированной процедуры поиска айсбергов на снимке программа Iceberg2 готовит данные об обнаруженных айсбергах в виде шейп-файла, усваиваемого в стандартном ГИС-пакете ArcView 10.1. Характеристики обнаруженных айсбергов (географические координаты места, пространственные размеры объекта) содержатся в таблице атрибутов, как показано на рис. 5. Оператор ЭАПК проверяет подготовленную в автоматизированном режиме таблицу атрибутов и вносит, при необходимости, правки, заключающиеся в выбраковке ложных

объектов на основе имеющейся дополнительной информации, полученной из системы автоматизированной идентификации судов, и пр. источников. Если положение обнаруженных объектов совпадает с координатами судов и геометрические параметры близки к судовым габаритам, оператор выбраковывает эти объекты. Полученный в результате откорректированный шейп-файл передается по локальной сети в подсистему прогноза дрейфа айсбергов.

В подсистеме прогнозирования дрейфа айсбергов основными источниками информации являются шейп-файлы с координатами местоположения обнаруженных айсбергов, а также grid-файлы с параметрами атмосферы и сплоченности льда глобальной прогностической модели GFS в качестве форсинга региональной атмосферной модели и совместной модели океан-лед. Ежедневный объем таких данных составляет несколько Гб.

Выходной продукт подсистемы прогнозирования айсбергов является конечной продукцией ЭАПК и представляет собой прогностические данные о дрейфе обнаруженных айсбергов (рис. 5), подготовленные в виде файлов, усваиваемых в ArcGIS.

Таким образом, в процессе создания ЭАПК «Айсберг» были разработаны новые оригинальные программные средства, позволяющие автоматизировать процесс обнаружения айсбергов на спутниковых снимках и осуществлять прогнозирование их дрейфа с последующим информированием широкого круга пользователей. Созданный экспериментальный аппаратно-программный комплекс «Мониторинг айсбергов и прогноза их дрейфа в зоне архипелага Шпицберген и в Западной арктической зоне РФ» планируется также использовать в перспективных системах управления ледовой обстановкой в Западной Арктике для подготовки и принятия решений.

*В.Г. Смирнов, И.А. Бычкова, М.Ю. Кулаков (АНИИ)*

Рис. 5. Пример подготовки шейп-файла с визуализацией таблицы атрибутов.

