

Технологии спутникового мониторинга атмосферы и поверхности океана района АЭС Фукусима

В.А. Левин, А.И. Алексанин, М.Г. Алексанина, П.В. Бабяк, А.В. Громов,
С.Е. Дьяков, А.А. Загумёнов, В. Ким, М.В. Стопкин, Е.В. Фомин

*Институт автоматизи и процессов управления ДВО РАН
690041 Владивосток, ул.Радио, 5
E-mail: levin@iacp.dvo.ru*

Рассмотрены вопросы применения существующих и новых технологий обработки данных метеорологических спутников Земли для контроля распространения радиоактивных загрязнений атмосферными потоками и океаническими течениями из района АЭС Фукусима на территорию Дальнего востока России. Спутниковым центром ДВО РАН для этих целей была организована специальная обработка данных, результаты которой выставлялись в Интернет и обновлялись в режиме реального времени. Результаты мониторинга сравнивались с результатами анализа изменчивости радиационной обстановки на российской территории и непосредственно около АЭС Фукусима, а также европейскими моделями распространения радиации. Результаты демонстрируют отсутствие заброса на территорию России и в ее прибрежные воды значимых доз радиоактивности. Проанализированы некоторые долговременные аспекты, связанные с наличием зараженной прибрежной зоны, что делает возможным перенос радиации через мигрирующие биологические популяции. Показаны соответствие и особенности результатов спутникового мониторинга с результатами наземных наблюдений и данных моделирования динамики океана и атмосферы. Работа поддержана грантами РФФИ № 11-01-12107-офи-м, 11-01-00593-а, 11-07-00511-а и грантами ДВО РАН.

Ключевые слова: спутниковый мониторинг, радиоактивное загрязнение, композиционные карты ТПО, термические структуры, скорости поверхностных течений.

Введение

Организация и проведение Спутниковым центром ДВО РАН ежедневного оперативного мониторинга океана и атмосферы района АЭС Фукусима с целью расчета рисков радиационного загрязнения территории России позволили оценить возможности Центра и потребовали оперативного развертывания и объединения ряда технологий обработки данных с метеорологических спутников Земли. Основными задачами мониторинга были: оценка путей распространения радиоактивного загрязнения через атмосферу; путей распространения загрязнения течениями; оценка некоторых долговременных последствий, обусловленных наличием зараженной прибрежной зоны острова Хонсю. Анализ проводился для регионов России наиболее близких к АЭС и имевших наибольшие риски получения значительных радиоактивных загрязнений: Хабаровского и Приморского краев, острова Сахалин и Южных Курил. Для оценки радиационной обстановки в районе АЭС в самом начале катастрофы использовались данные с сайта проф. Ичио Асанума (<http://e-asia2.tuis.ac.jp/browse/Sanriku/indexSanriku.html>, Токийский университет). Эта информация была оперативно разослана по экспертам программы ООН по охране окружающей среды UNEP (United Nations Environment Programme). Сайт содержит данные о радиоактивности в море в прибрежной зоне вблизи АЭС. Приводится радиоактивность основных загрязняющих элементов - I_{131} , Cs_{134} и Cs_{137} . Оценки радиоактивности других изотопов меньше приведенных в 10 и более раз и на суммарную радиоактивность влияют слабо. Радиоактивность атмосферных выбросов нами оценивалась косвенным путем, так как система слежения за радиоактивностью в воздухе в районе АЭС не работала. Для получения интенсивности атмосферных выбросов использовались данные о радиоактивности I_{131} . Так как йод имеет период полураспада около 8 суток, то быстрое падение его радиоактивности можно рассматривать как отсутствие дополнительного значительного притока радиации. По мере разворачивания системы контроля использовались измерения в море со станций, чьи положения изображены на рис. 1.

