

Автономное учреждение  
Ханты-Мансийского автономного округа - Югры  
"Югорский научно-исследовательский институт  
информационных технологий"  
(Югорский НИИ информационных технологий)

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ  
ТЕХНОЛОГИИ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ  
РАЦИОНАЛЬНОГО  
ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

МАТЕРИАЛЫ III ВСЕРОССИЙСКОЙ  
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

г. Ханты-Мансийск  
2017

ББК 20.18 я431+32.81

Г 35

ISBN 978-5-905751-31-8

Под редакцией А. В. Мельникова, директора АУ «Югорский НИИ информационных технологий», доктора технических наук, профессора.

Ответственный за выпуск А. Л. Царегородцев, заместитель директора по науке АУ «Югорский НИИ информационных технологий», кандидат технических наук.

Г 35 Геоинформационные технологии в решении задач рационального природопользования: Материалы III Всероссийской научно-практической конференции / АУ «Югорский НИИ информационных технологий». – Ханты-Мансийск : Типография ООО «ТехноКом», 2017. – 121 с.

В сборник включены доклады участников III Всероссийской научно-практической конференции «Геоинформационные технологии в решении задач рационального природопользования», прошедшей 10-11 октября 2017 года в г. Ханты-Мансийске.

Настоящее издание посвящено решению вопросов практического использования геоинформационных и информационно-космических технологий в экологии, природопользовании и др. областях. Предназначено для специалистов в области дистанционных методов исследования Земли, создания систем мониторинга и картографирования природных и антропогенных объектов.

Ответственность за содержание и достоверность сведений, представленных в материалах конференции, возлагается на авторов.

© АУ «Югорский НИИ информационных технологий», 2017

© Коллектив авторов, 2017

© Типография ООО «ТехноКом», 2017

## СОДЕРЖАНИЕ

ИНТЕГРАЦИЯ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ И ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕМЕЛЬ <i>В.А. Бударова, Ю.Д. Медведева</i> .....	6
ТЕХНОЛОГИИ ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО АНАЛИЗА И ОЦЕНКИ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕРРИТОРИЙ РОССИИ <i>В.Н. Копылов, А.М. Стерин</i> .....	10
АЛГОРИТМ ГЕНЕРИРОВАНИЯ ФИГУР С ЗАДАННЫМ КОЭФФИЦИЕНТОМ ФОРМЫ ДЛЯ ЗАДАЧ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ <i>М.А. Куприянов</i> .....	14
СИСТЕМЫ ЕДИНИЦ ДЛЯ ЗАДАЧ КОСМИЧЕСКОЙ СВЯЗИ, ЗОНДИРОВАНИЯ И ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ <i>Л.М. Самков</i> .....	17
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ТОПОЛОГИЧЕСКИ-СЕМАНТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ <i>О.В. Самарина, В.В. Славский</i> .....	21
АНАЛИЗ МЕРЗЛОТНЫХ ЛАНДШАФТОВ ОСВАИВАЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ <i>А.А. Шестакова</i> .....	24
ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЦЕНТРА КОСМИЧЕСКИХ УСЛУГ В РАЗРЕЗЕ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ФЕДЕРАЛЬНОГО И РЕГИОНАЛЬНОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА <i>Г.А. Кочергин</i> .....	28
МОНИТОРИНГ РАСХОДА ТОПЛИВА ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ <i>А.А. Тогачев</i> .....	32
КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ЗАТОПЛЕНИЙ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ ХМАО В ПЕРИОД ПАВОДКА <i>И.Н. Муратов</i> .....	36
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СРЕДСТВ WOLFRAM MATHEMATICA ПРИ АНАЛИЗЕ МАРШРУТОВ ПО ТЕРРИТОРИИ ОБЪЕКТОВ СОЦИАЛЬНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ <i>А.С. Тякунов, В.В. Славский</i> .....	39
ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОГО ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ В ПРОМЫШЛЕННЫХ РЕГИОНАХ <i>Ю.В. Лебедев, П.А. Коковин</i> .....	43

ПРИНЦИПЫ УСТОЙЧИВОГО МОНИТОРИНГА И КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ЗЕМЕЛЬ В ПРОМЫШЛЕННЫХ РЕГИОНАХ <i>Т.А. Лебедева, Н.С. Иванова</i> .....	46
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ КОСМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА <i>Р.М. Габдрахманов</i> .....	49
ВЫЯВЛЕНИЕ И КАРТОГРАФИРОВАНИЕ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ И ТАЛЫХ ПОРОД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ (НА ПРИМЕРЕ ЭЛЬКОНСКОГО ГОРНОГО МАССИВА В ЮЖНОЙ ЯКУТИИ) <i>С.В. Калиничева</i> .....	52
ОЦЕНКА МАСШТАБОВ ПОЖАРНЫХ ЭМИССИИ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ РОССИИ ЗА 15 ЛЕТ ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВОГО МОНИТОРИНГА <i>Д.В. Ершов, Е.Н. Соколова, А.С. Исаев, С.А. Барталев, Ф.В. Стыцenco</i> .....	55
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ОПЕРАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РЕГИОНАЛЬНЫХ ПРИРОДООХРАННЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ <i>Е.М. Печугин, Н.В. Резина</i> .....	59
СОЦИАЛЬНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ, МОДЕЛИ И МЕТОДЫ РЕАЛИЗАЦИИ <i>А.О. Ташкин, С.П. Семенов, В.В. Славский</i> .....	62
АТЛАС ИНДУСТРИАЛЬНОГО НАСЛЕДИЯ ЮГРЫ <i>Н.Л. Сенюкова, Г.А. Кочергин</i> .....	69
ОБНАРУЖЕНИЕ ЛЕСНЫХ УЧАСТКОВ С ПОРУБОЧНЫМИ ОСТАТКАМИ ПО КОСМИЧЕСКИМ СНИМКАМ СРЕДНЕГО ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗРЕШЕНИЯ <i>В.А. Хамедов</i> .....	72
ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ПРИ РАСПОЗНАВАНИИ АНТРОПОГЕННЫХ ОБЪЕКТОВ НА СНИМКАХ С БПЛА <i>С.В. Волошин</i> .....	76
КОНФОРМНО-ПЛОСКИЕ СПЛАЙНЫ В ГИС ТЕХНОЛОГИЯХ <i>М.В. Куркина, О.В. Самарина, В.В. Славский</i> .....	79
ОБРАТНЫЕ ЗАДАЧИ В ТЕОРИИ ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА И ИХ ПРИЛОЖЕНИЯ <i>С.Г. Пятков, Е.М. Короткова</i> .....	81
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФУНКЦИИ ИСТОЧНИКОВ В ОДНОМЕРНОМ ПАРАБОЛИЧЕСКОМ УРАВНЕНИИ С УЧЕТОМ ЗАСТОЙНЫХ ЗОН <i>В.В. Ротко</i> .....	84

МЕТОДИКА ОБНАРУЖЕНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ИЗ МНОГОСПЕКТРАЛЬНЫХ СПУТНИКОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ <i>М.Ю. Катаев, А.Ю. Колпаков</i> .....	87
АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ СТРАН БРИКС В ОБЛАСТИ ДЗЗ И ГИС В ПЕРИОД 2014-2017 ГОДОВ <i>В.А. Хамедов, О.А. Байсалямова, Ю.М. Полищук</i> .....	91
МЕТОДИКА ПОДГОТОВКИ ДЛЯ АНАЛИЗА ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ NDVI <i>М.Ю. Катаев, Д.В. Медведцкий</i> .....	94
ИЗУЧЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ ЛЕСНОГО ПОКРОВА НА ТЕРРИТОРИИ ЗАПОВЕДНИКА «НУРГУШ» ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ <i>Т.А. Адамович, Т.Я. Ашихмина</i> .....	98
СОВРЕМЕННЫЕ ХИМИКО-АНАЛИТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ <i>С.В. Нехорошев, А.В. Нехорошева, Н.Д. Минаев, Х.Б. Таги-заде</i> .....	100
МЕТОДИКА ПОДГОТОВКИ ДЛЯ АНАЛИЗА ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ NDVI <i>М.Ю. Катаев, П.В. Шалда</i> .....	103
МОНИТОРИНГ СМЕЩЕНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СЪЕМКИ <i>С.В. Ракунов, П.Ю. Баскаков, Ю.А. Андрюшкина</i> .....	106
СПУТНИКОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК НЕОБХОДИМЫЙ ИНСТРУМЕНТ ГЕОТЕХНИЧЕСКОГО И ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА <i>С.А. Зубков, В.Ю. Слободян</i> .....	110
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ВРАЩАТЕЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ <i>Б.Т. Мазуров</i> .....	113
ДИСТАНЦИОННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОЗЕР КРИОЛИТО-ЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ ПО СНИМКАМ ВЫСОКОГО И СВЕРХВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ <i>Ю.М. Полищук</i> .....	115
ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГИС В ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ КОНТРОЛЯ ЛЕСОПОЖАРНОЙ ОБСТАНОВКИ ПО ФЕДЕРАЛЬНЫМ ОКРУГАМ <i>С.В. Семькин, М. И. Аникин</i> .....	118

## **ИНТЕГРАЦИЯ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ И ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕМЕЛЬ**

*В.А. Бударова, Ю.Д. Медведева*  
ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет»,  
г. Тюмень

---

В настоящее время данные дистанционного зондирования Земли приобретают публичный характер: все больше организаций применяют их в своей деятельности, так как это способствует эффективности и скорости решения ряда масштабных задач. Широкое распространение находят ГИС-технологии, предоставляя пользователям практически всех сфер деятельности колоссальные возможности для анализа пространственных данных и создания картографических материалов [1].

На основе комплексного использования космических снимков разработана методика мониторинга лесных земель [2], применение которой подтверждает использование данных дистанционного зондирования Земли в деятельности, в том числе, природоохранных и контрольно-надзорных организаций.

В результате Всероссийской сельскохозяйственной переписи были собраны подробные статистические данные по более чем 18,5 миллионах объектах, из которых около 76,3 тыс. представляют некоммерческие объединения граждан [3].

На сегодняшний день садоводство, огородничество и дачное хозяйство имеют широкое распространение среди населения нашей страны и длительную историю развития. Согласно официальным данным в России насчитывается более 80 тыс. садоводческих, огороднических и дачных некоммерческих объединений граждан, в пользовании которых находится более 1 млн. гектаров земли. Садоводы, огородники и дачники, численность которых составляет примерно половину всего населения России, производят почти половину плодов и ягод, около четверти овощей и пятую часть картофеля от общего объема продукции. Это означает, что правовая защита их интересов и правовое регулирование отношений, связанных с их деятельностью, поддержка имеют большое экономическое, социальное и политическое значение и должны находиться в сфере повышенного внимания государства [4].

В связи с постоянным ростом значения земельных ресурсов целесообразно проведение мониторинга использования земель в пределах отдельных районов и городских округов для получения наиболее полного и достоверного анализа использования земель.

Информация о землях, предоставляемых садоводческим, огородническим и дачным некоммерческим объединениям, содержится в разных источниках:

1) снимок территории города Тюмень периода август 2015 года, полученный по заказу Тюменского государственного архитектурно-строительного университета;

2) геопортал Тюменской области в разделе «Инвестиции» при выборе ба-

зовых карт из галереи данные о садоводческих, дачных и огороднических организациях граждан отображаются, но без обозначения контуров территорий [5] (рисунок 1);

3) данные публичной кадастровой карты Росреестра [6] с отображенными контурами земель садоводческих, огороднических и дачных объединений Тюменского городского округа (рисунок 2).

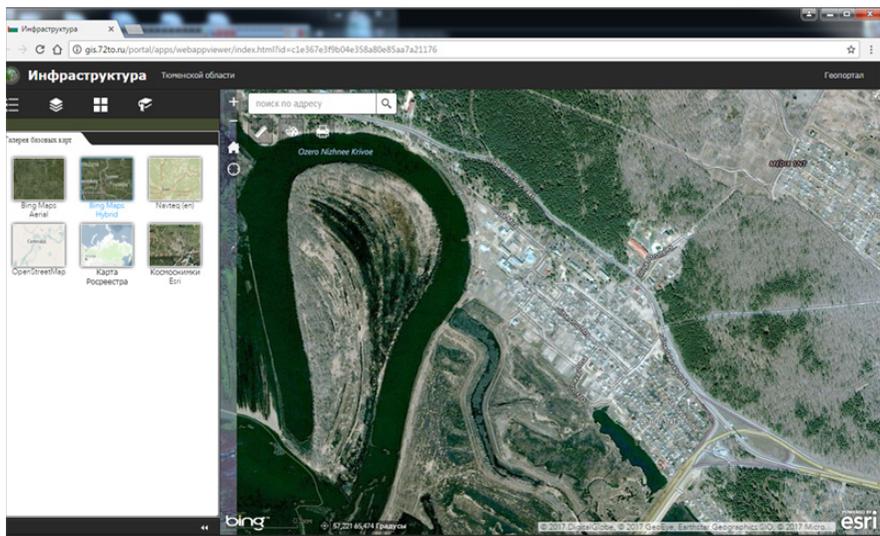


Рисунок 1 – Фрагмент Геопортала Тюменской области раздел «Инвестиции с отображением территории СНТ «Парус» в границах города Тюмень по данным 2017 года [5]



Рисунок 2 – Фрагмент публичной кадастровой карты с отображением территории СНТ «Парус» в границах города Тюмень [6]

Следует отметить, что с 01.01.2017 г. вступил в силу Федеральный закон от 13.07.2015 г. № 218-ФЗ «О государственной регистрации недвижимости» (далее – Закон № 218-ФЗ), согласно которому будут преобразованы в единую систему учета и регистрации государственный кадастровый учет недвижимости и государственная регистрация прав на нее [7]. Согласно указанному Закону № 218-ФЗ, Единый государственный реестр недвижимости будут составлять сведения об объектах недвижимости (кадастр недвижимости), реестр прав, их ограничений и обременений в отношении недвижимого имущества (реестр прав на недвижимость), а также реестр границ [8].

В пределах границ городского округа город Тюмень расположено более 200 неком-мерческих организаций – это садоводческие, огороднические и дачные товарищества. Но не во всех обществах земля полностью используется, можно выявить пустующие участки, в том числе, не поставленные на государственный кадастровый учет.

При этом предлагается анализ как количественных, так и качественных данных. Для анализа и выявления количества неиспользуемых или не учтенных в ЕГРН земельных участков

Кроме того, следует отметить, что земля – не просто предмет купли-продажи, у нее – огромная цивилизационная роль, поэтому целесообразно осуществлять сбор данных на различных уровнях, например, сотрудники Почвенного института им. В.В. Докучаева РАН в содружестве со многими другим организациями разработали единый государственный реестр почвенных ресурсов в России, который принят в качестве официального и является основой для решения практических задач в области сельского хозяйства и кадастра [9].

