

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КРАСНОЯРСКИЙ
НАУЧНЫЙ ЦЕНТР СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»
ИНСТИТУТ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
СО РАН – ОБОСОБЛЕННОЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЕ ФИЦ КНЦ СО РАН
(ИВМ СО РАН)

УДК 002.6:004.89
№ АААА-А18-118011890023-8

УТВЕРЖДАЮ

Директор ФИЦ КНЦ СО РАН
д.с.-х.н.

_____ А.А. Шпедт
«___» _____ 2020 г.

ОТЧЕТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ
"РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ И ВЕБ-ОРИЕНТИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
ТЕМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МУЛЬТИ- И ГИПЕРСПЕКТРАЛЬНЫХ ДАННЫХ
ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ В ЗАДАЧАХ
ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА И РАЦИОНАЛЬНОГО
ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ"

БЛОК ПРОЕКТА "РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ И ВЕБ-ОРИЕНТИРОВАННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ ТЕМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МУЛЬТИ- И
ГИПЕРСПЕКТРАЛЬНЫХ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ
ЗЕМЛИ В ЗАДАЧАХ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА И РАЦИОНАЛЬНОГО
ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ"

КОМПЛЕКСНОЙ ПРОГРАММЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУЧНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ СО РАН II.1"
(заключительный за 2018-2019 годы)

Направление фундаментальных исследований
IV.38. Проблемы создания глобальных и интегрированных информационно-
телекоммуникационных систем и сетей, развитие технологий и стандартов GRID

Протокол Ученого совета ФИЦ КНЦ СО РАН
№ _____ от «___» января 2020 г.

Ответственный исполнитель блока
ведущий научный сотрудник,
к.ф.-м.н. доцент

_____ О.Э. Якубайлик

Красноярск 2020

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель темы

в.н.с., к.ф.-м.н.

О.Э. Якубайлик

Исполнители:

г.н.с., д.ф.-м.н.

Н.Я. Шапарев

в.н.с., д.б.н.

В.В. Заворуев

с.н.с., к.т.н.

А.А. Кадочников

с.н.с., к.т.н.

А.В. Токарев

м.н.с.

В.Ю. Ромасько

м.н.с.

А.К. Матузко

м.н.с.

А.В. Дергунов

м.н.с.

К.В. Краснощеков

РЕФЕРАТ

Отчёт 18 с., 3 рис., 2 табл., 3 прил.

ВЕБ-ГИС, ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ ВЕБ-СИСТЕМА,
КАРТОГРАФИЧЕСКИЙ ВЕБ-СЕРВИС, ДАННЫЕ ДИСТАНЦИОННОГО
ЗОНДИРОВАНИЯ, СПУТНИКОВЫЙ МОНИТОРИНГ,
ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ МЕТАДАННЫЕ, ГЕОПРОСТРАНСТВЕННЫЕ
ДАННЫЕ, МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ, КАТАЛОГ
СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ, ГЕОПОРТАЛ.

Методы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) из космоса являются одним из важнейших инструментов исследования природных и антропогенных объектов и явлений в задачах экологического мониторинга и рационального природопользования. В условиях высоких темпов роста объемов доступной спутниковой информации в настоящее время возникает безусловная необходимость в создании нового поколения средств автоматизации оперативной обработки данных ДЗЗ, решения основанных на них типовых задач. Обычные настольные компьютеры уже не в состоянии обрабатывать требуемые объемы спутниковой информации, необходимы специализированные системы хранения данных и сервисы их быстрой визуализации через веб-интерфейс в обычном браузере. Более того, нужно не просто «показать картинку», а предоставить набор аналитических инструментов для экспресс-обработки, оперативного анализа данных. Подобные решения сегодня принято создавать в сервис-ориентированной парадигме, на основе веб-технологий.

Актуальность решения задач информационного обеспечения мониторинга антропогенного воздействия на атмосферу промышленного города обусловлена сложной экологической обстановкой, высоким уровнем загрязнения атмосферы в г. Красноярске и ряде других городов Сибири.

Создание баз данных по загрязнению атмосферы, информационно-аналитического обеспечения для анализа экологической информации, поступающей с датчиков системы мониторинга, помогает в решении задач анализа закономерностей распространения и рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере города с целью принятия необходимых управленческих решений, как органами власти, так и хозяйствующими субъектами.