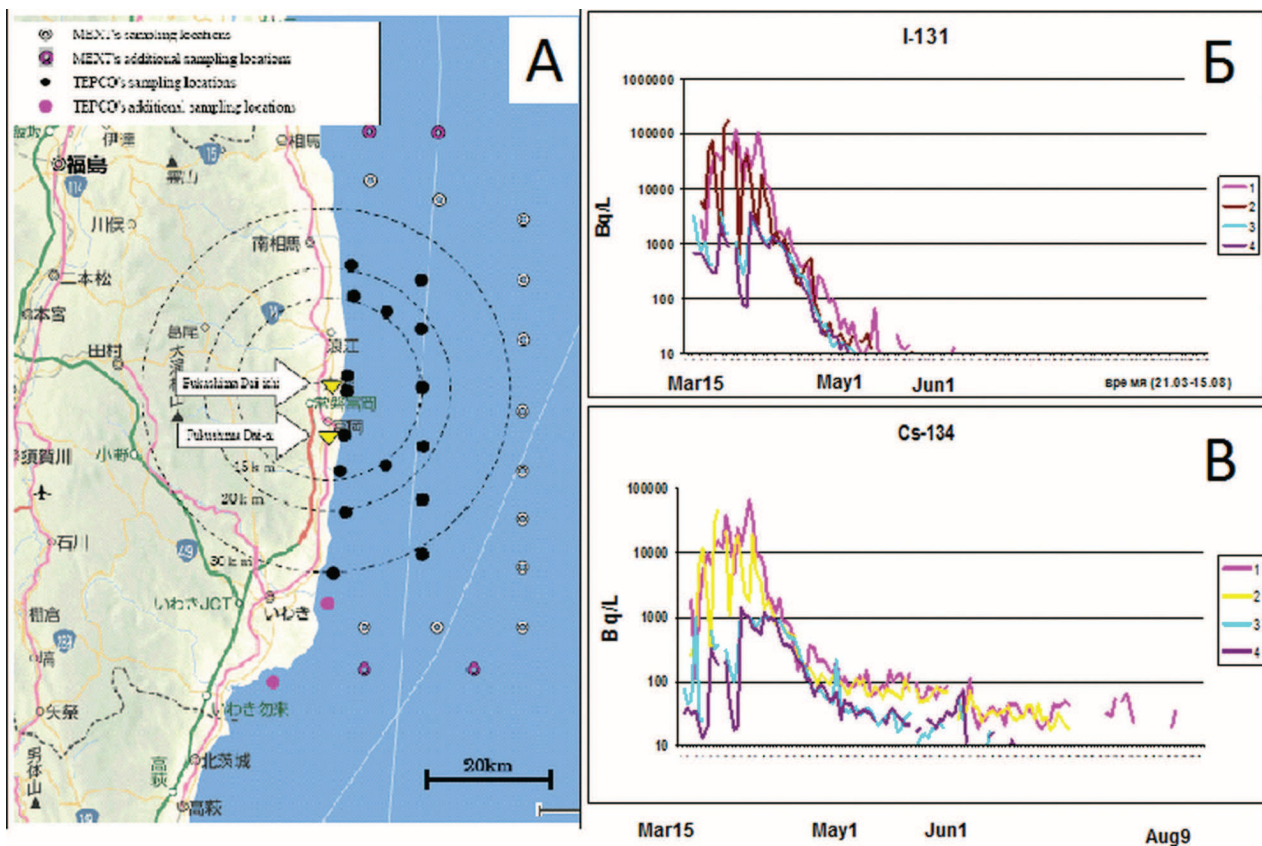


Рис. 1. а – схема расположения измерений радиоактивности в море (черные точки – измерения владельца АЭС – фирмы ТЕРСО); б – изменчивость во времени радиоактивности вблизи АЭС Фукусима по йоду (вверху) и цезию (внизу)

Заброс радиации через атмосферу

Для оценки возможности заброса радиации через атмосферу анализировались пути распространения атмосферной массы, прошедшей над АЭС и вышедшей на территорию РФ. Ближайшая к АЭС территория – это юг Приморья (около 900 км). Расстояние значительное, если сравнивать с распространением радиоактивности при Чернобыльской катастрофе. Поэтому предполагалось, что в случае прихода радиоактивного облака на территорию, наиболее вероятные области значительного заражения местности будут области осадков, выпавших из такого облака.

Спутниковым центром ДВО РАН для мониторинга распространения радиоактивных загрязнений через атмосферу была организована специальная обработка данных, результаты которой выставлялись в Интернет (сайт www.satellite.dvo.ru) и обновлялись в режиме реального времени раз в час. Для мониторинга атмосферы были запущены средства автоматической обработки данных и вывода результатов в форме фильма о движении облачности и водяного пара. Исходной информацией были изображения с геостационарного спутника MTSAT-1R – 48 изображений в сутки в 5 спектральных каналах. По представленным данным можно быстро оценить крупномасштабные перемещения атмосферы, условно разбив ее на 2 уровня по высоте. Канал водяного пара позволяет отслеживать перемещение атмосферных масс на нижних горизонтах тропосферы, ИК-канал по изображения облачности – на верхних горизонтах.

