

Задачей проекта является оценка изменения экологического состояния Каспийского моря на протяжении текущего столетия под воздействием природных и антропогенных факторов. Для решения этой задачи требуется детальный анализ больших массивов данных спутникового зондирования Каспийского моря за период с 1999 по 2022 г. совместно с многолетними гидрометеорологическими данными.

Решение поставленной в проекте задачи стало возможным исключительно благодаря созданию в ИКИ РАН информационного сервиса «See the Sea» (STS), который является составной частью ОИ ЦКП «ИКИ-Мониторинг». STS предоставляет исследователям, занимающимся изучением морей и океанов, совершенно новые инструменты для работы с данными дистанционных наблюдений, обеспечивая возможность комплексного анализа данных, различных по своей физической природе, пространственному разрешению, размерности и времени получения.

Многофакторный анализ экологического состояния Каспийского моря выполняется впервые для всей акватории Каспийского моря на основе многосенсорных и мультиплатформных данных спутникового дистанционного зондирования, что и определяет научную новизну проекта.

В 2020 году были проделаны следующие работы и получены основные результаты.

Проанализированы, отобраны и интегрированы в систему STS радиолокационные данные SAR ERS-2; ASAR Envisat из архивов Европейского космического агентства, полученные над акваторией Каспийского моря в 2007-2013 гг.

Все имеющиеся в STS архивные данные многолетних спутниковых наблюдений за период 2007-2013 гг. проанализированы, систематизированы и аннотированы.

Проанализированы, систематизированы и аннотированы данные оперативного многосенсорного мониторинга за 2020 г.

Все полученные результаты внесены в ИС STS, которая является составной частью ОИ ЦКП «ИКИ-Мониторинг». На основе проведенного анализа были решены следующие задачи.

1. По результатам анализа данных спутниковой радиолокации за 2007-2013 гг. и данных многосенсорного спутникового мониторинга за 2020 г. проведено картографирование различных типов нефтяных загрязнений поверхности Каспийского моря. Подтверждено, что, характер поверхностного нефтяного загрязнения Каспийского моря, выявленный в ходе спутникового мониторинга, определяется особыми природными свойствами Каспийского моря, а именно наличием на его дне крупных месторождений нефти и газа. Определены районы наиболее интенсивного загрязнения морской поверхности и выявлены источники загрязнения.

Рассчитаны распределения площадей индивидуальных нефтяных загрязнений морской поверхности в различных тестовых районах. В районе нефтедобычи Нефтяные Камни

наиболее часто наблюдается загрязнение площадью порядка 400 км², однако в отдельных случаях их площади могут превышать 1000 кв.км.

Оценена межгодовая изменчивость площади акватории, потенциально подверженной загрязнению нефтяными плёнками в различных районах

Получены интегральные оценки нефтяного загрязнения морской поверхности, выявленного по спутниковым данным в районах интенсивного загрязнения. Ежегодная интегральная площадь нефтепроявлений, выявленных по спутниковым данным, варьирует в пределах 3000 - 15000 кв. км. в районе нефтедобычи Нефтяные Камни, в пределах 50 - 100 кв. км. на иранском шельфе вблизи мыса Сефид Руд и в пределах 106-210 кв. км. на туркменском шельфе вблизи полуострова Челекен. Интегральная площадь загрязнения нефтяного загрязнения морской поверхности в результате подводного грязевого вулканизма в юго-западной части Каспийского моря за год превышает тысячу кв. км. Результаты, полученные в ходе второго этапа исполнения проекта, свидетельствуют о том, что основной вклад в интегральное нефтяное загрязнение поверхности Каспийского моря вносит непрерывное загрязнение морской поверхности нефтью в районе Нефтяных Камней, а также грязевулканическая активность на морском дне в районе Южно-Каспийской впадины.

Несколько меньший вклад в общую картину загрязнения вносят естественные нефтепроявления углеводородов с морского дна. Более 80 процентов нефтепроявлений этого типа выявляется с мая по сентябрь. Интегральная площадь загрязнения нефтяного загрязнения морской поверхности в результате подводного грязевого вулканизма в юго-западной части Каспийского моря за год превышает тысячу кв. км.