В этом контексте актуальность исследований по проекту, связанных с созданием программно-технологического обеспечения для оперативной обработки мульти- и гиперспектральных данных ДЗЗ и оценки антропогенного воздействия на окружающую среду, в том числе – мониторинга загрязнения атмосферного воздуха, не вызывает сомнений.

Целью проекта является разработка методов и технологий тематической обработки мульти- и гиперспектральных данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и представление их в виде веб-сервисов для решения задач экологического мониторинга и рационального природопользования.

Основные задачи рассматриваемого блока работ по проекту связаны с проектированием и реализацией информационно-вычислительного обеспечения для систем оперативного спутникового мониторинга, созданием программных средств для обработки данных ДЗЗ.

Область применения – разработка сложных программно-технических комплексов и интегрированных систем оперативного спутникового мониторинга, оценки состояния природных явлений и объектов.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Геоинформационная веб-система для визуализации и управления мульти- и гиперспектральными спутниковыми данными.	6
2. Исследования пространственно-временного распределения мелкодисперсной пыли на основе данных оперативного мониторинга.	10
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	13
ПРИЛОЖЕНИЕ А Научные публикации в журналах, индексируемых в российских и международных информационно-аналитических системах научного цитирования	14
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Перечень конференций, в которых были представлены результаты исследований.....	15
ПРИЛОЖЕНИЕ В Некоторые количественные показатели	18

1. Геоинформационная веб-система для визуализации и управления мульти- и гиперспектральными спутниковыми данными

Создано программно-технологическое обеспечение для визуализации данных ДЗЗ, принимаемых спутниковым приемным комплексом ФИЦ КНЦ СО РАН. Разработан комплекс инструментов для предобработки исходных спутниковых данных, их подготовки для быстрого отображения с помощью стандартного веб-браузера. Реализовано клиентское веб-приложение каталога данных ДЗЗ с функциями поиска и загрузки выбираемых пользователем ресурсов.

Техническая реализация разработанных программных средств основана на комбинированном подходе, который позволяет экономить дисковое пространство и позволяет получить приемлемый результат. На основе исходных снимков ежедневно формируется два «базовых продукта» для данных с приборов MODIS космических аппаратов (КА) Terra и Aqua, VIIRS КА Suomi NPP и NOAA-20. Для архивов с данными прибора MSI КА Sentinel-2A, приборов OLI и TIRS с КА Landsat-8, а также данные российских КА Ресурс-П с прибора Геотон и данные с КА Канопус-В с приборов МСС и ПСС формируется один «базовый продукт». Для всех продуктов формируются многоканальные изображения с неполным набором каналов, но достаточным для формирования популярных комбинаций спектральных каналов (цветосинтезированное изображение в «естественных цветах», комбинация каналов снимка, наиболее подходящая для обнаружения пожаров и огня и комбинация, используемая для отображения снега и льда). Дополнительно новое изображение содержит каналы для расчета индексов NDVI и температуры поверхности (при наличии теплового инфракрасного канала). Для российских КА доступен набор каналов, позволяющий формировать цветосинтезированное изображение в «естественных цветах»; для КА Канопус-В формируется изображение NDVI, рис. 1.



Рисунок 1 – Динамически формируемое изображение вегетационного индекса NDVI по данным сцены Sentinel-2A в Каталоге данных ДЗЗ

Для приборов MODIS и VIIRS формируются одноканальные изображения для определения процента облачности. Эти данные используются в поисковой системе для фильтрации сцен с высоким процентом облачности, а также применяются в алгоритмах расчета различных характеристик по задаваемым пользователям мультиспектральным данным.

Разработан набор программ для создания небольших обзорных цветных изображений в естественных цветах в формате PNG для просмотра нескольких снимков одновременно средствами веб-браузера, на стороне клиента. Такие изображения отображаются и масштабируются очень быстро, обеспечивают быстрый интерактивный интерфейс пользователя. Для дневных сцен с приборов иностранных КА используется определенный набор каналов для каждого прибора в диапазоне от 0 до 100% альбедо с гаммой 1,8. В ночное время используется одноканальное изображение сна основе одного канала в диапазоне от 220K до 300K с гаммой 0.5 в негативе.

Обзорные изображения в формате PNG создаются с помощью библиотеки GDAL с преобразованием формата и размера изображения.