Для отслеживания выпадения осадков в режиме реального времени доступен был только радиометр AMSR-E спутника AQUA. Получение данных остальных спутников, позволяющих оценивать скорость выпадения осадков (TRMM, DMSP, FY-3A, Envisat и др.) возможно

только по запросу. Для расчета нужного параметра был получен, адаптирован и поставлен в автоматический режим работы пакет программ IMAPP (США). Кроме того, вероятность выпадения осадков можно оценить по профилям температуры и влажности атмосферы, рассчитываемых по данным радиометров HIRS и AMSU, установленных на различных спутниках (в первую очередь NOAA) и позволяющих получать информацию в среднем раз в 3 часа по всей площади наблюдения. Для получения профилей атмосферы в режиме реального времени имеющиеся европейские пакеты программ (AAPP, RTTOV и MetOffice-1Dvar) были адаптированы на GRID-сети, включающей суперкомпьютер производительностью 15 Тфлопс, так как обработка одного сеанса спутника сводится к решению до 10 000 задач нелинейного программирования. Поскольку решение задачи зависит от хорошего начального приближения, то была рассмотрена проблема подбора оптимального начального профиля для каждого месяца и каждой точки региона (100–180° в.д.; 0–70° с.ш.) из рекомендуемых для пакета RTTOV начальных профилей.

Спутниковый центр ДВО РАН проводил вплоть до середины августа ежедневный мониторинг перемещения атмосферных масс. Следует сказать, что расположение АЭС было выбрано удачно – основное направление ветра весной было восточное. Трассировка перемещений облачных масс и водяного пара, прошедших над АЭС Фукусима, показала, что вплоть до 29 апреля такие массы на близлежащие территории РФ непосредственно не проходили. Не было непосредственного прохождения такой массы через Японское море по какому-либо маршруту. Существовала возможность прохождения такой массы, рассеянной над северными Курилами и Камчаткой. В силу отдаленности этих территорий от зоны катастрофы детальный мониторинг там не проводился. 29 апреля струя циклона прошла над АЭС Фукусима, южными Курилами и северным Сахалином. Но в это время атмосферных выбросов от АЭС уже не было, поэтому станции радиационного контроля, развернутые на Сахалине, Курилах и Камчатке, не зафиксировали какого-либо изменения радиационного фона.

Результаты проводимого мониторинга сравнивались с результатами анализа изменчивости радиационной обстановки на российской территории и непосредственно около АЭС Фукусима, а также европейскими моделями распространения радиации и расчетами Регионального специализированного метеорологического центра в Обнинске. Для этого проводился анализ предсказаний европейских моделей циркуляции атмосферы (EURAD- The European Acid Deposition, <http://www.eurad.uni-koeln.de/> - Университет Кельна) и анализ измерений на территории РФ.

Анализ всей поступающей информации выявил следующее:

1. Появление незначительных следов радиоактивного загрязнения в Хабаровск в конце марта соответствует европейской модели переноса (через Тихий океан, север РФ и по меридиану на юг к г. Хабаровск, а не через весь земной шар, как об этом писала пресса).
2. Не подтверждается заброс радиоактивного загрязнения по европейской модели в середине апреля ни нами, ни прямыми измерениями на постах радиационного контроля России.
3. Достоверность полученных нами выводов была подтверждена результатами проб воздуха и воды, взятых основными системами наблюдений, развернутыми различными службами (МЧС, Росгидромет, ВВС) на Дальнем востоке РФ: самолетами СУ (ВВС РФ), делавшими заборы воздуха над Японским морем, стационарными постами наблюдений и морской экспедицией на судне МГУ им. Невельского «Надежда» в Японском море. Можно сделать вывод, что прямых (по кратчайшим траекториям и при наиболее высоких рисках загрязнения) значительных забросов радиоактивного загрязнения на территорию Дальнего Востока не было. Поэтому анализ зон выпадения осадков не проводился.

Распространения загрязнения течениями

В качестве основы для контроля циркуляции океана в районе АЭС Фукусима использовались композиционные карты температуры поверхности океана (ТПО). Была создана автоматическая процедура по построению и ежедневному обновлению карт. Карты строились и также выставлялись в Интернет в форме фильма об изменчивости ТПО района Фукусимы (www.satellite.dvo.ru, закладка «Динамика водных масс: движение термических структур на поверхности океана»). Применяемые в настоящее время технологии построения композиционных карт базируются на осреднении данных (Kawamura, 2006), что приводит к «размыванию» фронтов. Основная особенность созданного алгоритма расчета композиционной карты – отказ от процедуры осреднения ТПО за заданный интервал времени. Использовались медианные оценки температуры поверхности, которые в случае бимодального распределения температуры в окрестности точки (термический фронт) выбирают фактически наиболее вероятную температуру. Попутно отфильтровываются пиксели, искаженные облачностью. Такие карты-трехдневки позволяют сохранять четкие термические фронты и уверенно выделять границы объектов (вихрей и струйных течений). Использовались трех-дневные композиции, так как за этот интервал времени перемещения основных объектов синоптического масштаба обычно не приводят к существенным искажениям их положения и геометрии.