Вклад несанкционированных сбросов нефтесодержащих пленок с судов не относится к основным источникам плёночных загрязнений морской поверхности и мал по сравнению с вкладом вышеперечисленных источников загрязнения.

2. На основе комплексного анализа оптических и радиолокационных изображений, а также информации о концентрации хлорофилла в ИС STS построены карты районов регулярного интенсивного цветения фитопланктона. В исследуемый период районами регулярных проявлений интенсивного цветения фитопланктона являлись, как и в предыдущие годы, западное побережье Среднего и Южного Каспия, южное и восточное побережье Южного Каспия и практически вся акватория Северного Каспия. Цветению фитопланктона наиболее подвержены акватории, находящиеся в приустьевых зонах рек, впадающих в Каспийское море. Выявлено, что области интенсивного цветения фитопланктона отсутствуют вдоль восточного берега Среднего Каспия.

В среднем, площадь районов с интенсивным цветением фитопланктона в исследуемый период оставалась постоянной, за исключением аномального цветения в Южном Каспии в 2009 и 2010 гг. Наименьшие площади цветения фитопланктона, выявленные по спутниковым данным, наблюдались в 2012 и 2013 гг.

3. Получены характеристики межгодовой изменчивости и трендов основных гидрометеорологических параметров Каспийского моря: температура поверхности моря,

температура воздуха, атмосферные осадки, облачность, уровень, поле ветра за 2007-2013 гг. Изучена их пространственно-временная изменчивость в данный период.

4. Оценены основные характеристики ледяного покрова в Северном Каспии, такие как: индекс суровости зим; продолжительность ледяного покрова; максимальная площадь ледяного покрова. На основе спутниковых данных построены карты-схемы ледяного покрова в Северном Каспии за 2007-2013 гг. и в 2020 г. Отмечено, что зима 2019-2020 являлась аномально теплой. Максимальная площадь ледяного покрова наблюдалась в середине января, она составила 36 тыс. кв.км.

5. Построены карты-схемы выявленных по спутниковым радиолокационным и оптическим данным за 2007-2012 гг. и 2020 г. элементов циркуляции вод Каспийского моря: вихревых структур, внутренних волн, сгонно-нагонных явлений и апвеллинга оказывающих влияние на перенос загрязнений.

Выявлено преобладание субмезомасштабных вихревых структур в прибрежной части Каспийского моря (на границе шельфовой зоны и материкового склона). Для каждой части Каспийского моря были выделены основные районы вихреобразования.

Определены районы регулярных поверхностных проявлений внутренних волн и их сезонная изменчивость.

Анализ среднегодовых и среднемесячных (май–сентябрь, 2003–2019 гг.) карт температуры поверхности моря в зоне прибрежного апвеллинга у восточного побережья Каспия позволил проследить характерные для этой зоны изменения границ в меридиональном и зональном направлениях и смещение положения очагов апвеллинга в сезонном цикле, а также установить причины такого смещения с учетом полученной информации о месяцах наиболее частого проявления элементов мезомасштабной циркуляции вод моря, влияющих на протяженность зоны апвеллинга вдоль берега.

6. Проведены работы по усовершенствованию информационной системы «See the Sea», направленные на разработку нового инструментария для решения возникающих в ходе решения проекта задач. Разработан программный инструментарий анализа пространственных распределений и вероятностно-временных характеристик различных явлений на морской поверхности. Данные о времени и месте возникновения явлений, выявленные пользователями системы в процессе работы, сохраняются в базе данных в виде контуров с привязкой к спутниковым изображениям. Новый инструментарий позволяет на основе этих данных определить число эпизодов возникновения явлений в узлах регулярной сетки.

Результаты работ по проекту представлены в 8 публикациях, индексируемых в базах данных SCOPUS, Web of Science, одна из них в Q1. Были представлены 1 доклад на EGU General Assembly 2020, Online, 4–8 May 2020, 3 доклада на SPIE Remote Sensing of the Ocean, Sea Ice, Coastal Waters, and Large Water Regions 2020, September 21-26, 2020, Free Digital Forum; и 3 доклада на Восемнадцатой Всероссийской открытой конференции с международным участием "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса" 16 - 20 ноября 2020 г.

С материалами, посвященными данному проекту, можно ознакомиться на сайте http://www.iki.rssi.ru/asp/dep_proj/proj_20060.htm.