Применяется нелинейное масштабирование с помощью степенной функции для изменения яркости и контрастности снимка. Операция выполняется инструментом `gdal_translate`, предназначенным для преобразования растровых данных между различными форматами:

```
gdal_translate -of png -a_nodata 0 -co worldfile=yes -outsize xsize ysize  
-b b1 -b b2 -b b3 -exponent exp_val -scale 0 65535 0 255 file1 file2
```

Перед отображением снимков в веб-интерфейсе выполняется настройка гаммы для программного обеспечения MapServer для 16 битных изображений с помощью таблиц LUT (Look Up Table) для 10 опорных точек. Без этих изменений растры выглядели намного темнее, приходилось использовать автоматический расчет гистограммы раstra для каждого снимка, что в свою очередь приводило к различным артефактам при просмотре снимков в веб-интерфейсе и общая контрастность всех снимков отличалась, так как автоматический расчет выполнялся для каждого раstra независимо.

Разработан комплекс программ для автоматической предобработки спутниковых данных с российских космических аппаратов, поступающих по FTP-протоколу с геопортала Роскосмоса. Поскольку количество получаемых сцен — значительное, их предобработка в ручном режиме невозможна. Дополнительная обработка связана с тем, что полученные файлы со спутниковыми снимками имеют различную иерархию папок, имена файлов отличаются по формату и не имеют данных о времени создания снимка (в имени снимка содержится только время его обработки оператором). Разные снимки имеют разный набор файлов растровых изображений, файлов привязки и метаданных в XML-формате. XML-формат метаданных отличается для разных уровней обработки полученных снимков. Имена файлов могут содержать русские символы, что вносит ряд проблем при работе с ними в Unix системах. Файлы одного и того же снимка в разном представлении могут быть загружены операторами на FTP геопортала Роскосмоса в разное время (с разницей по времени от недели до месяца). В

разработанной системе созданы интерактивные инструменты для решения проблем, связанных с обнаруженными регулярно повторяющимися ошибками подготовки снимков операторами Роскосмоса – бывают ситуации, когда файлы попадают в ошибочные папки на ftp сервере, имена файлов задаются некорректно, и проч. Процесс обработки данных с геопортала Роскосмоса представлен на рис. 2.

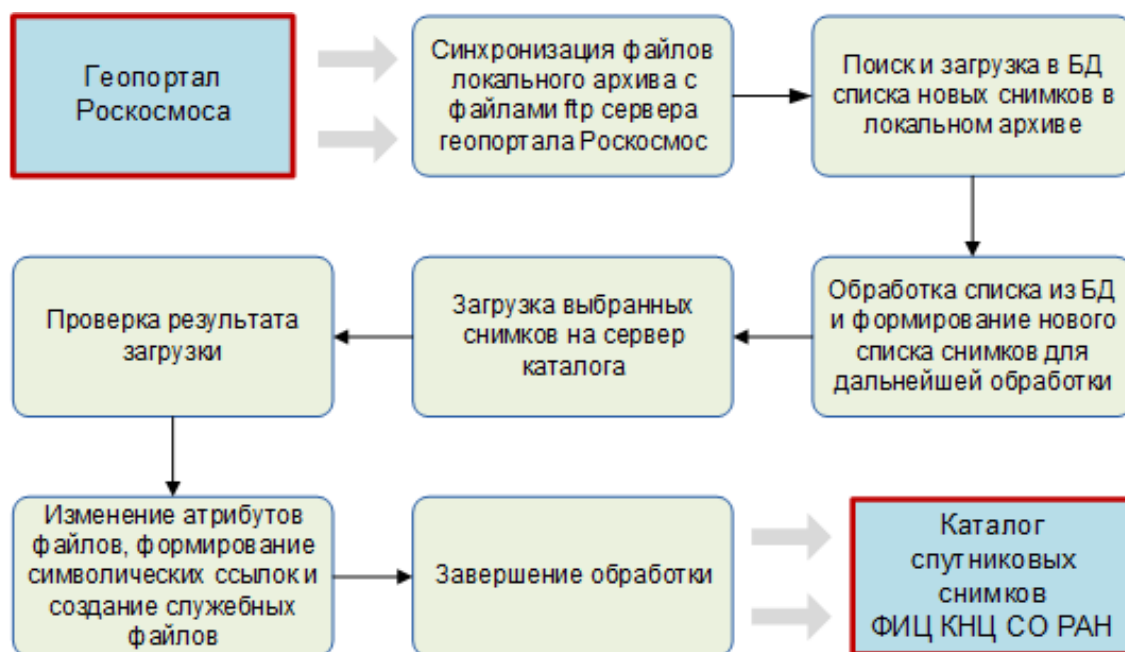


Рисунок 2 – Процесс автоматической обработки спутниковых снимков, поступающих с геопортала Роскосмоса

Набор инструментов для предварительной обработки снимков разработан с использованием языка Python 3 и процессора BASH в среде Unix. Основными модулями для приложений на Python выступали библиотеки GDAL и NumPy.