Основным источником данных о температуре морской поверхности были ИК-измерения спутника MTSAT-1R. Поскольку ИК-каналы спутника имеют значительную шумовую компоненту, то была создана процедура подавления шума без искажения полезного сигнала, основанная на особенностях шумов каналов и алгоритмов расчета ТПО по технологии MCSST. Строилось три вида композиций. Композиция по данным MTSAT-1R. Расчет ТПО велся по алгоритмам Спутникового центра (Алексанин, Дьяков, 2010), так как методики расчета Японского метеорологического агентства не удовлетворяют по точности современным требованиям (проект GODAE – Global Ocean Data Assimilation Experiment). Композиция по данным радиометра AMSR-E, спутник AQUA (пространственное разрешение около 50 км). И композиция по данным обоих спутников одновременно. Не смотря на всепогодность радиометра AMSR-E (микроволновые измерения позволяют строить ТПО под облаками), низкое пространственное разрешение снижает возможность мониторинга структуры циркуляции океана. Для расчета ТПО по этим данным использовался алгоритм профессора Шибаты (Shibata, 2005), применяемый Японским метеорологическим агентством. Анализ ТПО по микроволновым данным показал, что в зонах сильных температурных фронтов наблюдаются систематические искажения поля ТПО при сравнении с полями ТПО, построенными по инфракрасным (ИК) -данным. Искажения достигают иногда величины в несколько градусов (Ким и др., 2011). Кроме того, в зонах «стыковки» микроволновых и ИК-измерений появляются значительные ложные термические фронты, что привело к разработке соответствующей процедуры коррекции в этих зонах.

Построенные композиционные карты сравнивались с результатами моделирования движения воды в районе АЭС Фукусима. Моделирование движения воды в океане проводил университет Тулузы, проект SIROCCO (<http://sirocco.omp.obs-mip.fr/outils/Symphonie/Produits/Japan/SymphoniePrevij>). Наблюдается хорошее соответствие температур поверхности и динамики воды со спутниковыми данными. Различие лишь в деталях, которые модель сглаживает. Эти различия влияют в основном на оценки направления переноса загрязненной воды непосредственно от АЭС Фукусима. По-видимому, модель усваивает спутниковые температурные карты, рассчитываемые в рамках международного проекта GODAE.

Для расчета скоростей поверхностных течений применялся новый метод автоматического расчета, основанный на прослеживании перемещения выбранного участка изображения воды во времени (Алексанин и др., 2011). Перемещение находится по максимуму кросс-корреляции участков на разных изображениях. Особенность применяемого метода –

наличие новой процедуры априорной оценки точности расчета величины перемещения и отбраковки ошибочных перемещений. Априорная оценка точности повышает информативность метода и резко снижает количество некорректно построенных векторов (рис. 2б). Это позволяет отказаться от обычно используемого сглаживания поля скоростей, построенного классическим кросс-корреляционным методом (Emery, 1986).

