

Использование космических снимков высокого разрешения для батиметрии*

Какие данные для применения в области батиметрии наиболее эффективны: снимки высокого разрешения со спутников или показания, полученные при помощи акустических гидрографических средств? Исследования, посвященные решению данного вопроса, летом 2012 г. провела Гидрографическая служба Великобритании (УКНО). По результатам этого исследования было установлено, что данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) могут быть использованы для обновления информации по мелководным и прибрежным территориям, поскольку этот способ получения информации является более оперативным и эффективным по сравнению с акустическими гидрографическими средствами.

Для проекта были выбраны два района Средиземноморского побережья: область А — 50-километровый участок и область Б длиной примерно 25 км. В соответствии с инструкцией Гидрографической службы Великобритании

специалисты компании Proteus работали удаленно, без осуществления полевых наблюдений. Перед компанией была поставлена задача: измерить глубины от нулевой горизонтали (зоны прибора) до максимально глубокой отметки.

ПРИМЕНЕНИЕ ФИОЛЕТОВОГО (COASTAL) КАНАЛА ПОЛНОСТЬЮ МЕНЯЕТ СИТУАЦИЮ

В проекте использовались снимки со спутника WorldView-2 компании DigitalGlobe. Спутник WorldView-2 снимает в 8-канальном мультиспектральном режиме, в том числе в фиолетовом (coastal) канале, который особенно важен для получения батиметрических данных (рис. 1). Хотя все 8 каналов используются для батиметрии и определения типа дна, съемка в диапазоне длин волн 400 — 450 нм (фиолетовый канал — coastal) наиболее эффективна для получения точных данных.

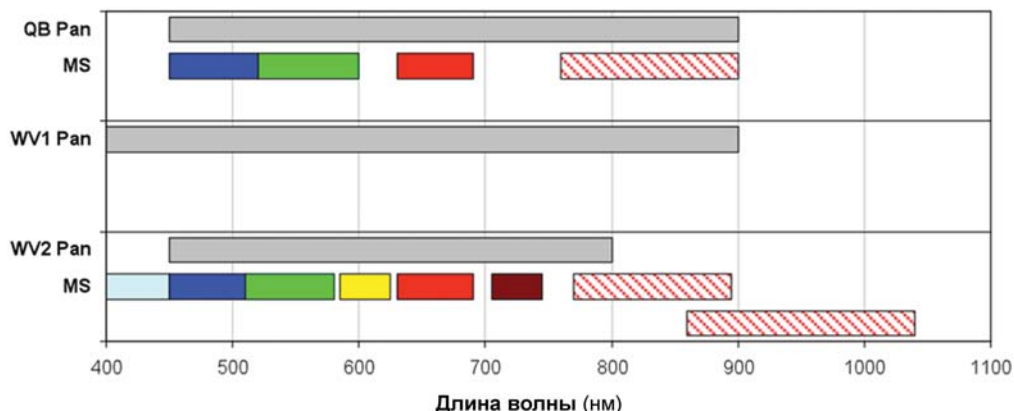


Рис. 1. Диапазоны каналов съемки спутников QuickBird (QB), WorldView-1 (WV-1) и WorldView-2 (WV-2)

*Статья предоставлена компанией DigitalGlobe. Оригинал статьи опубликован в журнале Earth Imaging Journal, March/April 2013 (www.eijournal.com). Авторы: Helen Needham, hydrographic director, Proteus FZC (www.proteusgeo.com), Abu Dhabi, United Arab Emirates; Knut Hartmann, project manager, EOMAP (www.eomap.com), Gilching, Germany; and Graham Mimiris, U.K. Hydrographic Office (www.ukho.gov.uk), Taunton, Somerset, United Kingdom. Перевод с английского языка и подготовка к публикации Д. О. Мордвиной и Е. Н. Горбачевой (компания «Совзонд»).