2. Исследования пространственно-временного распределения мелкодисперсной пыли на основе данных оперативного мониторинга

За отчетный период выполнены работы по проектированию и разработке информационно-аналитического, программного обеспечения для мониторинга и оценки качества атмосферного воздуха. Для интегральной оценки степени загрязнения атмосферы был выбран унифицированный показатель – индекс качества атмосферы (Air Quality Index, AQI), который используется во многих странах мира. Основная идея этого подхода состоит в том, что для каждого вещества формируется шкала уровней загрязнения, состоящая из нескольких классов в зависимости от степени воздействия на здоровье человека. Для каждого класса шкалы уровней загрязнения также вводится цветовое обозначение (зеленый / желтый / красный / бордовый / черный цвет означают соответствующую степень загрязнения атмосферы и влияние на здоровье человека – от безопасного уровня до стихийного бедствия), формулируются рекомендации населению. Вычисление значения AQI по концентрации загрязняющего вещества выполняется с помощью кусочно-линейной интерполяции. В зависимости от типа вещества используются данные с разным периодом усреднения (1 час, 8 часов, 24 часа). Итоговый показатель качества рассчитывается как максимальный по всем загрязняющим веществам.

В результате выполнения работ была создана база геопространственных данных по загрязнению атмосферы г. Красноярска. Формирование базы данных со значениями AQI позволило выполнить пространственно-временной анализ загрязнения атмосферы г. Красноярска. Были проанализированы данные за 2018 г. по всем постам наблюдений за состоянием атмосферного воздуха краевой ведомственной системы наблюдений министерства экологии и рационального природопользования Красноярского края.

Шкала индекса AQI разбита на 6 интервалов в зависимости от степени опасности для здоровья. В Табл. 1 представлены усредненные данные по отдельным постам наблюдения и городу в целом за 2018 год. Большую часть времени уровень загрязнения находится в относительно благоприятных интервалах «Низкое загрязнение» (40,2%) и «Умеренное загрязнение» (42,2%).

Таблица 1. Распределение повторяемости уровней загрязнения в процентах по классам шкалы AQI за 2018 год на постах автоматизированного мониторинга воздуха и по городу в целом.

Загрязнение атмосферы Пост AQI	Низкое	Умеренное	Повышенное	Высокое	Очень высокое	Катастрофическое
	0 – 50	51 – 100	101 – 150	151 – 200	201 – 300	301+
Березовка	24,8	55,6	7,8	11,8	0	0
Ветлужанка	47,9	40,8	6,4	4,9	0	0
Покровка	40,5	32,7	6,7	14,5	5,5	0
Северный	38,6	42	9,9	9,2	0,3	0
Солнечный	51,3	36,4	7,1	5	0,1	0
Черемушки	38,3	45,7	9,4	6,6	0	0
Город	40,2	42,2	7,9	8,7	1,0	0

Временной анализ данных показывает, что критические для здоровья населения значения AQI (>100) в большей степени приходятся на зимний период; средние значения по городу в целом показаны на рис. 3.



Рисунок 3 – Значения AQI за 2018-й год, усредненные по всем постам автоматизированного мониторинга в г. Красноярске

Был выполнен статистический анализ зависимости величины AQI от скорости ветра, направления ветра, давления, относительной влажности и температуры воздуха. На основе этого сформулированы предположения, что критические значения AQI устанавливаются при следующих обстоятельствах:

- Если ветра нет (штиль) или он имеет северо-восточное или восточное направление.
- При температурах воздуха от -10°C до -35°C (зима) и от 10°C до 30°C (лето).
- Давлении атмосферы от 750 мм рт. ст. до 770 мм рт. ст. (зима).