---

#### **ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ**

1. Ялдыгина, Н.Б. Опыт работы компании «Совзонд» с ВУЗами [Текст] / Н.Б. Ялдыгина // Геопрофи. – 2012. – Вып. 2. – С. 63-66.
2. Хамедов, В.А. Разработка методики мониторинга лесных земель на основе космических снимков оптического и радарного диапазонов [Текст]: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук (25.00.26) / В.А. Хамедов; СГУГиТ. – Новосибирск, 2017. – 24 с.
3. Предварительные итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 (Оперативные итоги) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.gks.ru/free\\_doc/new\\_site/business/sx/vsxp2016/VSHP-2016.pdf](http://www.gks.ru/free_doc/new_site/business/sx/vsxp2016/VSHP-2016.pdf)
4. Бутовецкий, А.И. Садоводческие, огороднические и дачные некоммерческие товарищества как собственники недвижимости (новеллы Гражданского кодекса Российской Федерации) [Текст] / А.И. Бутовецкий // Право. Журнал Высшей школы экономики. – 2014. – № 4. – С. 90–100.
5. Геопортал Тюменской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gis.72to.ru/portal/home/>

6. Интернет-портал государственных услуг Росреестра в электронном виде [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://maps.rosreestr.ru/>
7. О государственной регистрации недвижимости: федеральный закон от 13.07.2015 № 218-ФЗ (не вступил в законную силу) [Электронный ресурс]. – Доступ из справочно-правовой системы «КонсультантПлюс».
8. Вылегжанина, В.В. О некоторых результатах верификации данных, полученных в процессе интеграции государственного кадастра недвижимости и единого государственного реестра прав на недвижимое имущество и сделок с ним, и их использования для целей нало-гообложения [Текст] / В.В. Вылегжанина// Вестник СГУГиТ. – 2016. – Вып. 3 (35). – С. 190-200.
9. Материалы портала «Научная Россия»: Почвенный институт РАН: О едином реестре и новых разработках [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://scientificrussia.ru/articles/uchenye-ran-sostavili-reestr-pochvennyh-resursov-rossii>

УДК 551.582.2

# ТЕХНОЛОГИИ ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО АНАЛИЗА И ОЦЕНКИ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕРРИТОРИЙ РОССИИ

*В.Н. Копылов, А.М. Стерин*

*ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт  
гидрометеорологической информации –  
Мировой центр данных»,  
г. Обнинск*

## **Гидрометеорологическая безопасность территории**

Гидрометеорологическая безопасность определяется как состояние защищенности личности, общества и государства от воздействия опасных гидрометеорологических и/или гелиогеофизических явлений, глобальных изменений погодно-климатических условий. В последние десятилетия во всём мире отмечается увеличение повторяемости, интенсивности и продолжительности экстремальных погодно-климатических проявлений. Наводнения, засухи, ураганы, сели, резкие изменения температуры, грозы и другие опасные и неблагоприятные гидрометеорологические явления (ОЯ и НГЯ) наносят значительный ущерб объектам экономики и населению, подвергают опасности жизни людей [1]. Так, в 2016 г. по оценкам Росгидромета, на территории России имели место 988 ОЯ, причем из них 380 нанесли значительный экономический ущерб. Гидрометеорологическая безопасность на современном этапе становится важнейшей составляющей устойчивого развития территорий [2].

Ущерб от ОЯ и НГЯ определяются величиной уязвимости территории по комплексу показателей уязвимости физического, социального, экономического и экологического характера. При одних и тех же опасных или неблагоприятных гидрометеорологических условиях уязвимость каждой территории зависит от её специфики: природной, производственной, экологической, социальной и т.д.

Изменчивость гидрометеорологических условий создает наибольшие риски на тех территориях, где еще не определены уязвимые места и не найдены способы оптимальной адаптации жизнедеятельности к опасным проявлениям погоды и климата. Существует значительная потребность территорий в наборе сведений, который в общедоступной и лаконичной форме содержал бы информацию о потенциальных угрозах жизнедеятельности, ведению хозяйственной деятельности, связанных с гидрометеорологическими явлениями. Подобный набор сведений в виде официального периодически обновляемого документа необходим для принятия оптимальных погодно-хозяйственных решений при планировании текущей деятельности и для разработки стратегии устойчивого экономического и социального развития территорий.

В рамках выполняемого в настоящее время проекта «Модернизация и техническое перевооружение учреждений и организаций Росгидромета» осуществляется разработка концепции паспорта гидрометеорологической безопасности территорий России, на основе которой будут создаваться паспорта для

проблемных территорий. Ниже приведены сведения о геоинформационных технологиях анализа и оценки разнородных геопространственных данных и сведений, применяемых при создании паспорта гидрометеорологической безопасности территорий.

### **Используемые сведения о территории**

Основные сведения, используемые при описании специфики территории можно отнести к четырём группам.

Сведения, определяющие природную специфику: географическое положение, площадь, рельеф местности и распределение территории по типам рельефа, особенности почвогрунтов, природные зоны, распределение территории по природным и агроклиматическим зонам, характер растительности.

Сведения, определяющие экологическую специфику: особенности атмосферного переноса в пределах рассматриваемой территории, от соседних территорий и на соседние территории, особенности водных объектов, находящихся на территории или граничащих с ней, сведения о загрязнении окружающей среды по территории, состав и состояние наблюдательной сети Росгидромета на территории.

Сведения, определяющие производственную специфику: промышленная добыча полезных ископаемых и виды добываемых полезных ископаемых, основные направления сельскохозяйственных производств, направления промышленных производств, энергетика региона (по источникам энергии и способам ее передачи), транспортная инфраструктура; валовый региональный продукт (ВРП).

Сведения, определяющие социальную специфику: численность населения региона, в том числе городского и сельского, распределение по градациям численности населения городов, доли трудоспособного и нетрудоспособного населения, уровень безработицы, объем ВРП, приходящийся на одного жителя региона, обеспеченность медицинской помощью (число людей, приходящихся на 1 больничную койку), обеспеченность медицинской помощью (число врачей и среднего медперсонала на 10000 чел.).

На обширной территории России, обладающей большим разнообразием климатических условий, наблюдается широкий спектр ОЯ и НГЯ, которые могут нанести существенный экономический ущерб, как отдельным хозяйствующим субъектам, так и отраслям экономики в целом. В соответствии с РД 52.88.699–2008 «Положение о порядке действий учреждений и организаций при угрозе возникновения и возникновении опасных природных явлений», введённым в действие Росгидрометом в 2008г., и РД 52.04.563–2013 от 2013г. «Инструкция по подготовке и передаче штормовых сообщений наблюдательными подразделениями» в типовой перечень опасных природных явлений входят 19 метеорологических опасных явлений, 10 агрометеорологических, 9 гидрологических, 14 морских гидрометеорологических. Для расчетов показателей степени риска возникновения и повторяемости ОЯ и НГЯ в проекте используются многолетние ряды наблюдений продолжительностью не менее 30 лет, полученные государственными сетями наблюдений за состоянием окружающей среды. Для анализа и оценки явлений гидрологического характера, дополнительно применяются обобщённые справочные сведения, ранее опубликованные учреждениями Росгидромета, расчетные

исторические характеристики, существующие только в бумажном виде. Также используется список экстремальных ОЯ и НГЯ, составленный на основе исторических данных с оценкой ущерба и жертв.

### **Результаты геоинформационного анализа и оценки**

Результатами геоинформационного анализа и оценки гидрометеорологической безопасности территории, то есть - анализа размещения, структуры, специфики территориальных объектов и оценки их взаимосвязей с экстремальными гидрометеорологическими явлениями с использованием геопространственных данных, являются:

- описание природной, экологической, производственной и социальной особенностей территории, существенных с точки зрения гидрометеорологических рисков;

- перечень и критерии характерных для территории ОЯ и НГЯ;

- показатели повторяемости ОЯ и НГЯ, рассчитанные на основе рядов наблюдений, полученных государственными сетями наблюдений за состоянием окружающей среды;

- оценки влияния изменений климата на повторяемость и экстремальность ОЯ;

- рекомендации по учету климатических условий территорий при ведении различных видов хозяйственной деятельности;

- показатели экономического риска ОЯ и НГЯ на ближайшую, среднюю и дальнюю перспективу с учётом специфики территории;

- карты-схемы территории с нанесёнными по степеням рисков возникновения ОЯ и НГЯ зонами.

Для повышения информативности, востребованности и наглядности результаты анализа представляются в виде демонстрационных карт, карт-схем, диаграмм, таблиц. При подготовке демонстрационных карт источниками информации о рельефе являлись картографические материалы, данные дистанционного зондирования Земли, прочие данные о рельефе местности в цифровом формате, находящиеся в свободном доступе.

Определение экономического риска для ОЯ и НГЯ различного характера является ключевым для оптимальной адаптации территории к опасным проявлениям погоды и климата, поэтому важное значение имеет выбор алгоритма расчёта экономического риска. В данной работе для расчёта экономического риска от ОЯ и НГЯ за основу взят метод расчёта, разработанный в Главной геофизической обсерватории Росгидромета (ГГО) [3].

Для оценки риска  $R$  воздействия ОЯ и НГЯ на территорию используется выражение  $R=P*V$ , где  $P$ -оценка повторяемости (вероятности) возникновения ОЯ и НГЯ,  $V$  – уязвимость территории к происходящим на ней ОЯ и НГЯ, учитывающая комплекс особенностей как самих ОЯ и НГЯ, так и особенностей территории.

В соответствии с рекомендациями этого метода уязвимость рассчитывается по формуле:

$$V = (s/S)*m*tcp*K*A$$

где  $V$  – уязвимость от ОЯ, НГЯ;

$s$  – средняя площадь воздействия данного явления (кв. км);

S – площадь территории, в том числе административной области (кв. км);  
m – численность населения территории административной области (чел);  
t<sub>ср</sub> – время действия ОЯ или НГЯ (сутки);  
K – коэффициент агрессивности явления;  
A – доля валового регионального продукта в финансовом выражении (в рублях), приходящаяся в сутки на одного жителя данной административной области.

Коэффициент агрессивности конкретного опасного явления выбирается из таблицы, рассчитанной в ГГО.

Описанные технологии геоинформационного анализа являются основой создания для конкретной территории паспорта гидрометеорологической безопасности для решения следующих задач:

- оценка и обобщение исторической информации об ОЯ и НГЯ, имевших место на территории, и доведение этой информации до заинтересованных потребителей;
- определение рисков и потенциальных угроз, связанных с ОЯ и НГЯ на конкретной территории, для органов власти Российской Федерации разных уровней, юридических лиц, принимающих управленческие решения или выполняющих работы по ведению хозяйственной деятельности, развитию территорий, защите населения;
- разработка рекомендаций для создания оптимальных стратегий адаптации экономики и социальной сферы территории к происходящим и предполагаемым изменениям природной среды, связанным с опасными явлениями гидрометеорологического происхождения, с изменениями климата.

---

#### **ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ**

1. Frolova N.L., Kireeva M.B., Magrickiy D.V., Bologov M.B., Kopylov V.N., Hall J., Semenov V.A., etc. Hydrological hazards in Russia: origin, classification, changes and risk assessment // Natural hazards. - Springer Science+Business Media Dordrecht, 2016. – P.1-29.
2. Kopylov V.N., Sterin A.M. System analysis in RIHMI-WDC for the multi-purpose data collection, statistical processing and analysis of hydrometeorological hazards phenomena // Иссле-дования по геоинформатике: труды геофизического центра РАН.– 2016. – Том 4. – №2. – С.7.
3. Кобышева, Н.В. Климатические риски и адаптация к изменениям и изменчивости климата в технической сфере / Н.В. Кобышева, Е.М. Акентьева, Л.П. Галюк. – Санкт-Петербург: «Издательство Кириллица», 2015. – 216 с.

# АЛГОРИТМ ГЕНЕРИРОВАНИЯ ФИГУР С ЗАДАННЫМ КОЭФФИЦИЕНТОМ ФОРМЫ ДЛЯ ЗАДАЧ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

*М.А. Куприянов*

*АУ «Югорский НИИ информационных технологий»,  
г. Ханты-Мансийск*

---

## **Введение**

Бурное развитие в последние десятилетия вычислительных мощностей, информационных технологий и геоинформационных систем (ГИС) дают широкие возможности для решения различных задач путём моделирования. Зачастую при моделировании природных объектов с использованием ГИС возникает необходимость создания случайных геометрических фигур, при этом может возникнуть необходимость создания таких фигур с заранее установленным коэффициентом формы. Например, может возникнуть необходимость создать множество случайных озёр, лесных рубок или лесных гарей. Очевидно, что коэффициент формы у таких объектов как озёра и лесные рубки будет отличаться. Решение данной задачи в научной литературе не описано.

Целью данной работы является разработка алгоритма генерирования в двумерном пространстве случайных фигур с заданным коэффициентом формы ( $F$ ), который рассчитывается по формуле [1]:

$$F = \frac{P^2}{4\pi S},$$

где  $F$  – коэффициент формы геометрической фигуры;

$P$  – периметр геометрической фигуры;

$S$  – площадь геометрической фигуры.

Для построения случайных геометрических фигур была выбрана полярная система координат ( $\varphi, L$ ), где  $\varphi$  – полярный угол,  $L$  – полярный радиус. Выбор полярной системы координат связан с удобством построения фигуры из сегментов (треугольников) и последующим расчётом величины  $F$ .

## **Описание алгоритма**

Для работы алгоритма задаются следующие параметры:

$F_3$  – заданная величина коэффициента формы геометрической фигуры.

$\delta_d$  – допустимая относительная погрешность измерения величины  $F$ .

$n$  – количество пар координат ( $\varphi, L$ ), из которых будет состоять генерируемая фигура.

$N_p$  – количество фигур в множестве.

Последовательность шагов алгоритма:

1. Датчиком случайных чисел с равномерным распределением генерируются  $n$  значений  $\varphi$ , а значения всех  $L$  устанавливаются равными 1.
2. Создаётся множество, которое состоит из числа  $N_n$  фигур, созданных на шаге 1.
3. Для каждой фигуры в множестве, используя датчик случайных чисел с равномерным распределением, выбирается одна из величин  $L$ .
4. Используя датчик случайных чисел с равномерным распределением, выбранная величина  $L$  изменяется в диапазоне от  $L-L*0,1$  до  $L+L*0,1$ .
5. С каждой стороны от  $L$  выбираются лежащие рядом величины  $L$  (соседи) в количестве  $\lfloor 10/n \rfloor$ . Соседние величины  $L$  изменяются прямо пропорционально изменению исходной  $L$  и обратно пропорциональной зависимости от удаления от начальной  $L$ . Изменение полностью прекращается на удалении  $\lfloor 10/n \rfloor + 1$  от первоначальной величины  $L$ .
6. Для всех фигур в множестве рассчитывается величина  $F$  и сравнивается с  $F_3$ . Выбирается фигура значение  $F$  которой наиболее приближено к  $F_3$ .
7. Всё множество заменяется копиями фигуры из шага 6.
8. Если во множестве не обнаружена фигура величина  $F$  которой равна  $F_3$  (с погрешностью измерения  $\delta \leq \delta_d$ ), то алгоритм повторяется с шага 3. При этом  $\delta$  – относительная погрешность измерения величины  $F$ , рассчитываемая по формуле:

$$\delta = \frac{|F - F_3|}{F_3}.$$

На рисунке 1 даны иллюстрации основных шагов алгоритма 1-5, 7.

Как следует из описания последовательности шагов алгоритма, сначала создаётся геометрическая фигура, наиболее приближенная к форме круга, величина  $F$  данной фигуры стремится к единице. Далее такая фигура копируется и заполняет всё множество. После этого каждая фигура в множестве модифицируется случайным образом, изменяя длину одной из своих координат  $L$  в диапазоне  $\pm 10\%$  от начальной величины. Далее модификация распространяется на соседние величины  $L$ , что позволяет добиться плавности изменения контура фигуры. После этого происходит отбор единственной фигуры с наилучшим  $F$  (наиболее приближенной к  $F_3$ ) и её копирование с полным заполнением множества. Алгоритм повторяется с шага 3, пока величина  $F$  не будет равна  $F_3$  (с заданной погрешностью измерения  $\delta_d$ ).

Описанный в настоящей работе алгоритм был реализован на языке программирования Python с использованием библиотеки DEAP [2]. Примеры генерируемых алгоритмом фигур представлены на рисунке 2.

### **Заключение**

Предложен алгоритм, позволяющий создавать в двумерном пространстве случайные геометрические фигуры с заданным коэффициентом формы. Алгоритм может быть использован в задачах моделирования природных объектов.