Группа специалистов заказала новую съемку со спутника WorldView-2 для покрытия двух исследуемых районов с максимальным углом отклонения от надира 30 градусов (один из ключевых факторов для батиметрии). Для того чтобы был получен нужный снимок, должны выполняться следующие условия: минимальная облачность, благоприятная экологическая обстановка, а также маловетренная или практически безветренная погода, позволяющая минимизировать мутность, возникающую на мелководье у берега. Спутник отснял территорию с общей протяженностью береговой линии более 100 км менее чем за 10 секунд. Реализация подобного проекта с использованием традиционных акустических гидрографических средств заняла бы несколько месяцев. Кроме того, подобные средства могут нарушать прибрежную экологическую обстановку на мелководье.

ТЕСТИРОВАНИЕ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

Снимок, полученный со спутника в течение 24 часов после съемки, передается в организацию EOMAP для обработки. Специалисты оперативно оценивают качество и пригодность снимков для их использования при установлении глубин и характеристик дна. На снимке, использованном в рамках данного проекта, была обнаружена

большая облачность в северной части исследуемой области А, в результате чего потребовалось провести повторную съемку района.

Гидрографическая служба Великобритании решила учесть приливные особенности, используя онлайн-данные с датчиков мореографов. Актуальные данные, регистрируемые мореографами, повысили точность вертикальных измерений.

Организация EOMAP разработала программу для обработки данных — Modular Inversion and Processing (MIP), которая извлекает информацию об отражательной способности морского дна, конвертирует полученные данные в значения глубин и создает классифицированные изображения морского дна. Программа MIP предназначена для физически обоснованного восстановления гидробиологических параметров по данным мультиспектральной и гиперспектральной съемки и используется при картографировании мелких и глубоких внутренних вод, прибрежных зон и болот.

Архитектура MIP объединяет набор общих и переводных вычислительных схем в цепь обработки, связывая биофизические параметры с измеренными сенсором значениями яркостей. Схемы включают ряд алгоритмов для извлечения информации о глубинах из снимков. Программа учитывает влияние бликов, атмосферных, поверхностных и подводных двунаправленных эффектов в подводном световом поле (рис. 2).

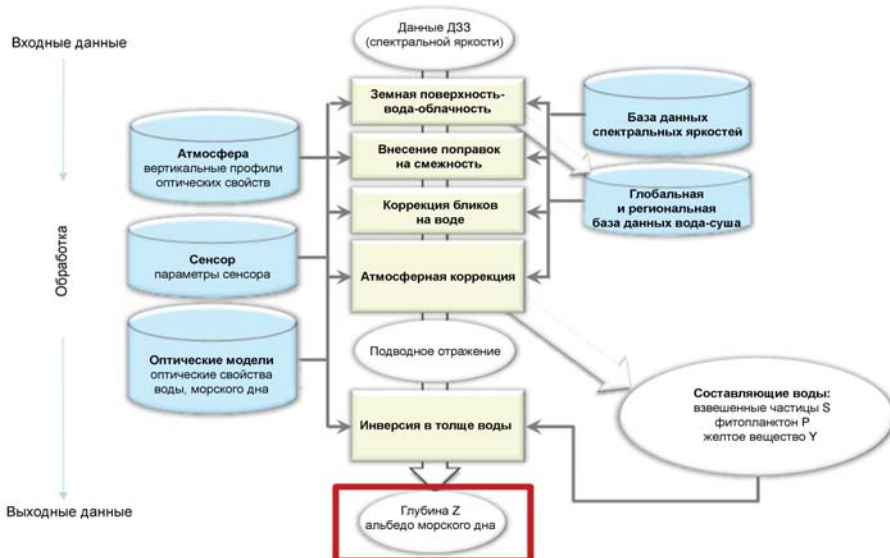


Рис. 2. Блок-схема программы MIP

Процесс обработки включает ряд поправочных коэффициентов. Сигнал, регистрируемый мультиспектральными сенсорами, подвергается рефракции и поглощению при прохождении сквозь атмосферу и водную толщу. Эти факторы необходимо учитывать при определении отражения морского дна, перед тем как осуществлять пересчет значений отражения в значения глубин.

