

## **Краткое описание выполненных в 2017 г. работ и полученных результатов**

Целью проекта является разработка и усовершенствование методов восстановления параметров загрязнения морской поверхности, исследование влияния на их распространение динамических и циркуляционных процессов малых масштабов и определение экологического состояния акваторий морей России на основе комплексного анализа спутниковой информации.

Актуальность задачи оценки экологического состояния омывающих Россию морей не только сохраняется, но и возрастает. Это обусловлено многими причинами: расширение деятельности нефтегазовой отрасли, строительство новых веток подводных трубопроводов и увеличение интенсивности судоходства повышает риски нефтяного загрязнения, в том числе в арктическом регионе; повышение концентрации взвешенного вещества в воде приводит к увеличению мутности вод и снижению биопродуктивности; аномальное цветение вод, с каждым годом становится более продолжительным и охватывает все большие площади; возрастание масштабов внутреннего туризма и рекреационной активности на морском побережье России.

Соответственно возрастает и актуальность научной проблемы спутниковой океанологии и экологии океана, связанной с определением влияния динамических и циркуляционных процессов на распространение загрязнений в морских акваториях и оценкой экологического состояния морей России.

В течение последних трех лет запущены новые искусственные спутники Земли, на которых установлены новейшие приборы для дистанционной диагностики процессов, происходящих на поверхности Земли. Поступающий с них непрерывный поток данных высокого пространственного разрешения вплоть до единиц метров, получаемых в различных диапазонах электромагнитного спектра, обеспечивает качественно новый уровень дистанционных исследований океанических процессов.

В 2017 г. проводимые в рамках проекта исследования базировались на данных новейших приборов, установленных на спутниках семейства Sentinel, Европейского космического агентства, с использованием инструментария геопортала «SeeTheSea» (STS), созданного и находящегося в эксплуатации в ИКИ РАН. В рамках исполнения работ по проекту были созданы и отлажены специальные функционалы, обеспечивающие возможность получения в автоматическом режиме и интегрирования в STS данных спутниковых сенсоров нового поколения, в том числе: данные многоспектрального сенсора оптического диапазона MSI ИСЗ Sentinel-2; данные спектрометра OLCI (Ocean and Land Colour Instrument) и радиометра SLSTR (Sea and Land Surface Temperature Radiometer) ИСЗ Sentinel-3. Был создан специализированный инструментарий, обеспечивающий возможность проведения обработки и тематического анализа полученных с их помощью данных.

На основе проведенного ретроспективного анализа и обобщения всей совокупности накопленной в ходе выполнения Проекта-2014 информации об источниках загрязнений акваторий Балтийского, Чёрного и Каспийского морей и механизмах их распространения, были выбраны следующие тестовые районы: участок акватории Черного моря вблизи дельты р. Дунай; северо-восточная, восточная и юго-восточная части Черного моря;

Керченский пролив; Средний и Южный Каспий; юго-восточная часть Балтийского моря, Лионский залив Средиземного моря. Для арктического региона решено было сосредоточиться на районе вблизи Кольского полуострова, Кольском заливе, Печорском море, где находится нефтяная платформа «Приразломная», и практически неизученных никем с точки зрения экологической ситуации районах Карского моря: Обской и Байдацкой губ, где в последние два года активизировалось судоходство, связанное с перевозкой нефти с арктического нефтеналивного терминала «Ворота Арктики». Все выбранные тестовые акватории отличаются разнообразием протекающих в них гидродинамических процессов и подвержены различным типам загрязнений.

С помощью инструментария информационной системы STS проведена тематическая обработка спутниковых данных, полученных в различных диапазонах электромагнитного спектра: радиолокационных изображений (РЛИ) Sentinel-1A, -B; данных видимого и ИК диапазонов MSI Sentinel-2A, -2B, OLI/TIRS Landsat-8, OLCI Sentinel-3A. Тематическая обработка была направлена на идентификацию на спутниковых изображениях проявлений гидродинамических процессов и явлений, которые могут вносить вклад в процесс дрейфа и распространения различных типов загрязнения морской среды. Учитывая высокое пространственное разрешение используемых данных, основное внимание было уделено суб-мезомасштабным вихревым структурам и внутренним волнам.

Начато формирование выборки и проведена тематическая обработка спутниковых изображений, содержащих проявления различных типов загрязнений морской среды, характерных для тестовых акваторий. Результаты тематической обработки внесены в базу процессов и явлений по различным регионам наблюдений геопортала STS. Проведено картографирование загрязнений разных типов в тестовых районах. По спутниковым данным за 2009-2017 гг. впервые построена карта нефтяного загрязнения морской поверхности в районе турецкого шельфа в юго-восточной части Черного моря. Установлено, что площадь акватории, имеющей высокую вероятность загрязнения плёнками в результате естественных нефтепроявлений, составляет около 360 кв. км.

Обновлены и дополнены данными за 2017 г. карты повышенной взмученности вод для тестовых районов Черного моря, юго-восточной части Балтийского моря и акватории Лионского залива, прилегающей к устью р. Рона.