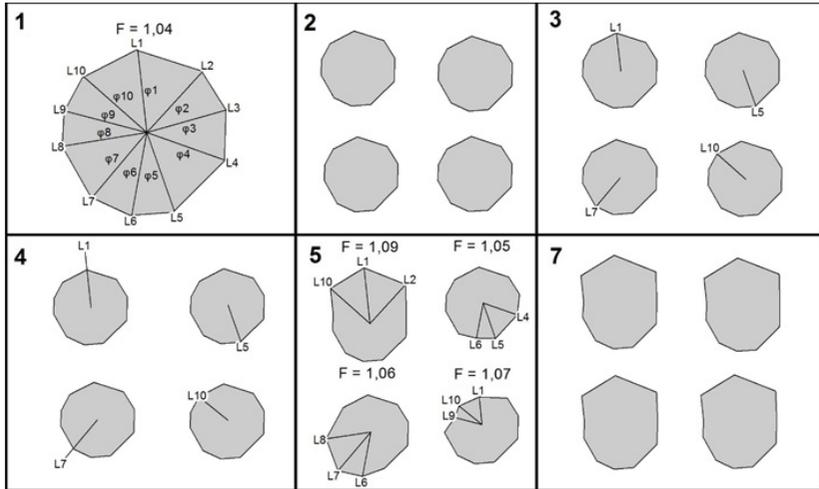


Рисунок 1 – Отображение промежуточных результатов выполнения алгоритма на указанном шаге

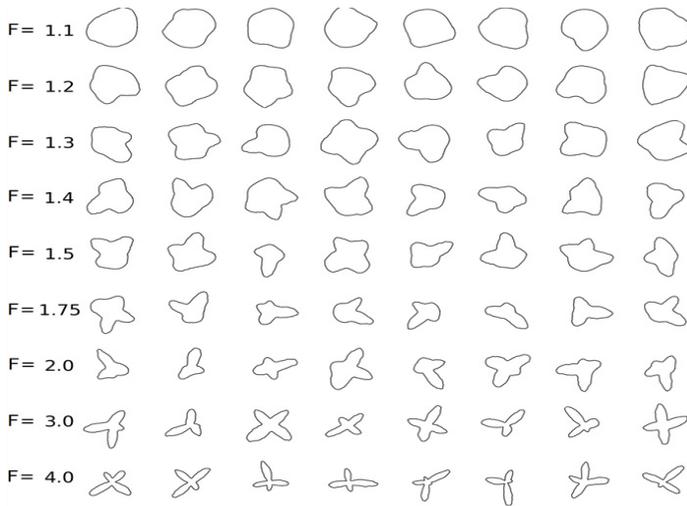


Рисунок 2 – Совокупность фигур, полученных при различных  $F$ .  
 Параметр  $\delta_0 = 10^{-3}$ ;  $n = 360$ ;  $N_n = 10$

#### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Берлянт, А.М. Картоведение: учебник для вузов / А. М. Берлянт, А. В. Востокова, В. И. Кравцова; под ред. А.М. Берлянта. – М.: Аспект Пресс, 2003. – 477 с.
2. Fortin F. A. et al. DEAP: Evolutionary algorithms made easy // Journal of Machine Learning Research. – 2012. – Т. 13. – №. Jul. – С. 2171-2175.

# СИСТЕМЫ ЕДИНИЦ ДЛЯ ЗАДАЧ КОСМИЧЕСКОЙ СВЯЗИ, ЗОНДИРОВАНИЯ И ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ

*Л.М. Самков*

*АУ «Югорский НИИ информационных технологий»,  
г. Ханты-Мансийск*

---

## **Введение**

Развитие космических отраслей требует создания адекватной инфраструктуры [1]. Ее информационную подсистему образуют средства, осуществляющие функции управления и связи, зондирования, позиционирования объектов как земных, так и небесных. Указанные функции обслуживают следующие задачи:

- глобальная и космическая телекоммуникация;
- мониторинг земной и космической среды (метеорология, геофизика, загрязнение, опасные астероиды и космический мусор, солнечные вспышки и магнитосфера);
- разведка полезных ископаемых на Земле и небесных телах;
- навигация земного и космического транспорта и т.п.

Ощущается потребность в единицах измерения, адекватных решаемым задачам и удобных для восприятия человеком (операторами, космонавтами, теоретиками). Например, авиаконструкторы измеряют скорость в махах, а не метрах в секунду, ядерные физики оперируют с атомными единицами, основанными на скорости света и планковой постоянной и т.п. Настоящий доклад посвящен обоснованию таких систем единиц для космических задач.

## **Основные принципы**

Выделим уровни, соответствующие следующим пространственным областям:

Дальний космос.

Гравитационная область Земли, ограниченная сферой Хилла, на которой расположены точки Лагранжа L1 и L2 системы «Солнце-Земля».

Геостационарная область, ограниченная сферой, на которой расположены геостационарные орбиты.

Область, ограниченная земным эллипсоидом.

Единицы измерения, предназначенные для решения задач каждого уровня, должны удовлетворять следующим условиям:

Линейная зависимость от единиц СИ

Соответственность характерным для задач данного уровня пространственно-временным интервалам.

Масштабные соответствия единиц различных уровней.

## **Эталонные единицы**

Пространственно - временные единицы СИ фактически базируются на двух

независимых константах, играющие роль эталонов, заменивших рукотворный эталон метра:

$c$  – скорость света

$\tau$  – период излучения, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133, находящегося в покое при 0 К.

Производным эталоном является величина  $\lambda = c \cdot \tau$ , равная длине волны излучения. Единицы СИ выражаются через эталонные константы  $c$ ,  $\tau$ ,  $\lambda$  следующим образом:

$s$  – секунда, равная  $9192631770 \tau$ , то есть  $\tau = 1.08782775707767 \cdot 10^{-10} s$ .

$m$  – метр, равный расстоянию, которое свет в вакууме преодолевает за время  $1/299792458 s$ . Оно равно  $30,6633189884984 \lambda$ . Тогда  $\lambda = 0.032612255717494 m$ .

Наземным задачам соответствует единица скорости СИ  $1 m/s$  (скорость пешехода). Для наземных астрономических наблюдений используется система астрономических констант САС [2]. В ней единицами являются астрономическая единица (au), сутки (day) и масса Солнца ( $M_{\odot}$ ). Однако она не соответствует задачам астронавтики, поскольку в ней единичная скорость  $1 au/day = 1731500 m/s$ , на два порядка превышает орбитальные скорости. Если же использовать вместо суток юлианский год (a), то единичная скорость равна  $v = 1 au/a \approx 4740 m/s$ . Это удельный импульс кислородно-водородного ЖРД. Орбитальные скорости планет изменяются от  $v$  (Нептун) до  $10v$  (Меркурий), средняя орбитальная скорость Земли равна  $2\pi v$ .

Секундному периоду и герцевой частоте соответствует длина волны  $299792458 m$ . Это на много порядков отличается от необходимого в космических задачах. Вместо них удобно использовать  $\tau$  и  $\lambda$ , которым соответствуют значения частот и псевдодальностей, используемых в системах позиционирования и космической связи. Например, дециметровый L-диапазон (ГЛОНАСС, GPS, связь с АМС) соответствует периодам от 4,6τ до 9,2τ.

Длина волны  $\lambda$  почти точно равна китайскому дюйму «цунь» ( $1/30 m$ ). Если будет признано удобным регулярное применение эталонных единиц времени  $\tau$  и длины  $\lambda$ , их можно именовать соответственно «миг» и «дюйм».

### Системы единиц измерения

Для позиционирования и космической связи предлагается система, основанная на определенных выше единицах  $\tau$  и  $\lambda$ . Как сказано выше, они ответственны частотам и псевдодальностям GPS, а также частотам связи с АМС и функционально связаны с единицами СИ, являясь для них эталонными.

Для задач космической навигации и позиционирования небесных тел и аппаратов предлагается использование следующих систем единиц:

Дальний космос

Характерным пространственным масштабом является астрономическая единица, а периодом – юлианский год. Динамика орбитального движения аппарата массы  $m$  в гравитационном поле Солнца массы  $M_{\odot}$  описывается уравнением:

$$\frac{d^2 \mathbf{R}}{dt^2} = -G \cdot (M_{\odot} + m) \frac{\mathbf{R}}{R^3}$$

учитывая малость  $m$ , имеем

$$\frac{d^2 R}{dt^2} = -C \cdot \frac{R}{R^3}$$

где  $C$  – гравитационный параметр Солнца, равный  $4\pi^2 au^3/a^2$ . Единица гравитационного параметра (грав) по определению равна  $1 \text{ grav} = 1 au^3/a^2 = 3,3618 \cdot 10^{18} \text{ м}^3/\text{с}^2$

Это юлианская система астрономических констант (ЮСАК) с базовыми единицами  $au$ ,  $a$ ,  $\text{grav}$ , предложенная нами в [1].

Для обнаружения космического мусора и потенциально опасных небесных тел может использоваться триангуляция данных наземных приборов, геостационарных и гелиоцентрических маяков [3]. Этим задачам также соответственна система ЮСАК.

Гравитационная область Земли

В отличие от спутников других планет, орбиты которых совпадают с экваториальными плоскостями своих планет, орбита Луны лежит вблизи не экваториальной, а эклиптической плоскости (наклонение  $5^\circ$ ), в которой осуществляются и межпланетные перелеты. Поэтому задачи навигации лунных полетов и управления космическими аппаратами при их переходе из гравитационной области Земли в гравитационную область Солнца однотипны. Для них требуется решение задачи трех тел в реальном масштабе времени. Навигационные станции, осуществляющие позиционирование аппаратов и управление ими, могут располагаться на геостационарной орбите и в точках Лагранжа системы «Земля-Луна». Время обмена данными с аппаратом, находящимся вблизи сферы Хилла, – до 10 секунд. Тогда его скорость относительно Земли равна  $1,027v = 4868 \text{ м/с}$  [1, с.29], а угловое смещение за 10 секунд составит  $6,7''$ . Таким значениям соответствуют единицы СИ.

Геостационарный космос

Периоды обращения высокоорбитальных спутников (суточные и полусуточные) согласованы с вращением Земли. Низкоорбитальные же имеют периоды около 90 минут или  $1/16$  суток. Применяя ту же методику, что и для дальнего космоса, примем в качестве единицы измерения времени сидерические сутки  $sd \approx 86164 \text{ с}$ , а расстояния – радиус геостационарной орбиты  $r \approx 42164000 \text{ м}$ . В этих единицах гравитационный параметр Земли равен  $4\pi^2 r^3/sd^2$ . Большие полуоси  $R$  и сидерические периоды  $T$  спутников в этих единицах связаны кеплеровским соотношением

$$R^3 = T^2.$$

Область, ограниченная земным эллипсоидом

Предложенная выше система единиц, отражающая суточное движение, удобна для сопоставления спутниковых данных с данными о земной поверхности: ее состоянии, горизонтальных и вертикальных перемещений, глубинных процессов (гравитационные аномалии, магнитное динамо и т.п.). Но для этого уже необходимо согласование не только единиц измерения, но и систем координат – космических и геодезических. Программа таких работ намечена в публикациях сотрудников НПО им. С.А.Лавочкина [4].

## **Заключение**

Задачи космической связи, зондирования и позиционирования образует системную целостность для всех космических пространственных уровней. Такой подход был сформулирован Н.Н. Моисеевым под названием «космическая экосистема» и обсуждался нами в 1979 году [5], однако опубликован не был.

Предложенные системы единиц могут быть использованы в экспертных оценках реализуемости вариантов космических проектов, а также верификации результатов моделирования космической информационной инфраструктуры.

---

## **ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ**

1. Самков, Л. М. Прогнозный проект космической инфраструктуры: баллистика и логистика [Текст] / Л. М. Самков // Управление большими системами. – М. : Институт проблем управления РАН, 2015. – Вып. 54. – С.6-44.
2. Resolution B2 on the re-definition of the astronomical unit of length. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.iau.org/static/resolutions/IAU2012\\_English.pdf](http://www.iau.org/static/resolutions/IAU2012_English.pdf) .
3. Samkov, L.M. The forecasting project of the deep space sensing-positioning-communication infrastructure / L.M. Samkov // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2016. – № 2 (18). – С. 97–105.
4. Бармин, И.В. Координатное обеспечение системы глобального мониторинга [Текст] / И.В. Бармин [и др.] // Вестник НПО им. С.А. Лавочкина. – 2014. – № 3. – С. 109-115.
5. Самков, Л.М. О методике прогнозного проектирования перспективных технических систем [Электронный ресурс] / Л.М. Самков // Доклад в Институте Проблем Управления РАН 04.12.2013. – Режим доступа: [http://ubs.mtas.ru/forum/index.php?PAGE\\_NAME=read&FID=2&TID=824](http://ubs.mtas.ru/forum/index.php?PAGE_NAME=read&FID=2&TID=824)

# ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ТОПОЛОГИЧЕСКИ-СЕМАНТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

*О.В. Самарина*

*Департамент по управлению государственным имуществом ХМАО – Югры,  
г. Ханты-Мансийск*

*В.В. Славский*

*АУ «Югорский НИИ информационных технологий»,  
г. Ханты-Мансийск*

---

Работа выполнена при поддержке Совета по грантам Президента РФ (грант НШ 2263.2014.1), Правительства РФ (госконтракт 14.В25.31.0029), РФФИ 15-41-00092 р-урал-а, 15-41-00063 р-урал-а, 15-01-06582 А.

## **Введение**

В настоящее время анализ цифрового изображения является одной из фундаментальных инструментальных задач обработки изображений. Он используется в задачах классификации и распознавания образов, при поиске соответствий в разных цифровых образах одного и того же или аналогичного объекта, в задачах дистанционного зондирования, геологических исследованиях, биомедицине и многих других областях.

Одной из наиболее актуальных задач при анализе и обработке изображений является естественная задача определения характеристик изображения, инвариантных относительно определённой группы преобразований снимка, к примеру, таких как ориентация, качество и масштаб [3]. Применение в задачах обработки изображений методов контурного анализа в большей степени, чем пространственных методов, даёт возможность получить модели, инвариантные к топологическим преобразованиям изображения. Топологически-семантический анализ представляет собой совокупность методов выделения, описания и преобразования контуров изображений и содержит всю необходимую информацию для анализа изображений по их форме.

В данной работе в качестве основного подхода к обработке изображений предлагается использовать топологически-семантический анализ цифрового изображения, основанный на теории Морса [2].

## **Цифровое изображение как функция Морса**

Представим изображение в виде гладкой, неотрицательной функции  $u(x, y)$  заданной в некоторой области  $Q$  на плоскости и определяющей полутоновую яркость изображения.

Возможность приближенного представления дискретного цифрового изображения с помощью гладкой функций гарантирует теорема Вейерштрасса,

которая утверждает, что непрерывную функцию нескольких переменных  $u(x, y)$  на замкнутом ограниченном множестве  $Q$  можно равномерно приблизить последовательностью полиномов: для любого  $\xi > 0$  существует такой многочлен  $P(x, y)$  что максимум его отклонения от  $u(x, y)$  на  $Q$  не превосходит данного  $\xi$ :

$$\max_Q |u(x, y) - P(x, y)| < \xi.$$

Таким образом, реальное дискретное изображение можно приближенно отобразить в виде гладкой поверхности. Среди многообразия возможных гладких поверхностей следует выделить класс поверхностей, который будет представлять все остальные гладкие функции. В качестве такого класса целесообразно использовать класс функций Морса [2]. Можно считать, что поверхности, принадлежащие классу функций Морса, наиболее «просто» устроены с математической точки зрения [1]. Эти функции имеют минимально возможный набор типов критических точек, а именно точки локальных минимумов, максимумов, а также седловые точки (рисунок 1).

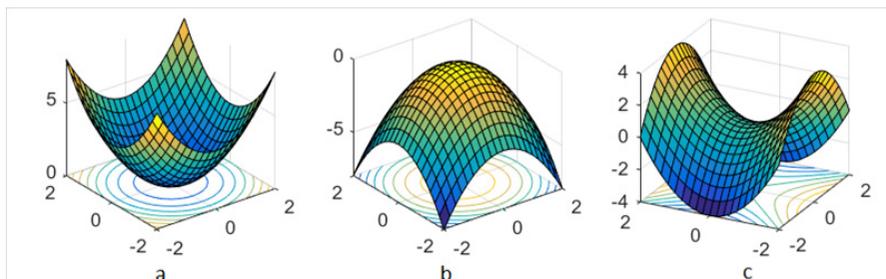


Рисунок 1 – Критические точки функции: a – точка минимума, b – точка максимума, c – седловая точка

### Анализ цифрового изображения на основе теории Морса

На практике цифровое изображение представляет собой дискретную неотрицательную функцию, заданную в узлах сетки. Так как при передаче изображения по каналам связи оно подвергается различным искажениям, перед вычислением критических точек проведем очистку цифрового изображения от шума с помощью метода медианного сглаживания. Данный алгоритм широко используется в обработке сигналов, статистике. Фильтрация функции яркости позволит снять влияние случайных выбросов и поможет выявить закономерные признаки изучаемой функции.

Для обработки одного из цветových каналов тестового изображения (рисунок 2) определим размер окна усреднения размером пикселей, а именно в два пикселя по сторонам от рассматриваемой точки.

Введем понятия статистически значимых точек локального минимума, локального максимума, локальных седловых точек. Данные точки определим как критические точки, значения которых отличаются от срединного значения рассматриваемой выборки на величину, превышающую стандартное отклонение элементов массива.