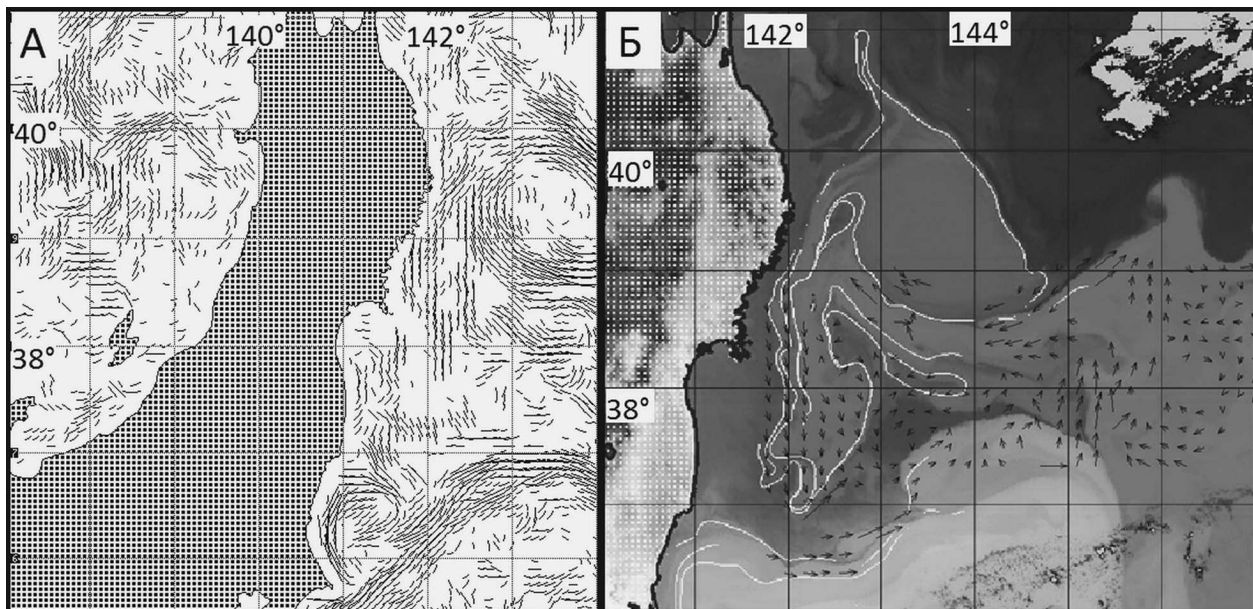


Рис. 2. а – доминантные ориентации термических контрастов за 14 апреля 2011; б – скорости поверхностных течений за это же число и рассчитанные линии тока на поверхности в районе АЭС Фукусима

Возможность построения скоростей поверхностных течений выпадает не часто в силу значительной облачности в регионе. Для получения представления о циркуляции океана строятся композиционные карты термических структур в форме доминантных ориентаций термических контрастов (Алексанина, 1997). Ориентация по сути является статистически значимой касательной к изотермам в окрестности заданной точки (Алексанин и др., 2001) (рис. 2а). Свойства статистически значимых доминант таковы, что они могут рассматриваться как направления течений (с точностью до знака). Используя ДОТК как направления скоростей поверхностных течений, строятся линии, которые можно рассматривать как оценки линий тока (Алексанин, 1997). На рис. 2а видно, что построенные линии тока в целом хорошо соответствуют направлениям скоростей поверхностных течений, рассчитанных автоматическим методом. Однако из-за присутствия облачности на изображении интегральные линии можно построить не всегда. Практика показывает, что использование микроволновых измерений температуры позволяет снять проблему зависимости от облачности при некотором ухудшении детальности строящихся линий, однако наличие статистически незначимых доминант приводит к преждевременному обрыванию строящихся линий.

Какие бы ни были по точности и информативности оценки поверхностных течений, длительное детальное прослеживание перемещения загрязненных вод вряд ли возможно в силу природы морских потоков – близкие по пространству точки со временем расходятся на значительные расстояния. Данные средства полезны лишь для оценки доминирующих направлений распространения загрязнений от АЭС Фукусима. Синоптический анализ потоков, основанный на мониторинге вихрей и доминирующих течений, даст более надежные оценки основных путей перемещения вод. Вихри синоптического масштаба могут переносить зараженные воды как в «контейнере». Отслеживание их перемещения является актуальной

задачей. Для автоматического слежения за вихрями в оперативную работу Спутникового Центра ДВО РАН был введен созданный метод автоматического поиска и выделения вихрей с расчетом их геометрических параметров и прослеживанием на последовательности изображений. Метод основан на выявлении замкнутых циркуляций на картах термических структур в форме ДОТК (Алексанин, Загумёнов, 2011). Метод уверенно распознает более 90% вихрей, выделяемых экспертами. Основная проблема – отбраковка ложно выделенных объектов. Расчеты, проведенные при организации автоматического мониторинга синоптических вихрей океана в районе АЭС Фукусима, показали, что одним из наиболее эффективных способов отбраковки является прослеживание вихря по последовательности строящихся трехдневных композиций ТПО по величине его перемещения.

Анализируя поверхностные потоки воды в районе АЭС Фукусима и отслеживая перемещения синоптических вихрей можно сделать вывод, что с точки зрения распространения радиации течениями океана место расположения АЭС Фукусима выбрано удачно. С севера район ограждает течение Сангарского пролива, смешивающегося с водами течения Ойясио и распространяющееся в восточном направлении, препятствующее распространению вод из района АЭС на север. Распространению на юг препятствует продолжение течения Куроисио. Подробный океанографический анализ возможностей заброса радиации течениями приведен в работе (Жабин, Лукьянова, 2011).

