

**Описание выполненных в 2019 году работ и полученных научных результатов  
по проекту  
«Оценка изменчивости экологического состояния Каспийского моря в текущем  
столетии по данным спутникового дистанционного зондирования»**

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, занимающихся 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 2019 году были проделаны следующие работы и получены основные результаты.

1. Проанализирован обширный массив спутниковых данных, полученных за период 1999-2006 гг. и за 2019г. над акваторией Каспийского моря следующими сенсорами

- SAR ERS-1, -2 IMP (пиксельное разрешение 12.5 м);
- ASAR Envisat IMP (пиксельное разрешение 12.5 м);
- ASAR Envisat WSM, IMM (пиксельное разрешение 75 м).

Общее количество проанализированных данных – 1055 сцен.

Данные видимого диапазона (для облачного покрытия <50%):

- TM Landsat-4;-5 за 1999-2000 гг., 2006 г.
- ETM+ Landsat-7 за 1999-2006 гг.

Общее количество проанализированных данных – 2720 сцен.

За 2019 г.:

- SAR-C Sentinel-1A; -1B (пиксельное разрешение 10 м).

Данные поступают в STS в автоматическом режиме. Общее количество проанализированных данных – 2520 сцен.

- OLI Landsat-8
- MSI Sentinel -2A; -2B.

Общее количество проанализированных данных – 1491 сцена.

Анализ данных проводился в ИС STS.

Все проанализированные спутниковые данные были систематизированы, аннотированы и результаты анализа были размещены в соответствующие базы данных процессов и явлений ИС STS.

На основе проведенного анализа были решены следующие задачи.

1. Определены основные параметры нефтяного загрязнения морской поверхности различной природы, составлена обобщенная карта-схема нефтяного загрязнения и

подробные карты, позволяющие оценить степень вероятности загрязнения различных участков морской поверхности вблизи источников загрязнения.

Определены районы наиболее интенсивного нефтяного загрязнения морской поверхности и выявлены источники загрязнения. Особо следует подчеркнуть, что естественные выходы углеводородов в районе Челекенского полуострова ранее не были отмечены в научных публикациях и впервые выявлены и описаны нами в ходе исполнения данного проекта. Этот естественный выход углеводородов расположен вблизи участка нефтедобычи, что может подтверждать факт существования связи между наблюдаемыми в данных дистанционного зондирования естественными нефтепроявлениями и нефтеносными структурами в толще недр на дне моря.

Определена изменчивость совокупных площадей нефтяного загрязнения морской поверхности, выявленных по спутниковым данным в различных районах. В 2005 г. наблюдался всплеск суммарной площади и частоты проявления в спутниковых данных нефтяного загрязнения в Среднем Каспии (район нефтедобычи Нефтяные Камни и район п-ва Челекен), за которым последовало уменьшение количества нефтяных пятен и их суммарной площади.

Определена сезонная изменчивость количества выявленных по спутниковым данным нефтяных пятен и их суммарной площади. Показано, что эта изменчивость отражает изменчивость гидрометеорологических условий на момент проведения съемок. Подтверждено, что площадь нефтяного загрязнения, определяемая исключительно по радиолокационным данным, может оказаться завышенной, если данные получены при слабых ветрах или в штилевых условиях и заниженной, если данные получены в присутствии сильного ветра и значительных возмущений в приводном слое атмосферы.

Выявлено, что в 1999-2006 гг. несанкционированные сбросы нефтесодержащих пленок с судов выявлялись чаще, но их средний размер был меньше, чем в 2019 г.

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 2725 - 12104 кв. км. в районе нефтедобычи Нефтяные Камни, в пределах 40 - 90 кв. км. на иранском шельфе вблизи мыса Сефид Руд и в пределах 150 - 350 кв. км. на туркменском шельфе вблизи полуострова Челекен.

Естественные нефтепроявления после выхода на поверхность под влиянием ветра и течений как правило формируют тонкие изогнутые полосы и могут распространяться на большие расстояния вплоть до 35 км в районе м. Сефид Руд и до 50 км в районе п-ва Челекен, что существенно увеличивает площадь акватории, потенциально подверженной нефтяному загрязнению.

Получена оценка относительного вклада каждого типа загрязнений в интегральное нефтяное загрязнение поверхности Каспийского моря в 1999-2006 гг. и в 2019 г.

Показано, 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. Естественные нефтепроявления углеводородов с морского дна вносят существенно меньший вклад. Показано, что несанкционированные сбросы нефтесодержащих пленок с судов не являются основным источником плёночных загрязнений морской поверхности, однако их объёмы с каждым годом увеличиваются.

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 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 2001 и 2005 гг. Наименьшие площади цветения фитопланктона, выявленные по спутниковым данным, наблюдались в 2003 и 2006 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 1999-2006 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 1999-2006 гг. и в 2019 г.

5. Построены карты-схемы выявленных по спутниковым радиолокационным и оптическим данным за 1999-2006 гг. и 2019 г. элементов циркуляции вод Каспийского моря: вихревых структур, внутренних волн, сгонно-нагонных явлений, оказывающих влияние на перенос загрязнений. Начато накопление статистики о пространственной, сезонной и межгодовой изменчивости гидродинамических процессов.

6. Проведены работы по усовершенствованию информационной системы «See the Sea», направленные на разработку нового инструментария для решения возникающих в ходе решения проекта задач.

Результаты работ по проекту представлены в 3 публикациях, индексируемых в базах данных SCOPUS, Web of Science и РИНЦ. Были представлены 6 докладов на одной международной конференции и одной Всероссийской конференции с международным участием.

С материалами, посвященными данному проекту, можно ознакомиться на сайте [http://www.iki.rssi.ru/asp/dep\\_proj/proj\\_20060.htm](http://www.iki.rssi.ru/asp/dep_proj/proj_20060.htm).