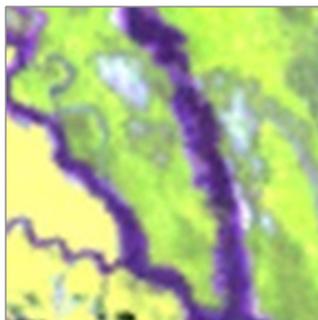


Рисунок 2 – Тестовое изображение

На рисунке 3 отображены статистически значимые точки, вычисленные для тестового изображения.

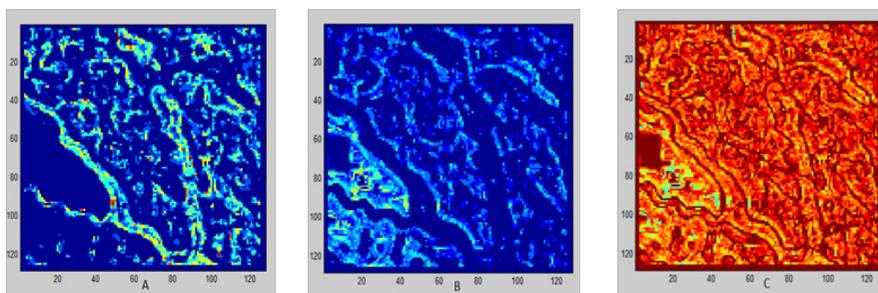


Рисунок 3 – Статистически значимые точки: А – локального минимума, В – локального максимума, С – локальные седловые точки

### Заключение

В результате выполненных работ по вычислению топографических характеристик и разработке программного модуля в среде Matlab были реализованы алгоритмы обработки цифрового изображения на основе теории Морса, а именно определены и вычислены статистически значимые критические точки цифрового изображения.

Результаты работ могут найти применение при решении прикладных задач обработки цифровых сигналов. Разработанный программный комплекс в системе Matlab может быть использован как в учебных целях, так и в дальнейших исследованиях по обработке цифровых изображений.

---

### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Жуков, Ю.Н. Математические инструменты описания картографического отображения рельефа Земли [Текст] / Ю.Н. Жуков // Навигация и гидрография. – 2011. – № 32. – С.60-69.
2. Милнор, Дж. Теория Морса [Текст] / Дж. Милнор. – М.: Издательство ЛКИ, 2008. – 186 с.
3. Самарина, О.В. Геометрические методы в решении задач обработки изображений [Текст] / О.В. Самарина, В.В. Славский // Издательство Lambert Academic Publishing. – Germany, 2015. – 52с.

# АНАЛИЗ МЕРЗЛОТНЫХ ЛАНДШАФТОВ ОСВАИВАЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

**А.А. Шестакова**

*ФГБУН Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН,  
г. Якутск  
Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова,  
г. Якутск*

---

## **Введение**

Применение геоинформационных технологий (ГИС) открывает новые возможности не только в проведении пространственно-временного анализа современных процессов и явлений, но и при использовании традиционных методов исследований, в частности, ландшафтной индикации мерзлотных условий. Результаты ландшафтно-криоиндикационных исследований весьма эффективны при использовании ГИС-технологий в мерзлотоведении и, в первую очередь, в цифровом картографировании с применением атрибутивных данных слоя карт [1]. Впервые получена количественная характеристика геокриологических условий, сложившихся в ряде осваиваемых территорий в пределах Якутии – железной дороги (участок «Томмот – Кердем»), каскада Тимптонской ГЭС, нефтегазозосного месторождения «Ванкорское» и участков подтопления на р. Алазее. На основании первичных материалов полевых мерзлотно-ландшафтных исследований, выполненных в течение ряда лет, и анализа фондовых материалов составлена серия крупномасштабных (1:25 000) и среднемасштабных (1:200 000) мерзлотно-ландшафтных карт различного уровня детальности, содержащих базу данных по структуре компонентов природно-территориальных комплексов (ПТК). Выявлены закономерности пространственной дифференциации мерзлотных ландшафтов и их составляющих на уровне типов урочищ, типов ландшафтов и местностей по мерзлотным критериям – температуре, льдистости, влажности и мощности сезонно-талого слоя грунтов (СТС). В качестве примера, в данной статье рассмотрены инженерные объекты – железная дорога (участок «Томмот – Кердем») и каскад Тимптонской ГЭС, где в 2005-2006 гг. экспедицией Института мерзлотоведения СО РАН были проведены ландшафтные исследования.

## **Материалы и методика исследований**

Были использованы программы: ArcGIS 10.1, ArcView GIS 3.2a, Google Earth, GPS TrackMaker, OziExplorer и следующие материалы: топографические карты масштаба 1:200 000, послужившие основой, мерзлотно-ландшафтная карта Якутии масштаба 1:2 500 000, аэроснимки и космоснимки Landsat. Исследования проводились с использованием следующих методов: комплекса полевых исследований, включающий изучение состава, влажности, льдистости СТС и верхних горизонтов многолетнемерзлых пород (ММП); дистанционных методов (дешифрирование аэрофотоснимков); ГИС-картографирования;

использования методов создания баз геоданных на основе ArcGIS. В основе классификационных построений лежит разработанная А.Н. Фёдоровым в Институте мерзлотоведения СО РАН методика картографирования мерзлотных ландшафтов [2]. При этой разработке была использована известная таксономическая схема Ф.Н. Милькова [3].

## Результаты

На участке Томмот-Кердем с юга на север было изучено 4 физико-географических района [4]. В Приалданском ступенчато-останцовом районе (376-408 км) смешанные елово-сосноволиственничные разнотравно-брусничные леса с примесью березы, осины и кедра являются наиболее характерными. Температуры горных пород положительные, мощность СМС составляет 3-3,5 м. Положительные температуры грунтов можно объяснить тем, что исследуемый район находится южнее, чем все остальные. В связи с этим увеличение сумм количества солнечной радиации и атмосферных осадков обуславливает на дренированных плакорах и теплых склонах распространение талых пород, а развитие мерзлых толщ отмечается лишь на затененных ПТК – в нижних частях склонов северной экспозиции и в днищах мелких долин. Наиболее распространены в Лено-Алданском увалисто-водораздельном районе (408-531 км) урочища с сосновыми и лиственнично-сосновыми лесами с брусничным покровом. Температура горных пород составляет -0,5...-1,5 °С и мощность СТС 2,5-3,5 м. Лено-Амгинский известняково-карстовый район (531-628 км) отличается интенсивным проявлением повсеместного, как поверхностного, так и глубинного мерзлотного карста. Преобладают елово-лиственничные леса мохово-брусничные на очень пологих склонах с температурой горных пород от -2 до -3 °С и мощностью СТС от 1 до 1,5 м. Лено-Алданский песчаниковый район (628-704 км) характеризуется лиственничными лесами голубично-брусничными на очень пологих склонах с температурой грунтов от -2 до -3 °С и мощностью СТС 1-1,5 м. Эти леса занимают около трети территории района.

При картографировании с использованием ГИС получена модель ландшафтной основы с тематическими цифровыми картами (рисунок 1).

Работы на р. Тимптон по проектируемым водохранилищам ГЭС проводились по трем створам: Иджекскому, Канкунскому и Нижне-Тимптонскому. Всего было классифицировано 6 типов местности и 9 типов ландшафтов. Анализ карты типов местности показывает, что ареалы типов местности достаточно обширны. Поэтому карта типов местности бассейна р. Тимптон выглядит достаточно пестрой (рисунок 2). Всего на ней отражены 413 объектов, имеющих отдельные контуры. Значительные территории заняты плакорным (25% от общей площади), пологосклоновым (31%) и среднесклоновым (30%) типами местности.

Ландшафты на ММП занимают 15% рассматриваемой территории. Ландшафты с сезонно-промерзающими грунтами занимают 85% территории. По криогенной текстуре и льдистости поверхностных отложений мерзлотные ландшафты можно оценить следующим образом: с массивной и корковой криогенной текстурой занимают 3%, линзовидной и корковой – 5%, линзовидно-слоистой, атакситовой и поясковой – 7% рассматриваемой

территории. Значения СТС-СМС дают следующее распределение (% общей площади): СМС 2-3 м – 85, СТС 0,5-1,0 м – 7, СТС 1,0-1,5 м – 5 и СТС 1,5-2,5 м – 3. Развитие экзогенных мерзлотно-геологических процессов (% общей площади территории): карст – 12; сочетание карста и эрозии – 32; эрозии и плоскостного смыва – 44; морозобойного растрескивания, эрозии и солифлюкции – 9; морозобойного растрескивания, пучения и термокарста – 3.

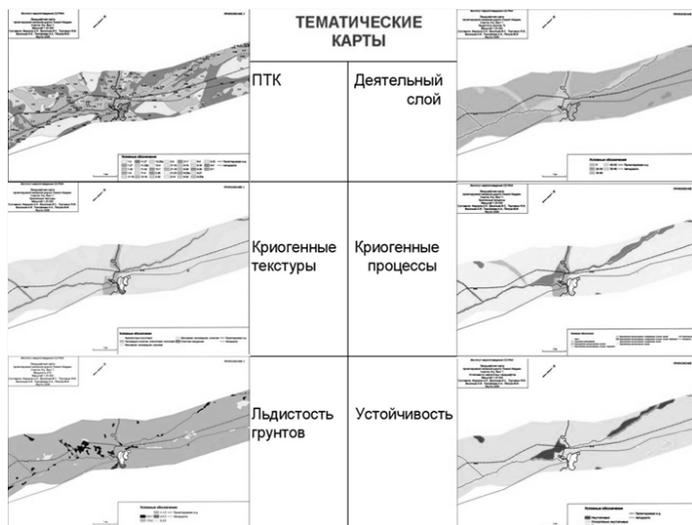


Рисунок 1 – Тематические карты железной дороги Томмот-Кердем (участок Улу)

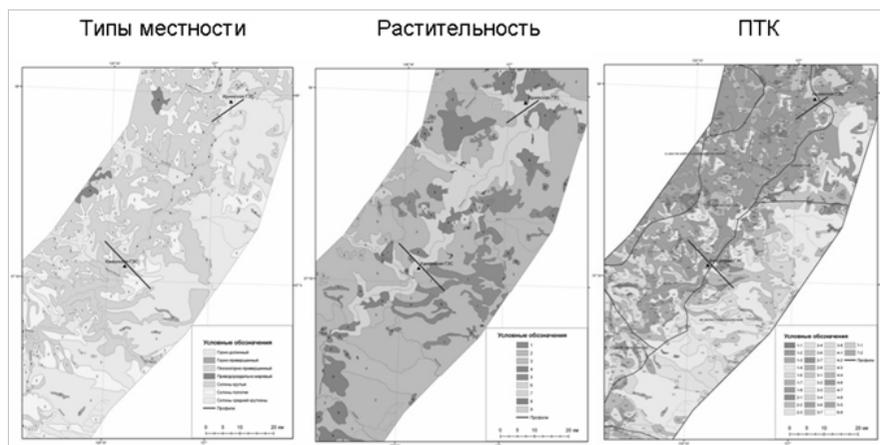


Рисунок 2 – Фрагменты карты типов местности, растительности и ПТК бассейна р. Тимптон

## **Заключение**

Использование ГИС позволило оценить пространственную дифференциацию мерзлотных ландшафтов и их составляющих на уровне типов урочищ, типов ландшафтов и местностей по мерзлотным критериям. Проведенные работы раскрывают содержание мерзлотных ландшафтов и структуру отдельных физико-географических районов, что позволит более детально изучить степень изменчивости ландшафтов в ходе строительства и оценить их устойчивость в период эксплуатации.

---

## **ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ**

1. Шестакова, А.А. Ландшафтная индикация многолетнемерзлых пород и составление картографических моделей для оценки устойчивости мерзлотных ландшафтов с применением ГИС / А.А. Шестакова // Проблемы территориальной организации природы и общества : Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием. – Иркутск. – С. 329-331.
2. Федоров, А.Н. Мерзлотные ландшафты Якутии: методика выделения и вопросы Картографирования / А.Н. Федоров. – Якутск: Институт мерзлотоведения СО АН СССР, 1991. – 140 с.
3. Мильков Ф.Н. Ландшафтная сфера Земли / Ф.Н. Мильков. – М.: Мысль, 1970. – 207 с.
4. Босиков, Н.П. Мерзлотные ландшафты зоны освоения / Н. П. Босиков, И. С. Васильев, А. Н. Федоров. – Якутск : ИМ, 1985. – 123 с.
5. Лено-Алданского междуречья / Н.П. Босиков, И.С. Васильев, А.Н. Федоров. – Якутск: Издательство Института мерзлотоведения СО АН СССР, 1985. – 124 с.

## **ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЦЕНТРА КОСМИЧЕСКИХ УСЛУГ В РАЗРЕЗЕ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ФЕДЕРАЛЬНОГО И РЕГИОНАЛЬНОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА**

*Г.А. Кочергин*

*АУ «Югорский НИИ информационных технологий»,  
г. Ханты-Мансийск*

---

В настоящее время можно выделить три основных тренда в области использования данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и других результатов космической деятельности (РКД). Первое направление связано с активным развитием российских систем дистанционного зондирования Земли. Российская Федерация по праву является одним из мировых лидеров по разработке, внедрению и использованию высоких технологий в сфере освоения космоса. В настоящее время наша страна занимает одно из первых мест по количеству действующих космических аппаратов (КА) на околоземной орбите, осуществляющих сбор информации о состоянии поверхности Земли и ее атмосферы, предоставляющих различные услуги связи и передачи данных, а также обеспечивающих оперативными навигационно-временными данными.

За последние несколько лет были успешно выведены на орбиту несколько перспективных спутников дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), в числе которых КА высокого пространственного разрешения (Ресурс-П №1, №2, №3, Канопус-В, Канопус-В-ИК), среднего и низкого пространственного разрешения (Метеор-М №1, №2), геостационарный КА, позволяющий получать снимок полного диска Земли каждые 15-30 минут (Электро-Л). В ближайшие годы Государственная корпорация по космической деятельности «Роскосмос» в соответствии с Федеральной космической программой России на 2016-2025 гг. планирует увеличить орбитальную группировку космических аппаратов дистанционного зондирования Земли до 23 спутников [1].

Однако, не смотря на все технические достижения в космической отрасли, правовые основы использования данных дистанционного зондирования Земли и других результатов космической деятельности до недавнего времени были не достаточно проработаны. Еще недавно единственным действующим нормативным правовым актом, направленным на обеспечение правового регулирования космической деятельности в целях развития экономики, науки и техники, был закон Российской Федерации от 20.08.1993 года № 5663-1 «О космической деятельности». Такое положение дел привело к существенному разрыву между техническими возможностями действующих космических аппаратов и законодательной базой по использованию результатов космической деятельности как на федеральном, так и на региональном уровне.

Для устранения сложившихся несоответствий Президентом Российской Федерации 14 января 2014 года были утверждены «Основы государственной политики в области использования результатов космической деятельности в интересах модернизации экономики Российской Федерации и развития

ее регионов на период до 2030 года» (далее – Основы), определяющие государственные интересы, принципы, цель, задачи и этапы реализации государственной политики в области использования РКД. Для реализации Основ распоряжением Правительства Российской Федерации от 1.09.2015 года № 1698-р был утвержден план мероприятий на 2015-2020 годы (далее – План).

Центр космических услуг Ханты-Мансийского автономного округа – Югры (ЦКУ), созданный на базе автономного учреждения «Югорский научно-исследовательский институт информационных технологий» распоряжением Правительства автономного округа от 18.09.2013 года № 481-рп, является региональным центром компетенций в области использования данных ДЗЗ и других РКД. Главной целью создания ЦКУ являлось обеспечение услугами по обработке и тематическому анализу космических снимков и других результатов космической деятельности органов государственной власти, контрольно-надзорных органов и других заинтересованных организаций автономного округа [2]. Кроме того, в ЦКУ решается широкий круг задач, утвержденных в Плате. Перечислим основные из них.

Сотрудниками ЦКУ создан общедоступный геопортал [3], обеспечивающий доступ к накопленному архиву космических снимков [4] общим объемом более 20ТБ, который постоянно пополняется, в том числе за счет информации, предоставляемой Роскосмосом в рамках действующего Соглашения с Правительством автономного округа о взаимодействии в области использования РКД.

В Ханты-Мансийске на базе МБОУ СОШ № 8 в 2014 году был открыт школьный Центр космических услуг [5], где учащиеся имеют возможность познакомиться с ключевыми возможностями геоинформационных систем, научиться использовать навигационное оборудование, найти интересные места на космических снимках, подготовить материалы для публикации в специально разработанном геоинформационном веб-приложении для учащихся «Атлас индустриального наследия Югры» [6-7].