Установление батиметрических характеристик не зависит от типа сенсора, что позволяет использовать различные гиперспектральные и мультиспектральные снимки. Спутник WorldView-2 проводит съемку в мультиспектральном 8-канальном режиме с разрешением 2 м. Такие характеристики обеспечивают большую проникающую способность при установлении глубин и позволяют добиваться большей точности вертикальных измерений, чем при использовании других съемочных систем.

Классификация морского дна основана на алгоритмах контролируемой или неконтролируемой классификации. При определении глубин и выполнении классификации морского дна данные наземных наблюдений отсутствовали, поэтому извлечение интересующей информации проводилось на основе неконтролируемой классификации.

В отличие от классификации участков суши, при выполнении классификации морского дна исходный космический снимок был предварительно откорректирован с учетом эффектов влияния не только атмосферы, но и распространения солнечного излучения в толще воды и бликов. Данный уникальный полуавтоматический подход, разработанный ЕОМАР, применен в MIP. Программа обрабатывает космические снимки и предоставляет растр отражений морского дна, учитывая влияние атмосферы и распространения солнечного излучения в толще воды (рис. 3).

НАДЕЖНОСТЬ И ОПЕРАТИВНОСТЬ ПОЛУЧЕНИЯ ДАННЫХ

Для сравнения результатов, полученных с использованием данных ДЗЗ и однолучевых акустических средств, специалисты компании Proteus переделали карты со спецификацией морского дна, а также данные по батиметрии, высокоточные спутниковые снимки, метаданные и технические отчеты в Гидрографическую службу Великобритании.

При проведении батиметрических измерений были получены данные практически обо всей поверхности дна. Были обнаружены и нанесены

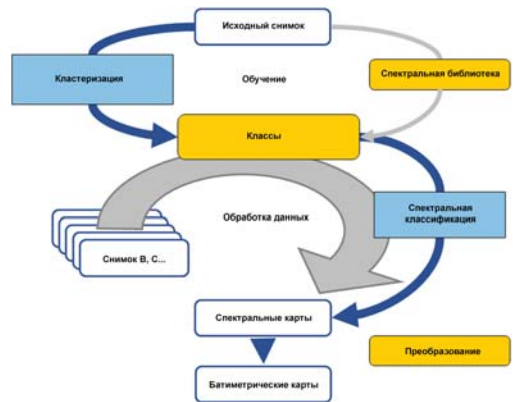


Рис. 3. Схема обработки данных (классификация без обучения)

на карту объекты размером более 4 м. Несмотря на отсутствие полевых наблюдений, вертикальная точность составила от 10 до 15% глубины. Точность позиционирования при вероятном отклонении 10 м (circular error probable — CEP) составила 90%. Однако при использовании дополнительных данных наземных наблюдений можно улучшить точность до 10% глубины и достичь точности позиционирования 90% при вероятном отклонении CEP 6,5 м.

Также была удачно проведена классификация морского дна. Были выделены 4 типа поверхности: песок, камни/обломки, растительность и смешанный тип дна (большая часть растительность). Для специалистов в области гидрографии, а также для научных и инженерных исследований полученные карты морского дна с разрешением 2 м в комбинации с батиметрическими данными являются основным источником ценной информации.

На рис. 4а показаны результаты батиметрических измерений, где глубина варьируется от 0,1 до 10 м. Для глубин более 10 м получение точных данных стало более затруднительным вследствие высокой мутности толщ воды, но полученная информация также была принята для анализа. На рис. 4б показана классификация морского дна участка той же территории.

В районах, где мутность воды превышала допустимый для обработки системой уровень, значения полученных данных находились в пределах допустимой точности и были признаны пригодными. Когда природные условия не позволяют провести необходимые измерения с использованием данных ДЗЗ, система получает полевые данные с мелководья.