В целом за 2018-й год данные на отдельных постах автоматизированного мониторинга и в среднем по городу показали, что определяющим компонентом значения AQI является концентрация взвешенных частиц PM_{2.5}. За 2018 год усредненное по городу значение AQI составило 69 (средний уровень загрязнения по шкале). В периоды неблагоприятных метеоусловий значение индекса превышало 150 (неблагоприятный уровень по шкале).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанное программно-технологическое обеспечение для визуализации и оперативной обработки спутниковых данных на основе сервис-ориентированной архитектуры может стать основой для создания нового поколения информационно-вычислительного обеспечения систем мониторинга состояния окружающей природной среды, в основе которых лежат данные дистанционного зондирования Земли.

Базы данных и технологии мониторинга и оценки загрязнения атмосферного воздуха представляют практический интерес, имеют большой потенциал к внедрению в профильные экологические организации, уполномоченные структуры исполнительных органов власти на региональном уровне.

Научная значимость результатов обусловлена развитием новых подходов к созданию интегрированных информационно-телекоммуникационных систем, методов и технологий обработки данных.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Научные публикации в журналах, индексируемых в российских и международных информационно-аналитических системах научного цитирования*

1. Кадочников А.А. Применение геоинформационных технологий для построения системы спутникового мониторинга // Геодезия и картография. – 2019. – Т. 80, № 1. – С. 110-118. DOI: 10.22389/0016-7126-2019-943-1-110-118
2. Kadochnikov AA, Tokarev AV, Zavoruev VV and Yakubailik OE. Prototype of city environmental monitoring system based on geoportal technologies // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2019. – Vol. 537 (6). – P. 062052. DOI: 10.1088/1757-899X/537/6/062052
3. Якубайлик О.Э. Особенности построения программного обеспечения геоинформационных веб-систем // Международный научно-исследовательский журнал. – 2018. – № 5 (71). – С. 62-64. DOI: 10.23670/IRJ.2018.71.025.

*Планом НИР по блоку № 4 проекта за отчетный период (2018-2019 годы) предусмотрено 3 публикации

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Перечень конференций, в которых были представлены результаты исследований

1. Якубайлик О.Э., Волков Д.В., Потапов И.И. Научно-исследовательская автоматизированная информационная система мониторинга состояния атмосферного воздуха г. Красноярска // Региональные рынки потребительских товаров: качество, экологичность, ответственность бизнеса: Сборник материалов II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. под общ. ред. Ю.Ю. Суловой. – Красноярск. – СФУ. – 2019. – С. 32-37.
2. Матузко А.К. Применение дистанционных методов для наблюдения температуры поверхности земли городской территории в заданном временном промежутке // Открытая конференция молодых учёных ИВМ СО РАН по математическому моделированию и информационным технологиям – Красноярск. – Изд-во ИВМ СО РАН. – 2019. – С. 32-34.
3. Якубайлик О.Э., Кадочников А.А., Токарев А.В. Система оперативной обработки спутниковых данных ДЗЗ в ФИЦ КНЦ СО РАН // Международная конференция «Информационные технологии для наук о Земле и приложения для геологии, горной промышленности и экономики ITES&MP-2019». – Москва. – Государственный геологический музей им. В.И. Вернадского. – <http://ites2019.sgm.ru/>.
4. Кадочников А.А., Токарев А.В., Якубайлик О.Е. Решение задачи оперативной оценки загрязнения атмосферы на основе геопортала ИВМ СО РАН // Международная конференция «Информационные технологии для наук о Земле и приложения для геологии, горной промышленности и экономики ITES&MP-2019». – Москва. – Государственный геологический музей им. В.И. Вернадского. – <http://ites2019.sgm.ru/>.
5. Якубайлик О.Э., Ромасько В.Ю., Павличенко Е.А. Прием и оперативная обработка спутниковых данных в региональном центре ДЗЗ ФИЦ КНЦ СО РАН // В сборнике: Информационные технологии в дистанционном