В Центре космических услуг ведется разработка технологий обработки и тематического анализа космических снимков по актуальным для автономного округа направлениям [8-9], в том числе по мониторингу лесных рубок, аварийных разливов нефти, карьеров общераспространенных полезных ископаемых, факельных установок, паводковой обстановки и др. Ознакомиться с результатами тематической обработки космических снимков можно на геопортале ЦКУ.

Сотрудники ЦКУ принимают активное участие в разработке программ повышения квалификации, образовательных программ для ВУЗов, методических пособий для школьного ЦКУ и других обучающих курсов по использованию геоинформационных систем и технологий для обработки данных ДЗЗ. Нами, совместно с сотрудниками других ведущих российских организаций, разработан профессиональный стандарт Специалиста по применению геоинформационных систем и технологий для решения задач государственного и муниципального уровня.

Вторым важным направлением развития области геоинформационных технологий является политика импортозамещения, и, в первую очередь, в использовании компьютерных технологий. Здесь ключевым нормативно-правовым актом является Постановление Правительства Российской Федерации от 16.11.2015 № 1236 «Об установлении запрета на допуск программного обеспечения, происходящего из иностранных государств, для целей осуществления

закупок для обеспечения государственных и муниципальных нужд», которое накладывает ограничения на использование зарубежных программных продуктов, в том числе геоинформационных систем (ГИС).

В дальнейшем Распоряжением Президента Российской Федерации от 18.05.2017 № 163-рп «Об утверждении плана перехода на использование отечественных геоинформационных систем» такой план был утвержден, а органам исполнительной власти субъектов Российской Федерации рекомендовано до 1 октября 2018 года разработать и утвердить региональные планы перехода на использование отечественных геоинформационных систем и предусмотреть их реализацию в срок до 31 января 2020 г.

В этой связи в ЦКУ реализуется ряд проектов, связанных с выбором, тестированием и анализом функциональных возможностей российских ГИС-платформ, включенных в единый реестр российских программ для электронных вычислительных машин, и свободно-распространяемых геоинформационных систем с открытым исходным кодом для обеспечения в будущем перехода на использование импортозамещенного программного обеспечения.

Третьим ключевым трендом современности является переход к созданию экосистемы цифровой экономики Российской Федерации, предусмотренный Программой «Цифровая экономика Российской Федерации» (далее – Программа), утвержденной Распоряжением Правительства Российской Федерации от 28.06.2017 № 1362-р. Для развития цифровой среды в ЦКУ реализуется ряд проектов по указанным в Программе основным сквозным цифровым технологиям, таким как обработка больших данных, нейротехнологии и искусственный интеллект.

В качестве заключения хотелось бы подвести некоторые итоги работы Центра космических услуг за 4 года функционирования. Центром предоставлено более 300 космических услуг и обработано более 8000 космических снимков по запросам органов государственной власти, контрольно-надзорных органов, природоохранной прокуратуры и других учреждений и организаций автономного округа. Из года в год спрос на данный вид услуг интенсивно возрастает и можно утверждать, что разработки Центра космических услуг по использованию результатов космической деятельности становятся востребованными конкретными потребителями. Основным препятствием для осуществления своей деятельности Центром космических услуг является недостаточное обеспечение высокодетальными данными дистанционного зондирования Земли, что связано, прежде всего, с обширной площадью территории автономного округа и большим количеством облачных дней.

---

#### **ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ**

1. Дистанционное зондирование Земли [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.roscosmos.ru/22347/> Дата обращения 09.08.2017 г.
2. Копылов, В.Н. Использование данных ДЗЗ при решении региональных задач рационального природопользования / В.Н. Копылов, Г.А. Кочергин, Ю.М. Полищук, В.А. Хамедов // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2009. – Т.6. – №1. – С. 33-41.
3. Геопортал Центра космических услуг ХМАО-Югры [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://geoportал.urit.ru> Дата обращения 09.08.2017 г.

4. Брыксин, В.М. Каталог данных дистанционного зондирования [Текст] / В.М. Брыксин, А.В. Евтюшкин, Г.А. Кочергин // ГЕО-Сибирь-2010: сб. мат. VI Междунар. науч. конгресса. – Новосибирск. – 2010. – Т.4. – №1. – С. 134-138.
5. Хамедов, В.А. Создание межшкольного Центра космических услуг города Ханты-Мансийска [Текст] / В.А. Хамедов, Д.В. Стрельникова // Материалы II всероссийской научно-практической конференции «Геоинформационные технологии в решении задач рационального природопользования». – Ханты-Мансийск : Югорский формат. – 2015. – С. 96-97.
6. Кочергин, Г.А. Инновационный образовательный проект «Атлас индустриального наследия Югры» [Текст] // Материалы X международной научно-практической конференции «Новые информационные технологии в образовании и науке». – Екатеринбург : «Издательство УМЦ УПИ». – 2017. С. 498-501.
7. Атлас индустриального наследия Югры [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://geoportals.uir.it.ru/indheritage/> Дата обращения 09.08.2017 г.
8. Кочергин, Г.А. Космический мониторинг окружающей среды в Ханты-Мансийском автономном округе [Текст] // Материалы II всероссийской научно-практической конференции «Геоинформационные технологии в решении задач рационального природопользования». – Ханты-Мансийск : Югорский формат. – 2015. – С. 79-81.
9. Богданов, А.Н. Использование результатов космической деятельности в решении задач оценки экологического состояния региона [Текст] / А.Н. Богданов, Г.А. Кочергин, М.А. Куприянов // Материалы II Всероссийской молодежной научно-практической школы-конференции «Науки о Земле. Современное состояние». – Новосибирск : РИЦ НГУ. – 2014. – С. 279-281.

# МОНИТОРИНГ РАСХОДА ТОПЛИВА ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА

А.А. Тогачев

АУ «Югорский НИИ информационных технологий»,  
г. Ханты-Мансийск

## Аннотация

Статья посвящена решению задачи, актуальной для организаций, имеющих собственные служебные транспортные средства (далее ТС), для которых в свою очередь необходимо обеспечение оптимального расхода топлива.

## Введение

Математический метод контроля и учета расхода топлива не всегда можно назвать эффективным. В формуле расчета отсутствует множество других переменных, влияющих на конечный результат и точность. Перегрузка, состояние дорог, поездка по городу или на автомагистрали, скоростной режим и другие факторы, каждый из которых привносит свою долю погрешности и не экономичное распределение затрат на топливо.

Для получения более точной информации использована геоинформационная технология мониторинга расхода топлива. В работе были использованы дополнительные аппаратные средства, позволяющие считывать данные с CAN-шины ТС, производить необходимые расчеты и передавать полученные параметры в режиме реального времени. Одним из получаемых параметров является абсолютный расход топлива.

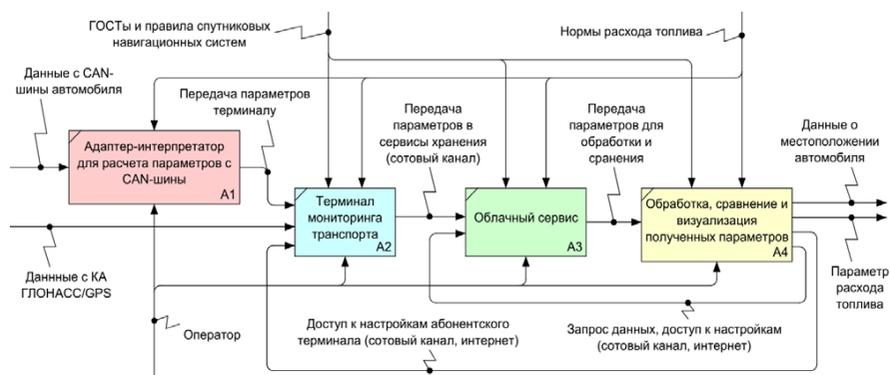


Рисунок 1 – Функциональная диаграмма взаимодействия элементов для получения данных о расходе топлива

## **Структура и функционирование геоинформационной технологии расчета расхода топлива**

На рисунке 1 представлена диаграмма взаимодействия элементов, результат работы которых позволяет получать данные о расходе топлива.

Технологию расчета расхода топлива можно разделить на три этапа:

### **1. Подготовка оборудования (A1-A2):**

- подбор необходимого оборудования для получения данных с CAN-шины ТС;
- настройка оборудования для сбора и обработки полученных данных;
- настройка оборудования для передачи рассчитанных параметров в облачный сервис.

### **2. Обработка параметров в облачном сервисе (A3):**

- настройка и конфигурация облачного сервиса для обработки входных параметров;

- выполнение отчета (формирование сводных таблиц, расчеты).

### **3. Сравнение параметров (A4):**

- сбор фактических параметров (показания одометра ТС, время заправки и количество литров заправленного топлива);
- сравнение параметров с облачного сервиса с фактическими;
- отчет о расходе топлива.

На этапе подбора оборудования было принято решение использовать терминал GalileoSKY v2.3 [1] (далее терминал) в связке с адаптером-интерпретатором CANFMS-3[2] (далее адаптер), который получает данные через CAN-шину от штатных датчиков ТС. При считывании данных адаптер производит расчеты согласно настройкам и отправляет полученные параметры на терминал. Терминал в свою очередь выполняет функцию модема для передачи рассчитанных параметров в сервис хранения данных. При этом терминал передает свои параметры, полученные и рассчитанные с помощью спутниковой навигационной системы ГЛОНАСС/GPS, а это скорость автомобиля, местоположение, пройденный путь и другие.

На втором этапе была применена уже существующая и всем известная система Wialon Hosting [3] с функцией хранения, передачи и приема параметров ГЛОНАСС/GPS мониторинга. Ее функционал позволяет производить дополнительные расчеты и преобразования, формирование отчета, сводных таблиц, построение графиков о расходе топлива и других полученных параметров.

На третьем этапе производится расчет и сравнение параметров облачного сервиса с фактическими, которые, в свою очередь, были зафиксированы во время заправки ТС. На рисунке 2 представлена общая схема для осуществления сбора данных мониторинга.

## **Расчет и сравнение данных**

На рисунке 3 представлен отчет, выполненный на стороне облачного сервиса – Wialon Hosting. Изображен пройденный путь, в таблице представлены все необходимые параметры, в том числе абсолютный расход топлива.

Имеющийся функционал на стороне облачного сервиса позволил произвести расчет затрат как по городу, так и по трассе. Для проведения дополнительных расчетов с целью выявления разницы между реальным расходом топлива и бухгалтерским расчетом по нормативам использовалась программа MS Excel. Основные результаты расчетов представлены в таблице 1.



Рисунок 2 – Общая схема осуществления сбора данных мониторинга ТС

№	Группировка	Потрачено по ДАРТ	Ср. расход по ДАРТ	Пробег в поездках	Ср. скорость	Макс. скорость	Время в движении	Столбы	Пробег (скорректированный)	Потрачено по расчету	Ср. расход по расчету
1	2016-11-26 00:00:08	0,00 л	0,00 л/100 км	0,01 км	1 км/ч	7 км/ч	0:00:14	10:11:11	0,01 км	24,56 л	491163,83 л/100 км
2	2016-11-07 15:47:12	2,50 л	20,73 л/100 км	12,02 км	34 км/ч	80 км/ч	0:20:58	3:09:53	12,02 км	8,46 л	70,15 л/100 км
3	2016-11-28 07:44:30	3,00 л	28,45 л/100 км	10,18 км	44 км/ч	80 км/ч	0:13:49	1:50:37	10,18 км	11,56 л	109,63 л/100 км
4	2016-11-23 08:00:55	7,00 л	22,51 л/100 км	31,08 км	43 км/ч	89 км/ч	0:43:38	8:51:34	31,08 км	23,30 л	74,93 л/100 км
5	2016-11-08 09:18:42	12,50 л	25,10 л/100 км	48,92 км	39 км/ч	94 км/ч	1:15:12	8:28:06	48,92 км	24,03 л	48,26 л/100 км
6	2016-11-10 09:13:15	12,50 л	20,33 л/100 км	61,02 км	43 км/ч	91 км/ч	1:26:01	6:54:20	61,02 км	20,62 л	33,52 л/100 км
7	2016-11-09 09:14:47	14,00 л	22,85 л/100 км	59,60 км	39 км/ч	91 км/ч	1:30:45	8:53:38	59,60 км	25,71 л	41,95 л/100 км
8	2016-11-17 09:55:10	14,00 л	22,43 л/100 км	61,82 км	40 км/ч	92 км/ч	1:31:37	7:45:06	61,82 км	22,92 л	36,73 л/100 км
9	2016-11-11 09:00:11	16,00 л	22,20 л/100 км	71,43 км	36 км/ч	92 км/ч	1:57:49	8:28:23	71,43 км	28,64 л	39,74 л/100 км
10	2016-11-15 10:38:38	16,00 л	22,45 л/100 км	69,67 км	40 км/ч	96 км/ч	1:43:45	6:39:59	69,67 км	20,96 л	29,41 л/100 км
11	2016-11-18 10:44:56	16,00 л	26,78 л/100 км	58,17 км	38 км/ч	97 км/ч	1:31:46	5:55:23	58,17 км	39,97 л	66,89 л/100 км
12	2016-11-16 09:25:49	17,50 л	36,54 л/100 км	46,39 км	34 км/ч	97 км/ч	1:20:47	8:57:16	46,39 км	47,95 л	100,12 л/100 км
13	2016-11-14 09:51:27	19,00 л	24,31 л/100 км	77,11 км	37 км/ч	97 км/ч	2:05:51	7:16:47	77,11 км	34,86 л	44,61 л/100 км
14	2016-11-21 09:07:26	23,00 л	21,02 л/100 км	107,92 км	39 км/ч	84 км/ч	2:45:53	9:21:01	107,92 км	30,08 л	27,49 л/100 км
15	2016-11-24 09:35:35	58,00 л	14,42 л/100 км	401,86 км	75 км/ч	121 км/ч	5:21:37	9:01:14	401,86 км	74,86 л	18,62 л/100 км
16	2016-11-22 04:43:30	81,00 л	15,53 л/100 км	520,59 км	78 км/ч	135 км/ч	6:38:35	8:22:02	520,59 км	37,39 л	7,17 л/100 км
17	2016-11-25 00:00:26	85,50 л	14,19 л/100 км	671,62 км	75 км/ч	122 км/ч	8:58:55	14:58:47	671,62 км	84,29 л	12,52 л/100 км
Итого		407,50 л	17,54 л/100 км	2300,39 км	59 км/ч	135 км/ч	39:27:12	135:02:17	2300,39 км	560,16 л	24,51 л/100 км

Рисунок 3 – Сформированный отчет в Wialon Hosting

	Расход топлива, л	
	по городу (928,17 км)	на трассе (1381,26 км)
Реальный расход топлива	213,5	198
Расчет топлива по нормативам	223,68	332,88
Абсолютная разница	10,18	134,88
Относительная разница	4,6%	40,5%

Таблица 1 – Результаты расчетов

### Заключение

Представленная система мониторинга расхода топлива транспортных средств с использованием геоинформационных технологий позволила произвести измерения и расчеты, получить более точный результат по сравнению с математической моделью.

Сравнение полученных параметров с CAN-шины ТС с фактическими параметрами, зафиксированными во время заправки, показало разницу измерений не более 5%, связанную с не точностью измерений одометра ТС и электронного блока управления двигателя. При сравнении с параметрами, рассчитанными согласно норме расхода топлива, разница составила более 20-30 %, что существенно влияет на затраты по обеспечению ТС топливом.

Разница по городу составила менее 5%, а на трассе на 40% меньше.

---

### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. GALILEOSKY ГЛОНАСС/GPS v2.3/v2.4/v2.5 [Электронный ресурс] / ООО «НПО «Галилеоской». – Режим доступа: [http://7gis.ru/assets/files/docs/manuals\\_ru/rukovodstvo-polzovatelya-gps-i-gps-glonass-v2.3-v2.4-v2.5.pdf](http://7gis.ru/assets/files/docs/manuals_ru/rukovodstvo-polzovatelya-gps-i-gps-glonass-v2.3-v2.4-v2.5.pdf) (дата обращения: 20.04.2017).
2. Адаптер-интерпретатор «CANFMS-3» [Электронный ресурс] / ООО НПП «АСЕ». – Режим доступа: <http://www.canfms.ru/catalog/product.php?id=5> (дата обращения: 20.04.2017).
3. Система мониторинга транспорта Wialon Hosting [Электронный ресурс] / Республика Беларусь. – Режим доступа: <https://gurtam.com/ru/wialon/wialon-hosting> (дата обращения: 09.03.2017).

## КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ЗАТОПЛЕНИЙ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ ХМАО В ПЕРИОД ПАВОДКА

**И.Н. Муратов**

*АУ «Югорский НИИ информационных технологий»,  
г. Ханты-Мансийск*

По итогам паводкового сезона 2015 года в общей сложности в зону затопления попало 26 населенных пунктов, в которых было затоплено 1976 га земли и 1353 дома. Количество пострадавшего населения оценивается в 5503 человека. Одним из наиболее пострадавших оказался г. Нижневартовск, в котором пострадало 1864 человека, 1060 жилых зданий попали в зону затопления [1]. По результатам анализа паводковой обстановки на территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югры за 2014-2015 гг. Комиссией по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и обеспечению пожарной безопасности при Правительстве Ханты-Мансийского автономного округа Югры был сформирован Реестр населенных пунктов ХМАО – Югры, попадающих в зоны затопления при воздействии различных гидрологических и гидродинамических процессов и явлений, в который вошли 44 населенных пункта, расположенных в основном на реках Обь и Иртыш. Реестр был утвержден председателем Комиссии по чрезвычайным ситуациям и обеспечению пожарной безопасности при Правительстве Ханты-Мансийского автономного округа – Югры 12 февраля 2016 года. Всего по округу в зону затопления попадают 2178 жилых зданий, 7 социально значимых объектов, 55 объектов экономики.

В начале 2016 г. КУ «Центроспас-Югория» для населенных пунктов, включенных в реестр, был составлен прогноз чрезвычайных ситуаций в период весенне-летнего половодья на 2016 г. Прогнозировалось затопление в 7 населенных пунктах, в 6 – затопление при авариях на дамбах, в 5 – сложная паводковая обстановка. По итогам паводка 2016 г. в зоне затопления оказалось 3 населенных пункта: п. Салым, п. Саранпауль и п. Хурумпауль. В Саранпауле оказались подтоплены 4 дома, в Хурумпауле – 1 дом. По прогнозу в данных населенных пунктах ожидалась сложная паводковая обстановка.

По прогнозу чрезвычайных ситуаций в период весенне-летнего половодья на 2017 г. в 5 населенных пунктах ожидалось затопление, в 5 – затопление при авариях на дамбах. В результате прохождения паводка в 2017 г. в зону затопления попали 4 населенных пункта – п. Саранпауль, п. Хурумпауль, д. Хулимсунт и д. Няксимволь. В Саранпауле были подтоплены 23 дома. Космический снимок затопления в Саранпауле представлен на рисунке. В прогнозе затопления данные населенные пункты отсутствовали.

Анализируя данную статистику, можно сделать вывод о высокой опасности наводнений для многих населенных пунктов округа. При прохождении весенне-летнего половодья каждый год страдают одни и те же населенные пункты, от года к году варьируется лишь их количество и полученный ущерб. Ярким примером является п. Саранпауль, который два года подряд подвергается затоплению. При этом прогнозирование затоплений затруднительно и не позво-

ляет с точностью определять вероятность затоплений. В связи с этим, важным источником данных о характере затопления населенных пунктов является космическая съемка. Благодаря спутниковым снимкам возможно получение данных о площадях затоплений, количестве затопленных земельных участков, а также появляется возможность анализа затоплений за разные годы. Эти данные могут быть использованы для составления более точных прогнозов.



*Рисунок – Космический снимок Landsat-8 за 11.06.2016 г. Саранпауль и окрестности в период паводка*

Для выполнения картографирования зон затопления были выполнены следующие основные работы:

- Сформирован архив космических снимков высокого разрешения, пригодных для картографирования ранее произошедших затоплений.
- Проведено картографирование затоплений населенных пунктов за прошлые годы.
- Разработана методика выявления затоплений, подбора снимков и картографирования затопленных территорий в текущем году.
- Выявлены и картографированы затопления, произошедшие в 2017 г.

При проведении работ по мониторингу паводковой обстановки в 2017 г. использовался реестр из 44 населенных пунктов подверженных затоплению. С использованием сайта «Центроспас-Югория» [2] велся ежедневный мониторинг уровня воды в реках вблизи населенных пунктов из реестра. При обнаружении превышения критических значений уровня воды производился поиск имеющихся снимков за период превышения. Использовались снимки высокого разрешения Ресурс-П и Канопус-В, а также снимки среднего разрешения Landsat-8, Sentinel-1,-2. Найденные снимки обрабатывались и опубликовывались на геопортале Центра космических услуг (ЦКУ). При наличии снимков высокого разрешения, картографировались зоны затопления населенных пунктов, полученные векторные данные также опубликовывались на геопортале.

В таблице приведены результаты дешифрирования зон затопления в 19-

ти населенных пунктах автономного округа по космическим снимкам высокого пространственного разрешения. В связи с отсутствием снимков высокого разрешения для остальных населенных пунктов эти данные не приводятся.

№	Населенный пункт	Дата съемки	Площадь зоны затопления, га	Доля от площади населенного пункта, %
1	Батово	14.05.2016	66	29
2	Белый Яр	28.06.2015	25	9
3	Березово	19.05.2016	193	20
4	Былино	07.06.2015	59	68
5	Деминская	19.05.2016	15	39
6	Зенково	17.05.2016	14	22
7	Кондинское	06.06.2013	40	8
8	Лемпино	01.06.2014	7	14
9	Мегион	17.07.2007	883	20
10	Нижневартовск	07.06.2015	5175	22
11	Пашторы	19.05.2016	51	44
12	Пойковский	29.06.2015	156	12
13	Пугоры	19.05.2016	9	32
14	Саранпауль	18.04.2016	46	9
15	Сургут	28.06.2015	1412	7
16	Троица	18.06.2016	26	20
17	Тюли	10.06.2016	71	59
18	Цингалы	14.05.2016	109	31
19	Юганская Обь	28.06.2015	245	64

Таблица – Результаты картографирования зон затопления по космическим снимкам

Из таблицы следует, что доля затопленной площади населенного пункта лежит в пределах от 7 до 68 %. При этом в большинстве населенных пунктов площадь затопления составляет менее половины от общей площади, а в Былино, Тюли, Юганская Обь занимает значительную часть (более 50%) населенного пункта. Для проведения анализа зон затопления в остальных населенных пунктах необходимы космические снимки высокого пространственного разрешения за те даты, когда наблюдался высокий уровень паводковых вод.

Для опубликования результатов, полученных в ходе дешифрирования зон затопления, был создан тематический слой в составе картографического сервиса «Паводковая обстанов-ка», размещенного на портале ЦКУ и в ТИС Югры. Полученные результаты спутникового мониторинга паводковой обстановки на реках ХМАО могут быть использованы МЧС России, Департаментом гражданской защиты населения и другими заинтересованными органами, для реализации планов противопаводковых мероприятий.

#### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Материалы в ежегодный государственный доклад о состоянии защиты населения и территорий Ханты-Мансийского автономного округа – Югры от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2015 году // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://depgzn.admhmao.ru/upload/iblock/71f/materialy\\_gosdoklada\\_za\\_2015\\_podpisannye.doc](http://depgzn.admhmao.ru/upload/iblock/71f/materialy_gosdoklada_za_2015_podpisannye.doc)
2. Паводковая обстановка // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://reports.asuga.ru/?page\\_id=11863](http://reports.asuga.ru/?page_id=11863)

УДК 519.673

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СРЕДСТВ WOLFRAM MATHEMATICA ПРИ АНАЛИЗЕ МАРШРУТОВ ПО ТЕРРИТОРИИ ОБЪЕКТОВ СОЦИАЛЬНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

*А.С. Тякунов, В.В. Славский*  
*Югорский государственный университет,*  
*г. Ханты-Мансийск*

---

Работа выполнена при поддержке Совета по грантам  
Президента РФ (грант НШ 2263.2014.1), Правительства РФ  
(госконтракт 14.B25.31.0029), РФФИ 15-41-00092 р-урал-а, 15-  
41-00063 р-урал-а, 15-01-06582 А.

Важным аспектом при построении геоинформационных систем социальной направленности можно назвать возможность создаваемого программного средства получать от пользователя (или посредством автоматических процедур) информацию динамически, представляя результат деятельности в максимально актуальном виде. Изменения, происходящие в окружающем мире, должны максимально быстро находить отражение в существующих «справочниках» информационных систем и позволять человеку максимально оперативно решать прикладные задачи. Говоря о создании социально-ориентированных систем, важно не только автоматизировать некую математическую модель, но и продумать быстрый механизм передачи изменяющихся данных в систему. В то же время, при использовании сложных систем зачастую возникает необходимость обрабатывать огромные массивы разнообразных данных, в том числе и не имеющих четкой структуры.

Таким образом, потребность в качественном и, при этом, быстром анализе разнородных данных посредством интерактивных систем является важной задачей современности, в том числе и с математической точки зрения. Для ее решения требуется наличие инструментов, позволяющих обрабатывать запросы к социальным сетям с целью получения понятных результатов анализа. Одним из таких инструментов является среда Wolfram Mathematica (WM).

Математическое программное обеспечение Mathematica известно как самое мощное в мире вычислительное приложение. Более того, Mathematica служит единой платформой для проведения исследований и вычислений, которые находят свое отражение в живых интерактивных документах издательского качества. Используя мощный вычислительный аппарат и удобный интерфейс, пользователи Mathematica могут легко решить трудоемкие задачи и разобраться в сложных концепциях, используя весь имеющийся арсенал аппаратных средств.

В качестве точки приложения функциональных возможностей Wolfram Mathematica была избрана геоинформационная система доступности мест социальной инфраструктуры Geowheel, разработанная на базе Югорского государственного университета. Данная система предназначена для малоомо-

бильных групп населения и обеспечивает хранение информации о точечных объектах карты (зданиях, светофорах, остановках транспорта и т.д.), а также областях пространства, которые могут характеризоваться по некоторым признакам, оцениваемым пользователями. В этом случае чрезвычайно важным является анализ фолксономических (то есть полученных в ходе «народного голосования») данных.

Поскольку система помимо информации о пространственном расположении объекта (или области) обеспечивает также возможность внесения, хранения и изменения информации о характеристиках объекта, о его степени взаимосвязанности с другими объектами, возникает необходимость обрабатывать большие массивы данных.

В целом можно рассмотреть совокупность маршрутов на местности как граф, в котором ребра – это существующие пути сообщения (дорожки), а вершины, соответственно – точки пересечения данных путей (перекрестки, а также узловые пункты, такие как входы на территорию). В WM предлагается значительный инструментарий для работы с графами, в том числе для их глубокого анализа (расчет путей, поиск центральностей, выделение подграфов) и визуального представления. В качестве примера выбрана территория Окружной клинической больницы (г. Ханты-Мансийск, ул. Калинина, 40). Изображение получено с помощью сервиса Яндекс.Карты (<https://yandex.ru/maps/>). Данный объект является социально значимым, в том числе и с точки зрения функциональности путей сообщения на территории больницы. Перемещение посетителя должно быть максимально эффективным. Данный аспект важен, в первую очередь, для маломобильных групп населения (инвалиды, родители с колясками). Для того чтобы иметь возможность находить максимально быстрый путь от входа на территорию больницы к требуемому помещению, данные о проходимости каждого отдельного ребра должны актуализироваться в реальном времени.

Первоначальная задача – получение списка узловых точек, которые лежат на возможных маршрутах перемещения по территории ОКБ. В конкретном случае координаты точек были получены средствами WM в привязке непосредственно к изображению. Это точки:  $\{\{371.1398747390397^{\circ}, 384.06471816283926^{\circ}\}, \{219.51565762004174^{\circ}, 230.1774530271399^{\circ}\}, \{187.8329853862213^{\circ}, 490.4279749478079^{\circ}\}, \{65.62839248434238^{\circ}, 476.8496868475992^{\circ}\}, \{192.35908141962426^{\circ}, 418.01043841336116^{\circ}\}, \{201.4112734864301^{\circ}, 350.11899791231735^{\circ}\}, \{208.20041753653447^{\circ}, 275.4384133611691^{\circ}\}, \{124.4676409185804^{\circ}, 345.5929018789144^{\circ}\}, \{79.20668058455118^{\circ}, 341.0668058455115^{\circ}\}\}$ .

Нормируя координаты точек по размеру изображения, можем получить координаты для размещения их на карте. Далее необходимо рассмотреть и указать на карте все маршруты, которые могут быть использованы при перемещении посетителя (рисунок 1).

Таким образом, получен граф маршрутов, вершины которого для удобства имеют такие же координаты, что и точки на карте. Для эксперимента случайным образом каждому из ребер графа назначен вес. Данная характеристика ребра является составной величиной на основании географической длины, проходимости и прочих параметров, которые может использовать информационная система. Вес ребер представлен в матрице весов (рисунок 2).

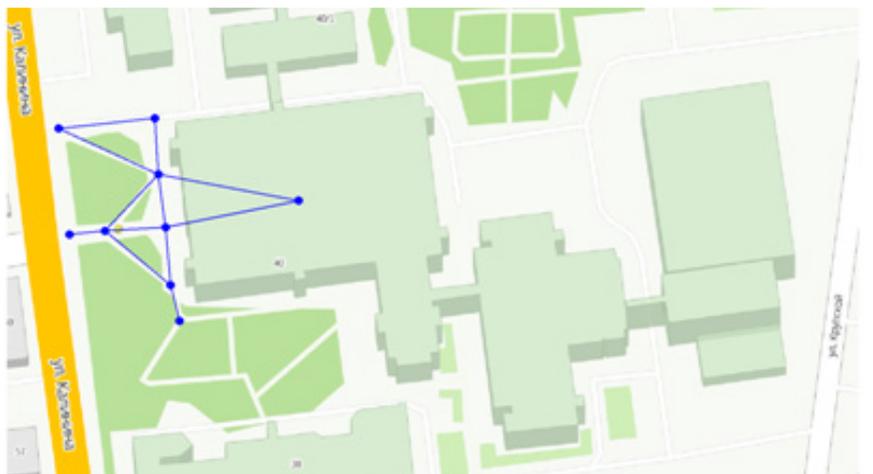


Рисунок 1 – Карта местности с нанесенной схемой маршрутов

$$\begin{pmatrix}
 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 1 & 0 & 3 & 2 & 3 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 3 & 0 & 3 & 0 & 0 & 0 & 2 & 0 \\
 0 & 2 & 3 & 0 & 3 & 0 & 0 & 0 & 7 \\
 0 & 3 & 0 & 3 & 0 & 4 & 1 & 0 & 3 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 4 & 0 & 4 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 4 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 7 & 3 & 0 & 0 & 0 & 0
 \end{pmatrix}$$

Рисунок 2 – Матрица весов полученного графа

Граф, построенный средствами WM, можно представить схематично без подкладки картографического слоя. Такой подход удобнее для расчетов, однако для использования в наглядном представлении его необходимо связывать с изображением местности.

После этого, используя встроенные функции WM для нахождения кратчайшего пути и подсветки графа, можно получить оптимальный путь из любой точки графа в любую другую. Используя модуль для динамического расчета, можно пересчитывать граф, манипулируя данными формы (рисунок 3).

Объединяя форму поиска и картографический слой (рисунок 4), получаем готовую реализацию поиска кратчайшего пути по территории исследуемого объекта. Данное представление позволяет самостоятельно осуществлять поиск кратчайшего пути между узлами.

В случае, когда вес ребер будет актуализироваться в реальном времени (например, в систему поступают сведения о временной невозможности прохода по одному из ребер), система позволит сформировать оптимальный маршрут с учетом данных поправок матрицы весов.

Таким образом, средства WM позволяют создавать, анализировать и графически представлять разнообразные маршруты на картах. Данный механизм может быть использован при проектировании систем помощи на объектах социальной значимости, а также легко масштабироваться в том числе и до общегородского уровня.