На основе сформированных подборок данных различных спутниковых сенсоров, полученных с небольшими временными интервалами, проведена работа по восстановлению с высокой пространственно-временной точностью основных параметров гидродинамических процессов малых масштабов. Основное внимание уделялось субмезомасштабным вихрям и короткопериодным внутренним волнам. Впервые удалось проследить формирование, трансформацию и деградацию вихревого диполя, выявленного на серии спутниковых изображений, полученных в августе 2015 г. северо-западнее м. Таран. Время «жизни» диполя составило 8 дней.

Благодаря наличию на орбите большого количества приборов дистанционного зондирования, их высокому пространственному и временному разрешению позволило достаточно детально изучать процессы, происходящие на больших морских акваториях, в частности проследить растекание и дрейф нефтяных пятен. Так, например, по трем последовательным спутниковым изображениям, полученным 19 июня 2017 г. над акваторией Лионского залива Средиземного моря с разницей во времени 5 и 7 ч и пространственным разрешением 10 м, полученных в один день, удалось детально

проследить растекание и дрейф нефтяных пятен, вызванных сбросом с судна загрязненных вод. Исследовано влияние ветра на распространение нефтяных пятен и выявлено, что в районе начала сброса, ближе к берегу, ветер не оказал влияния на распространение загрязненных вод, происходило только растекание пятен. Было доказано, что влияние ветра было скомпенсировано прибрежным противотечением. Мористее, под влиянием юго-юго-восточного ветра, где противотечение уже не оказывало влияния, пятна распространялись на северо-запад со средней скоростью 15–19 см/с.

Проведенный в январе - феврале 2017 г. ежедневный спутниковый мониторинг Керченского пролива, включая район строительства Крымского моста, позволил выявить не только нефтяные загрязнения акваторий якорных стоянок в Керченском предпроливье, но и исследовать с высокой пространственно-временной точностью особенности образования и дрейфа льда через пролив, а также его взаимодействие с опорами технологического и основного моста. По серии спутниковых изображений было обнаружено, что лед, даже при сильном северо-восточном ветре, не проходит между опорами моста, включая самый широкий судоходный проход. Технологический мост представляет собой огромную плотину, которая препятствует естественному дрейфу льда на юг. С целью выявления межгодовой изменчивости ледяного покрова в Керченском проливе был проведен ретроспективный анализ радиолокационных и оптических спутниковых данных за период 1999-2017 гг. До строительства Крымского моста в холодные зимы лед свободно дрейфовал на юг западнее о. Тузла, мог преодолевать всю длину Керченского пролива и даже выйти в Черное море.

В 2017 г. были проведены две серии подспутниковых измерений: с 25 января по 1 февраля 2017 года в северно-западной части Средиземного моря, в Лионском заливе, в районе дельты реки Роны и с 18 по 30 августа 2017 г. в прибрежной зоне Балтийского моря в районе Самбийского полуострова.

Цель экспедиционных работ в Лионском заливе напрямую согласовались с задачами проекта, и заключалась в изучении характеристик гидрологических параметров и свойств взвешенного вещества (концентрация, размер, состав, форма и эффективная плотность) в области влияния пресных вод реки Роны.

Экспедиционные работы в прибрежной зоне Балтийского моря в районе Самбийского полуострова проводились в период с 18 по 30 августа 2017 г. В ходе экспедиционных работ осуществлялась съемка параметров течений при помощи акустического профилографа течений ADCP, закрепленного на маломерном судне. По ходу выполнения съемки проводилось зондирование толщи вод при помощи STD-зонда, датчика общей мутности вод и флуориметра. В ходе работ было выполнено 9 разрезов в акватории Балтийского моря. Также в ходе выполнения работы в акваторию Балтийского моря было запущено 5 лагранжевых буя. Параллельно проводился модельный прогноз дрейфа буюв с использованием интерактивной модели Seatrack Web HELCOM с различным ветровым фактором. Было проведено сравнение наблюдаемой траектории дрейфа с модельным прогнозом. Одним из интересных результатов дрейферных экспериментов было то, что более 70% дрейфующих буюв, запущенных в открытых частях моря при различных атмосферных и гидродинамических условиях, были впоследствии выброшены в район поселка Янтарный. Пляж Янтарного первым в России был удостоен почетного знака «Голубой флаг», он является одним из самых популярных мест отдыха. Однако как показывают наши эксперименты необходимо обратить особое внимание на данный регион

как на район повышенного экологического риска в случае, если в акватории моря случится разлив нефтепродуктов или иных загрязнений.

Результаты работ по проекту представлены в 12 публикациях, индексируемых в базах данных Web of Science Core Collection, SCOPUS и РИНЦ. Было сделано 16 докладов на 9-и международных и российских конференциях.

С материалами, посвященными данному проекту, можно ознакомиться на сайте [http://www.iki.rssi.ru/asp/dep\\_proj/proj\\_555.htm](http://www.iki.rssi.ru/asp/dep_proj/proj_555.htm).