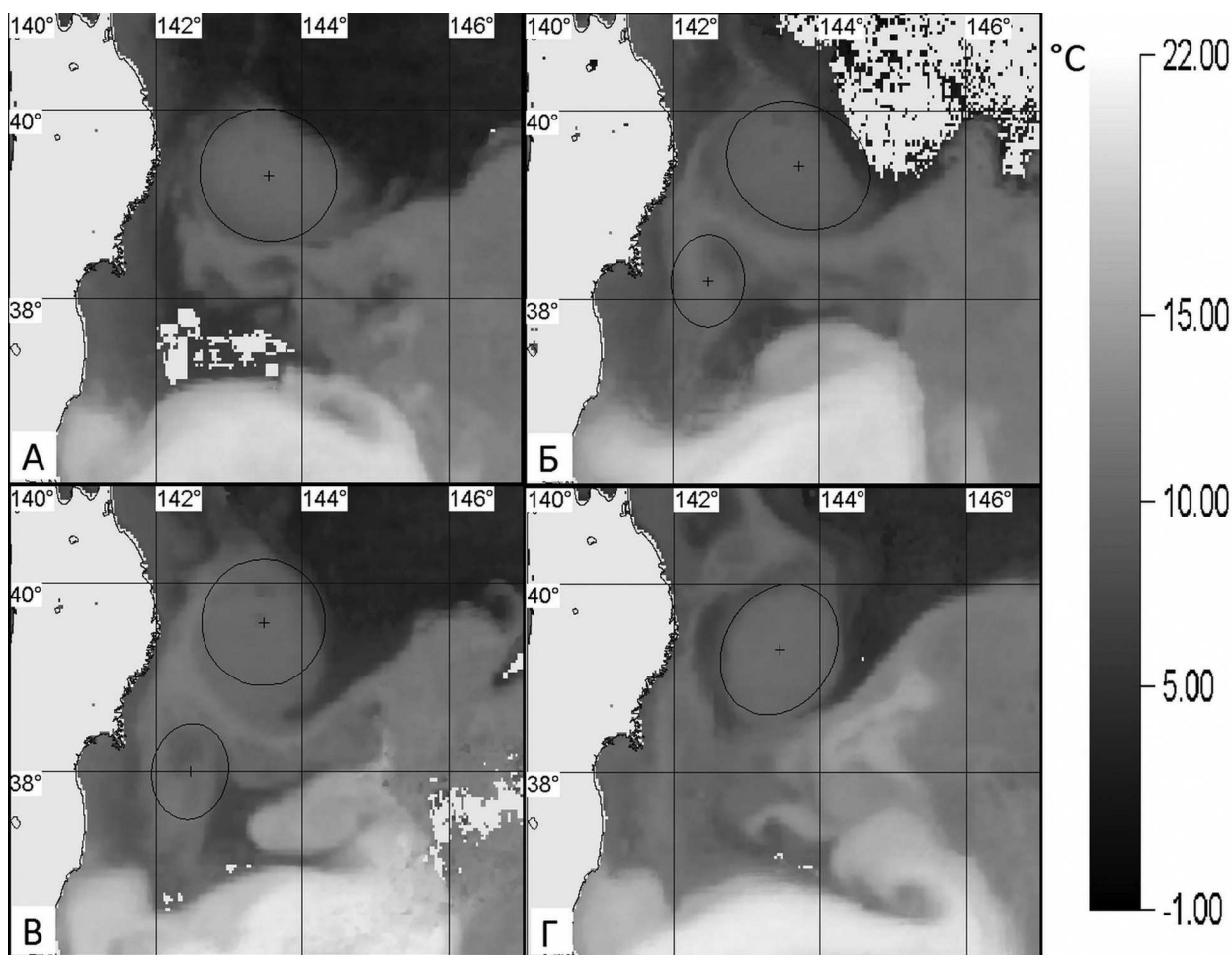


Рис. 3. Пример автоматического выделения синоптических вихрей в районе АЭС Фукусима. Приведены трёхдневные композиционные карты ТПО за 05-04-2011 (А), 12-04-2011 (Б), 16-04-2011 (В), 23-04-2011 (Г). Отображаются вихри с временем жизни более 10 дней

Для оценки последствий переноса загрязненных вод течениями была проанализирована зависимость радиоактивности в приповерхностном слое моря от расстояния до АЭС Фукусима на основе измерений на станциях (рис. 3) после прекращения выбросов радиации. Использовались измерения начиная с мая месяца. Начиная с 1-го мая в пробах воды величина радиоактивности I_{131} была менее 40 Бк/л и фактически не росла (кроме одного измерения на станции №1 (TEPCO-Tokyo Electric Power Company <http://www.tepco.co.jp/en/index-e.html>), достигшего величины 66 Бк/л и являющегося аномальным выбросом). 40 Бк/л – это допустимая норма радиоактивности воды по йоду, которую АЭС имеет право сливать в море по японским нормам (для Cs_{137} эта норма достигает величины 90 Бк/л). С июня радиоактивность йода на всех станциях была ниже чувствительности приборов. Анализ зависимости радиоактивности по цезию от расстояния показал, что с ростом расстояния радиоактивность быстро убывает (в 5–8 раз при удалении на расстояние в 30 км) и не превышает на этом расстоянии допустимую норму 90 Бк/л. На всех станциях концентрация цезия упала ниже приведенной нормы 5 июня. В глубинных слоях моря радиоактивный йод отсутствовал, а цезий не превышал 20 Бк/л. Результаты приведены по одному из изотопов цезия, так как величины радиоактивности двух изотопов в пробах примерно одинаковые. Так как реальные сроки возможного переноса радиоактивности в территориальные воды РФ исчисляются месяцами, то можно сделать вывод, что вероятность появления у нас загрязненных вод со значительными величинами радиоактивности фактически равна нулю.