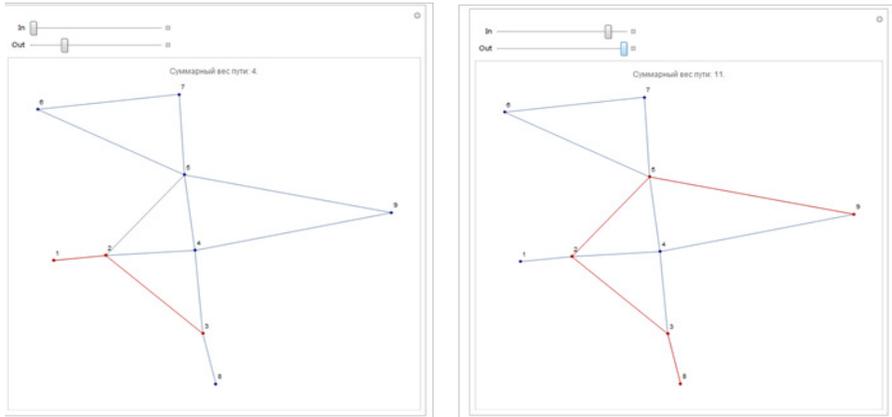


Рисунок 3 – Использование интерактивной формы поиска кратчайшего пути

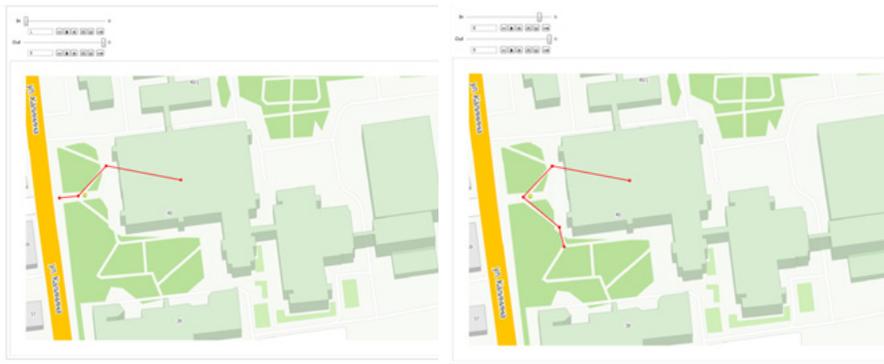


Рисунок 4 – Совмещение карты и формы поиска

#### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Булгаков, С.В. Интегрированные геоинформационные системы: Учебное пособие по курсу «Геоинформационные системы» / С.В. Булгаков [и др]; под. ред. Шайтура С.В. – М.: Изд. МГОУ, 2007. – 114 с.
2. Семенов, С.П. Применение фолксономического подхода в разработке социально-ориентированных геоинформационных систем / С.П. Семенов, А.О. Ташкин // Вестник ЮГУ. – 2014 г. – Вып. 2 (33). – С. 94–99.
3. Самарина, О.В. Анализ социальных сетей с использованием среды Wolfram Mathematica: учеб.-метод. пособие / О.В. Самарина [и др]. – Ханты-Мансийск : Ред.-изд. отд. ЮГУ, 2016. – 60 с.
4. S. Wolfram. An elementary introduction to the Wolfram Language. Wolfram Media, Inc., 2015. – 342 с.

## **ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОГО ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ В ПРОМЫШЛЕННЫХ РЕГИОНАХ**

*Ю.В. Лебедев, П.А. Коковин*

*Уральский государственный горный университет,  
г. Екатеринбург*

Устойчивое землепользование – это долговременное (поддержание биотической регуляции окружающей среды), многоцелевое (удовлетворение разнообразных потребностей людей) и экономически выгодное (оптимальное по соответствующим индикаторам и критериям) взаимоотношение общества и земельных ресурсов.

Мировое сообщество подошло (Рио-92; Йоханнесбург, 2002; Рио+20) к пониманию важности корректировки развития общества во взаимоотношениях с окружающей природной средой, необходимости разработки принципов хозяйственной деятельности с учетом сформировавшихся и вновь формирующихся вызовов и рисков.

Дальнейшее развитие землепользования в соответствии с Концепцией устойчивого развития территорий, принципами экологической безопасности жизни общества и положениями «зеленой» экономики должно основываться на методологии, полагающей земельные ресурсы основой биологической жизни, и на вытекающих отсюда соответствующих принципах, учитывающих долговременность и многоцелевое значение земельных ресурсов.

Методология устойчивого землепользования в:

- поддержании необходимого уровня биотической регуляции окружающей среды;
- иерархии уровней управления устойчивым землепользованием: концептуального, идеологического, политического и экономического;
- обосновании научно-технических принципов устойчивого землепользования в промышленных районах.

Биотическая регуляция окружающей среды в условиях современных вызовов и рисков, выражающихся в возникновении экологических угроз, отражает трансформации потоков биологической энергии – биомассы в природных и антропогенных каналах и изменение круговорота биогенных элементов (С, О, Н, К и др.). Если в естественных экосистемах в период до начала промышленного производства человек потреблял из окружающей среды 1-2% биологической энергии [5] и никаких изменений не наблюдалось, то уже в начале XX века антропогенное влияние привело к изъятию биологической энергии до 5% и стали наблюдаться ощутимые негативные изменения в окружающей среде. В настоящее время усиливающееся антропогенное воздействие сформировало целую совокупность экологических угроз, которые вызваны изъятием из природы уже более 10% биоэнергии, а в отдельных промышленных регионах (например, в Екатеринбургском, Нижнетагильском) до 30%. Визуально это выражается в образовании нарушенных территорий (застроенных, загрязненных), в формировании полунарушенных территорий (сельскохозяйственные угодья, произво-

дние леса), а ощутимо выражается в ухудшении экологических условий жизни.

Современные вызовы и риски определяют и соответствующие особенности уровней управления устойчивым землепользованием: концептуального, идеологического, политического и экономического.

Научно-технические принципы устойчивого землепользования включают:

- обоснование стратегических приоритетов и индикаторов устойчивого землепользования;
- комплексную (эколого-экономическую) оценку земельных ресурсов с учетом особенностей территорий;
- определение «коридоров» допустимого землепользования в конкретных природно-климатических и социально-экономических условиях;
- согласование индивидуальных интересов землепользователей с общественными предпочтениями;
- многокритериальную оптимизацию землепользования на основе эколого-экономических и социальных показателей.

Стратегические приоритеты и индикаторы устойчивого землепользования имеют четкую очередность: экологические, социальные и, наконец, экономические. В старопромышленных регионах Среднего и Южного Урала они отражают негативные последствия от накопленных промышленных отходов, характер заболеваемости населения и необходимость поддержания усложняющегося недропользования. На Северном и Полярном Урале стратегические приоритеты отражают поддержание традиционного землеприродопользования у малочисленных народов Севера и экологически устойчивое недропользование. В регионах Западной Сибири – многоцелевое землепользование: недропользование, развитие промышленных объектов и жилых зон, лесное хозяйство.

Эколого-экономическая оценка земельных ресурсов, как компонентная, так и комплексная производится на основе натуральных характеристик (биометрических и биопродукционных), технологических и технических параметров, экономических эквивалентов этим показателям и комплексного критерия с учетом широкопространственных (трансформация земель под антропогенными и природными воздействиями) и долговременных изменений (природообразовательные процессы, влияние накопленного ущерба), а также рисков возникновения различных ситуаций из-за изменения климата.

Оценка влияния изменения глобального климата на различные формы и виды землепользования на Урале и в Западной Сибири основана на очевидных результатах по тем секторам землепользования, для которых, во-первых, влияние изменения климата наиболее критично (величина осадков и распределение речного стока на поверхностную и подземную составляющую на водосборах), и, во-вторых, выводы о влиянии изменения климата имеют приемлемую обоснованность (изменение углероддепонирующей роли земель, сдвиг границ растительных формаций на север на равнине и вверх в горных районах, оттаивание участков вечной мерзлоты и трансформация северных лесоболотных систем).

Определение «коридоров» допустимого землепользования производится по экологическим параметрам (уровню сохранения естественных экосистем, по балансу природных и антропогенных потоков энергии – биомассы в окружающей среде, по степени изъятия природных ресурсов и объектов – растительного покрова, почвы, земельных участков), по социальным параметрам

(занятость населения в экономике региона, состояние здоровья населения, сохранение социальных функций природных ландшафтов) и по экономическим параметрам (технологическим, техническим, по затратам, доходам).

В сфере землепользования в промышленных регионах Урала и Западной Сибири переплетаются индивидуальные интересы отдельных землепользователей и общественные предпочтения; наиболее это выражается на территориях недропользования. Здесь индивидуальные интересы недропользователей проявляются на относительно коротких периодах времени (продолжительность разработки месторождений), а общественные предпочтения выражаются в постоянном, долговременном недропользовании.

/Статья подготовлена при поддержке и в рамках гранта РФФИ № 17-06-00433./

---

#### **ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ**

1. Данилов-Данильян, В.И. Окружающая среда между прошлым и будущим: мир и Россия (опыт эколого-экономического анализа) / В.И. Данилов-Данильян [и др]. – М.: ВИНТИ, 1994. – 134 с.
2. Коптюг, В.А. Избранные труды. Том 4 . Информатика. Экология. Устойчивое развитие / В.А. Коптюг. – М.: Наука, 2006. – 503 с.
3. Лебедев, Ю.В. Оценка лесных экосистем в экономике природопользования / Ю.В. Лебедев. – Екатеринбург: УрО РАН, 2013. – 583 с.

## ПРИНЦИПЫ УСТОЙЧИВОГО МОНИТОРИНГА И КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ЗЕМЕЛЬ В ПРОМЫШЛЕННЫХ РЕГИОНАХ

*Т.А. Лебедева, Н.С. Иванова*

*Уральский государственный горный университет,  
г. Екатеринбург*

Системный мониторинг лесных земель представляет собой многоцелевую информационную систему наблюдений, оценки (в натуральных показателях) и прогнозирования, состоящую из мониторинга состояния лесных земель и мониторинга использования лесных земель; достоверная информация основывается на обязательном знании о прошлом состоянии лесных земель (о параметрах, характеристиках и индикаторах коренных типов леса на конкретных территориях).

Системность мониторинга лесных земель выражается в наблюдениях, начальной оценке и прогнозировании состояния и использования всего их природно-ресурсного потенциала:

- лесных ресурсов (древесных, недревесных, дикоросов);
- средоформирующих функций (поддержание состава атмосферного воздуха – средние приросты биомассы, поглощение CO<sub>2</sub>, выделение O<sub>2</sub>; водоохранно-водоформирующая – осадки, показатели речного стока, высота древостоя, порода, возраст, бонитет; климатоформирующая – температура и влажность воздуха и почвы, заморозки, накопление снега; почвообразующая – характеристика микрофлоры и микрофауны в почве, запасы гумуса; средозащитная – интенсивность поглощения, задержание и депонирование газообразных, аэрозольных и пылевых загрязнений).

Научно-технологические принципы системного мониторинга лесных земель в промышленных регионах включают:

- фиксацию и сбор натуральных показателей лесных земель, выражающихся в определении значений биометрических и продукционных параметров в них в конкретные моменты времени; обосновании длительностей оценочных периодов (классов и групп возрастов древостоев на лесных землях), характеризующих средними значениями биометрических параметров древостоев и средними значениями интенсивности биопроцессов в них; обосновании совокупности натуральных показателей лесных земель по начальным, промежуточным и конечным эффектам от природных благ этих участков;

- накопление и систематизацию натуральных показателей, включающих совмещение зафиксированных и собранных данных из различных ведомств и органов управления в соответствии с предложенной системой классификаторов лесных земель; приведение к одинаковой точности определения натуральных показателей лесных земель; проработку суммарных показателей, характеризующих участки лесных земель при оценках поначальному, промежуточному и конечному эффектам;

- прогнозирование изменений биометрических и продукционных параметров лесных земель в соответствии с установленными пространственными

(смена коренных лесонасаждений условно-коренными, коротко-, длительно- и устойчиво производными) и временными (изменение состава насаждений, их продуктивности) особенностями лесообразовательных процессов и прогнозируемыми вариантами землепользования.

Научно-технологические принципы информационного обеспечения комплексной оценки лесных земель в промышленных регионах включают:

- обоснование и накопление обобщающих эквивалентов продукционных параметров лесных земель по ресурсному потенциалу производных лесов, характеристикам средоформирующих и социальных функций лесных земель на территориях длительного техногенного влияния (нарушенных, загрязнённых, трансформированных), позволяющие достоверно оценить общественную (экономическую, экологическую, социальную) значимость участков лесных земель в широкопространственном и долговременном аспектах природо-земле-лесо-пользования;

- учёт пространственно-временной динамики развития и использования лесных земель, полагающий рассмотрение рисков возникновения различных ситуаций и дисконтирование будущих эффектов лесных земель;

- обоснование и построение критерия комплексной оценки лесных земель в промышленных регионах, отражающего уровни трансформации (смена коренных природных систем на лесных землях на производные), нарушенности (изменение состава лесонасаждений) и деградации лесных земель (снижение до минимума биометрических параметров, практическое прекращение продукционных процессов).

Обобщающим показателем функционирования природной среды является количество энергии (или мощности), накапливающееся при формировании биомассы в растениях (лесах): измеряются они обычно в ваттах или джоулях. Концепция устойчивого развития территорий (Рио–92; Йоханнесбург, 2002; Рио+20) с позиции допустимого использования обществом природных ресурсов полагает их «изъятие» в размерах нескольких процентов от чистой первичной продукции природы. Эта величина первоначально измеряется в единицах энергии (мощности), а затем опосредуется до размеров площади ненарушенных, частичнонарушенных и нарушенных земель. Эти измерения переходят в область натуральных показателей земельных ресурсов, средоформирующих и социальных функций участков лесных земель, а затем – в экономические эквиваленты.

Лесообразовательный процесс представляется изменением в пространстве и времени характера лесовозобновления, формирования древостоя и состава других элементов лесонасаждения (подлеска, живого напочвенного покрова, лесной подстилки, лесной фауны), различных биогеоэкологических процессов, влияющих на состояние лесных экосистем (изменение температуры воздуха атмосферы, гидрологический режим территории, характер загрязнений окружающей среды). Воздействие природопользования на изменение состояния дре-востоев выражается в смене коренных лесов условнокоренными и производными типами насаждений.

На Среднем Урале в связи с активными предыдущими процессами лесопользования сейчас происходит такая же активная смена типов лесов; причём она существенно различается по природным подзонам. В таблице приведены соотношения типов смен, пересчитанные в риски наступления соответствующих ситуаций.

Природная подзона	Коренные хвойные леса	Производные леса		
		коротко	длительно	устойчиво
Северная тайга	0,80	0,10	0,10	-
Средняя тайга	0,60	0,30	0,08	0,02
Южная тайга	0,55	0,25	0,15	0,05
Смешанные широколиственно-хвойные леса	0,50	0,10	0,10	0,30
Смешанные предлесостепные сосново-берёзовые леса	0,45	0,05	0,10	0,40

*Таблица – Риски наступления типов лесовосстановления на Среднем Урале по природным подзонам*

*/Статья подготовлена при поддержке и в рамках гранта РФФИ № 17-06-00433./*

---

#### **ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ**

1. Горшков, В.Г. Физические и биологические основы устойчивости жизни / В.Г. Горшков. – М.: ВИНТИ, 1995. – 472 с.
2. Исаева, Р.П. Лесорастительные условия и типы леса Свердловской области: Практическое руководство / Р.П. Исаева. – Екатеринбург, 2001. – 42 с.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ КОСМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

*Р.М. Габдрахманов*

*АУ «Югорский НИИ информационных технологий»,  
г. Ханты-Мансийск*

В 2013 году в Ханты-Мансийском автономном округе – Югра создан и успешно работает Региональный Центр космических слуг (далее ЦКУ). Одной из основных задач ЦКУ является обработка и анализ космических снимков для органов государственной власти автономного округа. Так сложилось, что главным потребителем нашей информации является Служба по контролю и надзору в сфере охраны окружающей среды, объектов животного мира и лесных отношений (далее Природнадзор Югры). В статье отражены наши совместные наработки в сфере использования геоинформационных систем и результатов космической деятельности для эффективного контроля за использованием природных ресурсов и охраной окружающей среды. На рисунке 1 схематично представлен процесс информационного взаимодействия ЦКУ, Природнадзора Югры и природопользователей автономного округа. Надо отметить, что связь между ЦКУ и природопользователями фактически отсутствует, и схема действует в одностороннем порядке, зачастую не в пользу природопользователей, а чаще всего только как элемент наказания.