Основным показателем для определения

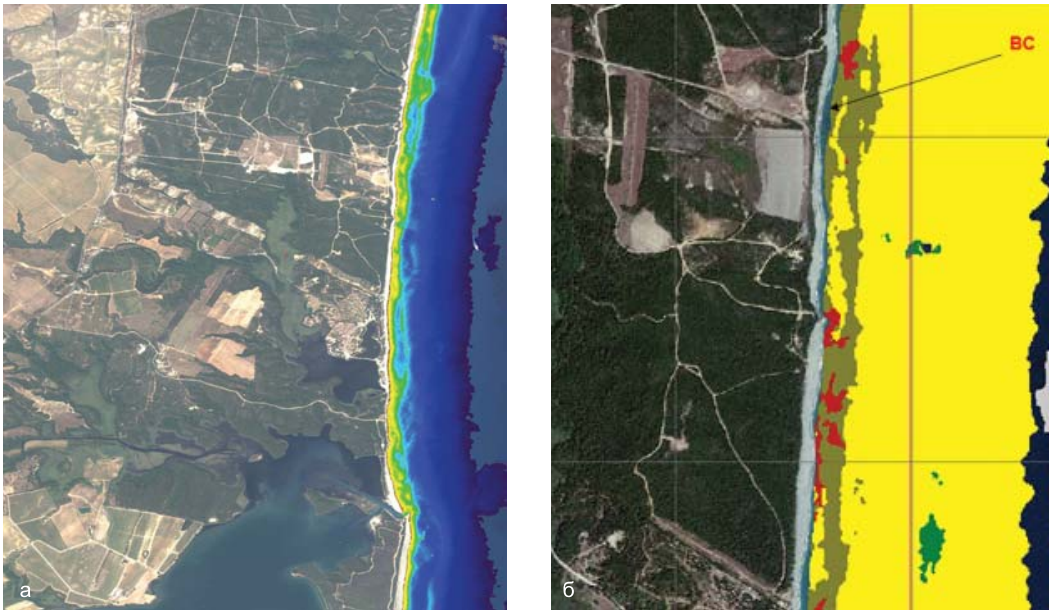


Рис. 4. Использование снимка со спутника WorldView-2 для батиметрии (а) и классификации дна (б)

эффективности пилотного проекта была оперативность получения информации. Время, которое было потрачено на реализацию всего проекта, включая повторную съемку отдельных территорий, составило восемь недель.

Реализация подобного проекта с использованием традиционных акустических гидрографических средств заняла бы несколько месяцев. Кроме того, подобные средства могут нарушать прибрежную экологическую обстановку на мелководье.

ВЫВОДЫ

Участники проекта пришли к выводу, что применение различных космических снимков увеличит плотность точек и позволит создать батиметрическую карту мелководья. Несмотря на то что стоимость конечного продукта возрастает, данный метод позволяет повысить безопасность исследований и сократить применение техники. Средние значения глубин применяются для экологических/технических и морских исследований, однако для отдельных специфических задач могут потребоваться данные о глубинах на мелководье.

Также участники исследования выяснили, что данные, полученные с неподвижных

объектов, являются более ценными, чем данные, полученные с движущихся объектов (кораблей). Стоит отметить, что основными параметрами спутниковой съемки являются местоположение и время, поэтому они должны учитываться при планировании съемки для получения более точной высотной информации.

Результаты, полученные в рамках проекта без использования опорных точек для горизонтальной и вертикальной привязки, были признаны надежными. Измерения производились для глубин около 11 м по всей территории исследования там, где позволяли природные условия. Качество карт чрезвычайно важно для пользователей при просмотре и анализе полученных результатов.

При планировании и проведении гидрографических исследований применение спутниковых снимков WorldView-2 компании DigitalGlobe зачастую позволяет получать результаты, сопоставимые с результатами, полученными с использованием воздушных и морских судов. Космическая съемка наиболее эффективна при обследовании обширных территорий и при этом является более безопасным, экономически выгодным решением в сравнении с традиционными методами.