Оценка долговременных последствий, вызванных наличием зараженной прибрежной зоны

Оценивалась изменчивость радиоактивности на ближайших к АЭС пунктах наблюдения, обусловленная стоком рек после интенсивных осадков в районе АЭС и апвеллинговыми явлениями. Со времени прекращения интенсивных радиоактивных выбросов от АЭС первый тропический циклон, прошедший над о. Хонсю, был в августе. В результате его прохождения рост концентрации цезия не превысил уровня радиоактивности в 90 Бк/л. Это указывает на незначительность последствий смывания радиоактивной почвы в море. Если учесть, что доминирующий ветер в районе АЭС был от берега, то апвеллинговые явления должны были также присутствовать. Низкий уровень радиоактивности около АЭС в течение всего лета и позже говорит о малой вероятности существенного повышения радиоактивности прибрежных вод, вызванного осадками и апвеллингом.

Фитопланктон, являющийся началом кормовых цепочек в океане, поглощает биогенные элементы и может накапливать радиоактивные изотопы. Концентрация хлорофилла-а – пигмента, характеризующего объемы фитопланктона в прибрежной зоне АЭС, высокая (более 1 мг/м³). То есть это воды высокой трофности, что требует применять не стандартные технологии обработки спутниковых данных по цветности моря. Нами было показано, что применение MUMM технологии (Ruddick, 2006) атмосферной коррекции данных радиометров MODIS и использование алгоритма Кардера (Kendall, 2003) позволяют получать приемлемые результаты как в водах высокой, так и низкой трофности одновременно (Salyuk, 2010). В отличие от рекомендуемой NASA технологии (NIR технология атмосферной коррекции и алгоритм ОСЗ для расчета концентрации хлорофилла-а) применяемая технология не приводит к завышению в 10 и более раз концентрации хлорофилла-а в зонах высокой трофности и лишь немного хуже в зонах низкой трофности.

Анализ переноса радиации через мигрирующие биологические популяции – отдельная задача, требующая дополнительных исследований. Для Российской Федерации актуальна миграция сайры, биологический цикл которой начинается в прибрежных водах Японии. Проблемы по радиационному загрязнению биоресурсов в территориальных водах РФ подробно

рассмотрены в материалах Межведомственной рабочей группы по мониторингу возможного загрязнения морских биоресурсов на территории Сахалинской области (<http://www.sakhniro.ru/f/20110719/fksh20110719.html>).

Заключение

Катастрофическое землетрясение в Японии в марте 2011 года и разрушение АЭС Фукусима-1 потребовали организации мониторинга радиационной обстановки на Дальнем востоке. Можно выделить три пути заброса радиоактивного загрязнения на территорию России: через атмосферу, океаническими течениями и через мигрирующие биологические популяции. Спутниковые изображения, представляющие квази-мгновенные измерения на огромной площади, были бы наилучшим средством для мониторинга радиационной обстановки, если бы обладали возможностью детектировать радиационные загрязнения. Тем не менее, оперативно получать оценки рисков радиоактивного загрязнения регионов спутниковая информация позволяет.

Имеющиеся технологии спутникового мониторинга позволили оперативно рассчитывать возможные пути распространения радиоактивных загрязнений через атмосферу и океан. Результаты мониторинга полностью соответствуют прямым измерениям радиоактивности, проводившимся различными ведомствами. По результатам мониторинга можно сделать следующие выводы:

1. Прямых значительных забросов радиоактивного загрязнения через атмосферу на территорию РФ не зарегистрировано.
2. Наблюдается в основном приповерхностное распространение радиационного загрязнения течениями. К началу сентября 2011 г. радиоактивность незначительна уже вблизи АЭС.
3. Существенного роста радиоактивности в прибрежной зоне АЭС за счет «промывания» осадками зараженной территории и апвеллинговых явлений не происходит.
4. Возможность вылова зараженной рыбы, мигрирующей в территориальные воды России и выросшей вблизи о. Хонсю, существует, что требует проведения отдельных исследований.

Работа выполнена на оборудовании, уникальных стендах и установках Центра коллективного пользования «Региональный спутниковый мониторинг окружающей среды ДВО РАН» при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации.