- зондировании Земли – RORSE 2018, ИКИ РАН. – Москва. – 2019. – С. 228-233. DOI: 10.21046/rorse2018.228
6. Якубайлик О.Э., Кадочников А.А., Токарев А.В. Программные средства для визуализации геопространственных данных в системе оперативного спутникового мониторинга // В сборнике: Информационные технологии в дистанционном зондировании Земли – RORSE 2018, ИКИ РАН. – Москва. – 2019. – С. 264-270. DOI: 10.21046/rorse2018.264
 7. Токарев А.В., Шапарев Н.Я. Оценка влияния отдельных загрязняющих веществ на индекс качества воздуха в г. Красноярске // Труды XXV Международного Симпозиума «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы» (Конференция С. Исследование атмосферы и океана оптическими методами). – Томск. – Изд-во ИОА СО РАН. – 2019. – С. 380-383.
 8. Заворуев В.В., Заворуева Е.Н. Концентрация PM_{2.5} в приземном слое атмосферы Красноярска в период зимнего антициклона // Труды XXV Международного Симпозиума «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы» (Конференция С. Исследование атмосферы и океана оптическими методами). – Томск. – Изд-во ИОА СО РАН. – 2019. – С. 552-555.
 9. Заворуев В.В., Заворуева Е.Н. Концентрация PM_{2.5} в приземном слое атмосферы поселков Дрокино и Минино (Красноярский край) в период отопительного сезона // Труды XXV Международного Симпозиума «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы» (Конференция С. Исследование атмосферы и океана оптическими методами). – Томск. – Изд-во ИОА СО РАН. – 2019. – С. 556-559.
 10. Якубайлик О.Э., Кадочников А.А., Токарев А.В. Система обработки спутниковых данных в Региональном центре ДЗЗ ФИЦ КНЦ СО РАН // Обработка пространственных данных в задачах мониторинга природных и антропогенных процессов (SDM-2019): Сборник трудов всероссийской конференции. – Новосибирск. – ИВТ СО РАН. – 2019. – С. 50-54.

11. Кадочников А.А., Токарев А.В., Якубайлик О.Э. Геоинформационные технологии и программное обеспечение для оперативной оценки загрязнения атмосферы // Обработка пространственных данных в задачах мониторинга природных и антропогенных процессов (SDM-2019): Сборник трудов всероссийской конференции. – Новосибирск. – ИВТ СО РАН. – 2019. – С. 109-113.
12. Краснощеков К.В., Якубайлик О.Э. Оценка загрязнения атмосферы по спутниковым данным различного пространственного разрешения // Обработка пространственных данных в задачах мониторинга природных и антропогенных процессов (SDM-2019): Сборник трудов всероссийской конференции. – Новосибирск. – ИВТ СО РАН. – 2019. – С. 288-292.
13. Дергунов А.В., Якубайлик О.Э. Анализ климатических характеристик территории распространения сибирского шелкопряда // Обработка пространственных данных в задачах мониторинга природных и антропогенных процессов (SDM-2019): Сборник трудов всероссийской конференции. – Новосибирск. – ИВТ СО РАН. – 2019. – С. 349-353.
14. Гостева А.А., Матушко А.К., Якубайлик О.Э. Поиск изменений температуры городской среды по спутниковым данным на примере города Красноярска // Обработка пространственных данных в задачах мониторинга природных и антропогенных процессов (SDM-2019): Сборник трудов всероссийской конференции. – Новосибирск. – ИВТ СО РАН. – 2019. – С. 401-405.
15. Якубайлик О.Э., Заворуев В.В., Малимонов М.И., Пушкарев А.А. Пространственный анализ загрязнения атмосферы Красноярска // Обработка пространственных данных в задачах мониторинга природных и антропогенных процессов (SDM-2019): Сборник трудов всероссийской конференции. – Новосибирск. – ИВТ СО РАН. – 2019. – С. 477-482.

ПРИЛОЖЕНИЕ В
Некоторые количественные показатели

Таблица: Количественные показатели по Комплексной программе фундаментальных исследований Сибирского отделения РАН № П.1 «Междисциплинарные интеграционные исследования» в 2018-2019 году

Показатель	Значение показателя		
	2018 г.	2019 г.	Всего
1. Общее количество научных сотрудников – исполнителей по блоку проекта № 4	9	9	9
<i>в том числе:</i>			
академиков РАН	0	0	0
членов-корреспондентов РАН	0	0	0
докторов наук	2	2	2
кандидатов наук	3	3	3
молодых ученых (до 29 лет включительно)	3	3	3
2. Количество основных публикаций по блоку проекта № 4			
<i>в том числе:</i>			
монографий	0	0	0
статей, опубликованных по теме проекта в журналах, индексируемых в БД реферативной информации	1	2	3
объектов интеллектуальной собственности (патентов и других РИД)	0	0	0
докладов в материалах конференций	7	15	22