Литература

1. *Александрин А.И., Александрина М.Г., Булатов Н.В., Гербек Э.Э.* Методические аспекты выделения вихрей по спутниковым и судовым измерениям // Известия ТИНРО. 1997. Т. 122. С. 2–11.
2. *Александрин А.И., Александрина М.Г., Горин И.И.* Спутниковые ИК-изображения: от термических структур к полю скоростей // Исследование Земли из космоса. 2001. №2. С. 7–15.
3. *Александрин А.И., Александрина М.Г., Карнацкий А.Ю.* Автоматический расчет скоростей перемещений ледовых полей // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2011. Т.8. №2. С. 9–17.
4. *Александрин А.И., Дьяков С.Е.* Кросс-калибровка ИК-каналов спутника MTSAT-1R и алгоритм расчета температуры поверхности моря // Исследование Земли из космоса. 2010. №5. С. 3–10.
5. *Александрин А.И., Загумённых А.А.* Проблемы автоматического обнаружения вихрей океана по спутниковым ИК-изображениям // Исследование Земли из космоса. 2011. №3. С.65–74.
6. *Александрина М.Г.* Автоматическое выделение поверхностных структур океана по инфракрасным данным спутников NOAA // Исследование Земли из космоса. 1997. №3. С. 44–51.

7. *Жабин И.А., Лукьянова Н.Б.* Результаты мониторинга океанологических условий у восточного побережья Японии в марте–апреле 2011 г. после аварии на АЭС «Фукусима-1» // Вестник ДВО РАН. 2011. №6. С. 48–53.
8. *Ким В., Алексанин А.И., Дьяков С.Е.* Компенсация влияния аппаратной функции радиометра AMSR-E на точность расчета ТПО // Тезисы девятой Всероссийской открытой ежегодной конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса» Москва, ИКИ РАН, 14-18 ноября 2011 г. http://d33.infospace.ru/d33_conf/2011.html
9. *Emery W.J., Thomas A.C., Collins M. J., Crawford W. R., and Mackas D. L.* An objective method for computing advective surface velocities from sequential infrared satellite images // J. Geophys. Res., 1986. Vol.91. №C11. P. 12865–12878.
10. *Kawamura H., Sakaida F., Shimata T., Guan L., Park K., Lee M., Suh Y., Hosoda K., Alexanin A.* Strategic Plan of the NGSST-C development in the western north Pacific // Nippon Kaiyo Gakkai Taikai Koen Yoshishu. F0701C 2006. P. 110.
11. *Kendall L., Carder F., Chen R., Lee Z., Hawes S.K., Cannizzaro J.P.* Case 2 Chlorophyll-a. MODIS Algorithm Theoretical Basis Document, 19. 2003, P. 1–67. http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/DOCS/atbd_mod19.pdf
12. *Ruddick K.G., Cauwer V.D., Park Y.-J., Moore G.* Seaborne measurements of near infrared water-leaving reflectance: The similarity spectrum for turbid waters // Limnol. Oceanogr. 2006. V.51. №2. P. 1167–1179.
13. *Salyuk P., Bukin O., Alexanin A., Pavlov A., Mayor A., Shmirko K., Akmaykin D., Krikun V.* Optical properties of Peter the Great Bay waters compared with satellite ocean colour data // International Journal of Remote Sensing. 2010. Vol. 31. Nos. 17–18. P. 4651–4664.
14. *Shibata A.* Improvement of AMSR-E SST by considering an elaborate correction of wind effect Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2005. IGARSS '05. Proceedings. 2005 IEEE International Date of Conference: 25–29 July 2005 Volume: 4, On Page(s): 2612–2613.

Technologies for satellite monitoring of atmosphere and sea surface in the Fukushima station region

V.A. Levin, A.I. Alexanin, M.G. Alexanina, P.V. Babyak, A.V. Gromov, S.Eu. Diyakov, A.A. Zagumyonnov, V.Kim, M.V. Stopkin, Eu.V. Fomin

*Institute of Automation and Control Processes
690041 Vladivostok, Radio str., 5
E-mail: levin@iacp.dvo.ru*

Application of existed and new technologies for processing of meteorological satellite data for monitoring of radioactive pollution distribution by atmospheric flows and oceanic currents from the Fukushima region to the regions of the Far East of Russia are considered. For these purposes the satellite center of Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences has organized a special data processing which results were exposed in Internet and updated in real time. Results of the monitoring were compared with the results of an analysis of radiation situation in the Russian territory and the Fukushima station directly. European models of radiation distribution are used for the analysis too. The results manifest the absence of significant pollution of Russian territory and adjacent seas. Some long-time aspects connected to the existence of infected coastal zone are considered. Last one leads to possibility of radiation transfer through migrating biological populations. The coincidences and peculiarity of the satellite monitoring results with results of terrestrial observations and simulation of the ocean and the atmosphere dynamics have shown. Research is supported by RFBR grants № 11-01-12107-ofi-m, 11-01-00593-a, 11-07-00511-a and FEB RAS grants.

Keywords: satellite monitoring, radioactive pollution, SST merged charts, sea surface thermal structures, sea surface velocity.