В автономном округе, богатом на природные ресурсы, выделены основные экологические риски, которым уделяется наибольшее внимание:

- аварийность на трубопроводах;
- загрязнение земель лесного фонда и водных объектов;
- нарушения правил использования лесов;
- захламление отходами;
- нарушение правил охоты, браконьерство;
- недостаточный уровень экологической культуры населения.



Рисунок 1 – Информационное взаимодействие в сфере охраны окружающей среды

Основной задачей ЦКУ (на рисунке 2 показаны синими прямоугольниками) является обеспечение Природнадзора Югры результатами дешифрирования космических снимков с целью выявления нарушений почвенного покрова (аварийные разливы нефти), рубок леса и, в перспективе, несанкционированных мест размещения отходов. На основе этой информации Природнадзор Югры сможет планировать контрольно-надзорные мероприятия именно в тех районах, где существуют экологические риски. При проведении выездных контрольно-надзорных мероприятий ЦКУ оказывает космические услуги по дешифрированию данных аэрофотосъемки и визуализации пространственных данных, в том числе результатов полевых измерений, на геопортале. На заключительном этапе применения штрафных санкций к нарушителям и взыскании ущерба ЦКУ уточняет координаты мест нарушений, площадь и время нарушений с использованием разновременных космических снимков.



Рисунок 2 – Направление взаимодействия Природнадзора Югры и ЦКУ

В Природнадзоре Югры используется информационная система Эконадзор, которая позволяет связать всех сотрудников в единое информационное пространство и решать следующие основные задачи:

- формирование реестра природопользователей и объектов негативного воздействия;
- формирование плана проверок и контрольных мероприятий;
- оперативный сбор информации о деятельности инспектора или территориального подразделения;
- контроль исполнения административных процедур;
- формирование различных реестров и отчетов за любые периоды.

Однако в данной информационной системе есть один существенный недостаток (недоработка), которая не позволяет отобразить всю информацию, хранящуюся в системе на карте, что серьезно затрудняет проведение пространственного анализа результатов экологического надзора.

Для решения этой задачи в ЦКУ разработан геопортал, на котором размещены основные результаты экологического мониторинга территории автономного округа с использованием космических снимков. Это, прежде всего, лесные рубки, нефтезагрязнения, карьеры общераспространенных полезных ископаемых, паводковая обстановка и др. направления. Кроме того, создан специальный раздел для сотрудников Природнадзора Югры (рисунок 3), в котором отображаются все пространственные данные из системы Эконадзор на картографической основе. Такое отображение табличных и документальных данных позволяет проводить пространственный анализ данных и территорий, на которых проводились, проводятся или должны быть проведены контрольно-надзорные мероприятия. Эти данные совмещены здесь с данными космического мониторинга и правоустанавливающими документами, если таковые имеются.

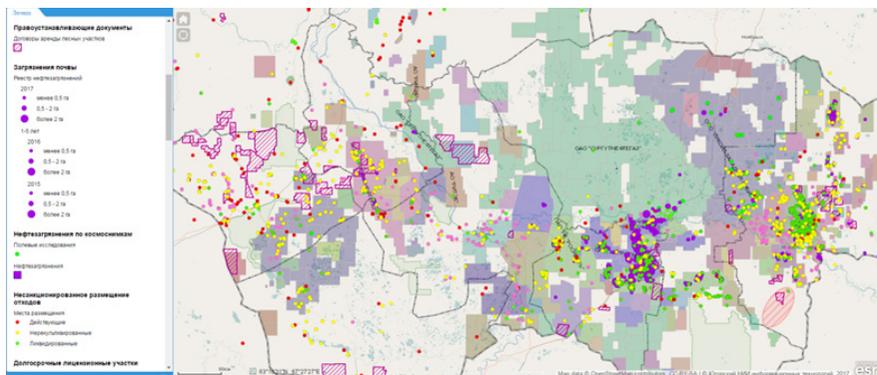


Рисунок 3 – Интерфейс картографического веб-приложения «Природнадзор Югры»

По результатам работы за 2016 год в ЦКУ было выявлено более 19 тыс. га новых лесных рубок и картографировано около 5,5 тыс. га нарушенных земель. Распределение рубок и нефтезагрязнений по районам автономного округа представлено на рисунке 4. В частности, из рисунка можно сделать вывод, что наибольшее количество нарушенных земель расположено в Нефтеюганском и Нижневартовском районах. Рубок более всего в Советском районе.

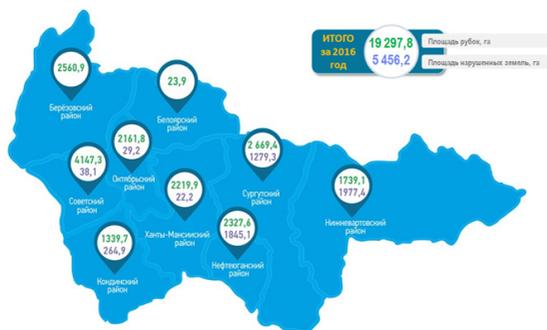


Рисунок 4 – Результаты космического мониторинга лесных рубок и нарушенных земель

## **ВЫЯВЛЕНИЕ И КАРТОГРАФИРОВАНИЕ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ И ТАЛЫХ ПОРОД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ (НА ПРИМЕРЕ ЭЛЬКОНСКОГО ГОРНОГО МАССИВА В ЮЖНОЙ ЯКУТИИ)**

**С.В. Калиничева**

*Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова  
Сибирское отделение Российской академии наук,  
г. Якутск*

Южная Якутия – одна из самых осваиваемых районов страны ввиду концентрации в ней различных природных ресурсов и их экономической значимости. Интенсивное хозяйственное освоение территории делает необходимым разработку действенных мер по охране природной среды, рациональному использованию, определению мерзлотно-инженерной оценки территории, принципов и методов строительства в условиях сложной мерзлотной обстановки. Решение перечисленных и многих других вопросов должно основываться на знании мерзлотной обстановки территории [1]. На территориях с расчлененным горным рельефом проведение мониторинговых исследований многолетнемерзлых пород усложняется сложным расчлененным горным рельефом территории. В условиях нехватки пространственных данных одним из способов решения могут служить спутниковые снимки, возможность и актуальность использования которых обуславливается их доступностью, большим пространственным охватом, повторяемостью съемок и современными методами их обработки.

Настоящее исследование основано на ландшафтно-индикационном методе, суть которого состоит в распознавании деципиентных (скрытых) компонентов, свойств ландшафта через физиономические компоненты, которые отображаются на данных дистанционного зондирования. Метод ландшафтной индикации является одним из востребованных методов изучения распределения талых и мерзлых горных пород [2].

Актуальность и новизна настоящей работы заключается в применении в геокриологических исследованиях (в качестве современных методов индикации мерзлотных условий), таких показателей, как радиационная температура (тепловое инфракрасное излучение поверхности) и снежного покрова, дифференцируемого по методу неконтролируемой классификации.

В данной работе приводится разработанная нами методика выявления мерзлых и талых пород с применением спутниковых снимков по шести криоиндикаторам таким, как высота местности, уклон и экспозиция рельефа, снежный и растительный покровы, а также радиационная температура.

Разработанная методика подходит для исследования криолитозоны в горных районах с расчлененным рельефом. В виду этого в качестве района исследования были выбраны участки Южной Якутии – Эльконский горный массив и Олекмо-Чарское плоскогорье.

Впервые по предложенной методике исследование нами проводилось в районе Эльконского горного массива, расположенного в северной части Алданского щита. Административно это территория Алданского района Республики Саха (Якутия), в 10-70 км южнее г. Томмот и имеет следующие координаты: 58° 24'.. - 58°48'.. с.ш.; 125° 45'.. - 126°36'.. в.д.

Ландшафтная структура Эльконского горста представлена четырьмя типами местности: плоскогорно-привершинного, горно-привершинного, горно-склонового и горно-долинного [3]. Каждый тип местности представлен одним или несколькими со сходными типами растительных сообществ. Так, в плоскогорно-привершинной местности характерны три типа ландшафта: подгольцовый – на ММП сплошного распространения, горноредколесный – на ММП прерывистого распространения и среднетаежный – на ММП островного распространения. Горно-привершинный тип местности представлен подгольцовым ландшафтом на сплошных ММП. Горно-склоновый тип местности, который включает крутые склоны долин рек, склоны плоскогорий и долин рек средней крутизны, представлен горноредколесным и среднетаежными типами ландшафтов с прерывистыми ММП. Горно-долинный тип местности представлен интразональным долинным среднетаежным на прерывистых ММП с подрусловыми таликами.

Исследование было проведено сопряженным анализом полевых натуральных материалов со спутниковыми данными. В качестве основных материалов для настоящих исследований были использованы данные о температуре горных пород в 45 скважинах, пробуренных глубиной от 15 до 500 метров в разных ландшафтных условиях Эльконского горста (база данных лаборатории геотермии ИМЗ СО РАН). Данные по снежному покрову были проанализированы по материалам снегомерной съемки и режимных наблюдений за динамикой снежного покрова на 34 участках (2014-2015 гг.). Ландшафтные описания делались на ключевых участках. В дальнейшем эти данные были интерпретированы с данными дистанционного зондирования Landsat-5/TM.

Дистанционное исследование растительного и снежного покровов, а также радиационной температуры осуществлялось по космическим снимкам Landsat TM/ETM. Пространственное разрешение снимка – 30 м, тепловой канал – 120 м. В качестве наиболее репрезентативного снимка, в большей степени отображающего ландшафтную дифференциацию, был выбран августовский снимок. Для расчета мощности снежного покрова был использован майский снимок. Изучение ландшафтной структуры исследуемой территории основывалась на классификационных построениях Мерзлотно-ландшафтной карты Якутской АССР масштаба 1:2 500 000 [4].

Для анализа рельефа использовались данные SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) [5]. С помощью полученной цифровой модели были выделены уклоны поверхности и экспозиции склонов. Анализ пространственной дифференциации растительного и снежного покровов производился по синтезу каналов 4-5-3 и 4-3-2 соответственно. Компенсация разницы освещенности северных и южных склонов при выделении растительных типов осуществлялась в программе ERDAS Imagine [6]. Для интерпретации типов растительности и высоты снежного покрова мультиспектральные снимки разделялись на классы по методу неконтролируемой классификации [7]. Для интерпретации радиационной температуры были учтены рекомендации выполнения тепловых

съемок [8]. Вычисление значений радиационной температуры проводилось по методу, приведенному на сайте [9].

Исследование проводилось в 3 этапа: На начальном этапе исследования проводился анализ скважин из базы данных лаборатории геотермии ИМЗ СО РАН с целью определения мерзлотных условий территории. Так, было проанализировано 45 скважин. В 30 из них были зафиксированы немерзлые (талые) породы, а в 15 – мерзлые. Выделенные скважины четко отражают мерзлотные условия территории в виду того, что глубина этих скважин достигает подошвы слоя годовых колебаний температуры.

На втором этапе исследования составлялись ландшафтно-корреляционные таблицы отдельно для мерзлых и талых пород. Таблицы создавались для установления корреляционных межкомпонентных связей и интегрального анализа между фактическими данными и данными космических снимков Landsat.

После анализа ландшафтно-корреляционных таблиц составлялись алгоритмы выделения характерных черт мерзлых и талых пород, горных пород около 0оС. Данный алгоритм представляет собой синтез ландшафтной версии и автоматического дешифрирования.

На основе вышеприведенных алгоритмов с применением программ ARC/INFO (Arc-Gis 10.1) нами была составлена крупномасштабная мерзлотно-ландшафтная карта Эльконского горста масштаба 1:100 000. В основе её составления заложена разработанная в Институте мерзловедения СО РАН методика картографирования мерзлотных ландшафтов [10].

По данной методике также проводилось исследование в районе Олекмо-Чарского плоскогорья (переходная зона от Лено-Алданского плато к Олекмо-Чарскому плоскогорью). Повторная апробация разработанной методики подтвердило возможность ее использования для исследования многолетне-мерзлых пород в горных районах криолитозоны.

---

#### **ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ**

1. Южная Якутия / Под ред. В.А. Кудрявцева. – М.: Изд-во МГУ, 1975. – 444 с.
2. Ключев, П.И. Ландшафтные индикаторы геокриологических условий болотных массивов центральной части Западной Сибири / П.И. Ключев, З.В. Чуфистова // Инженерно-геологические и геокриологические исследования в Западной Сибири. – М.: Стройиздат. – 1987. – С.27-31.
3. Мерзлотные ландшафты Якутии : Пояснительная записка к «Мерзлотно-ландшафтной карте Якутской АССР масштаба 1:2 500 000) / А.Н.Федоров [и др.]. – Новосибирск: ГУГК, 1989. – 170 с.
4. Мерзлотно-ландшафтная карта Якутской АССР. Масштаб 1:2 500 000 / Под ред. П.И. Мельникова. – М.:ГУГК, 1991. – 2 с.
5. CGIAR - CSI [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://srtm.csi.cgiar.org> - 01.12.2013.
6. Per aspera ad astra [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.giscraft.ru/methods/method9.shtml> - 18.09.2013.
7. ArcGIS Resources: сайт Esri [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://resources.arcgis.com/ru/help/main/10.1/index.html#//009z000000pn000000>. –10.09.2013.
8. Горный, В.И. Тепловая аэрокосмическая съемка / В.И. Горный, Б.В. Шилин, Г.И. Ясинский. – М.: Недра, 1993. – 128 с.
9. GIS-Lab [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gis-lab.info/qa/dn2temperature.html>. – 25.09.2013.
10. Федоров, А.Н. Мерзлотные ландшафты Якутии: методика выделения и вопросы картографирования / А.Н. Федоров. – Якутск: Ин-т мерзловедения СО РАН СССР, 1991. – 140 с.

## **ОЦЕНКА МАСШТАБОВ ПОЖАРНЫХ ЭМИССИИ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ РОССИИ ЗА 15 ЛЕТ ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВОГО МОНИТОРИНГА**

*Д.В. Ершов, Е.Н. Сочилова, А.С. Исаев*

*Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН,*

*г. Москва*

*С.А. Барталев, Ф.В. Стыценок*

*Институт космических исследований РАН,*

*г. Москва*

Лесные пожары Северного полушария в условиях меняющегося климата ежегодно вносят существенный вклад в эмиссию парниковых газов в атмосферу Земли, что влечет за собой поиск новых методов ежегодного учета масштабов выбросов в интересах глобальных оценок бюджета углерода планеты. Спутниковые данные дистанционного зондирования Земли из космоса позволяют сегодня получать широкий перечень показателей, обеспечивающих ежегодный мониторинг выбросов парниковых газов от лесных пожаров на разных пространственных уровнях от небольшого лесного массива до континента.

Целью доклада является рассказать об истории создания метода оценки эмиссий углерода и других парниковых газов в результате лесных пожаров, а также продемонстрировать результаты его применения за 15 последних лет мониторинга пожаров в лесах России и для сравнения в субъектах Уральского федерального округа.

Метод оценки парниковых газов с использованием спутниковых тематических продуктов базируется на постобработке и комплексном анализе спутниковых данных о пожарах и до пожарных пространственно-распределенных данных о запасах растительных проводников горения основных типов лесных горючих материалов. Количество углерода, выделившегося в процессе горения, определяется через массу сгорающих органических материалов и их химический состав. Общая масса сгоревших органических материалов находится как функция площади пожара, структуры и запасов лесных горючих материалов на этой площади, характера и интенсивности пожара, доли расходуемых ЛГМ при различных типах и интенсивностях горения.

Оценка сгорающей при лесном пожаре массы органических материалов (трава, ветви, листья/хвоя и др.) производится для следующих компонентов (слоев вертикального профиля) лесных горючих материалов: древостой (W1), подрост и подлесок (W2), напочвенный покров (W3) и лесная подстилка (W4). Масса почвенного гумуса (W5), являющегося проводником горения при подземных пожарах, распространяющихся по торфяникам и оторфованным почвам, формируется в условиях избыточного увлажнения. Территории с торфяными почвами носят локальный характер, эмиссии от подземных пожаров в методе не учитываются. Слой валежа (W6) также не учитывается в расчетах из-за отсутствия достоверных данных по этому показателю в лесах России.

В зависимости от типа пожара и его интенсивности расходуется различная доля ЛГМ. Для низовых пожаров разной интенсивности масса сгорающих ЛГМ

определяется из соотношения:

$$Q^p = \sum_{r=1}^R W_r \beta_{rp}^{(2)}, \quad (1)$$

где  $W_r$  – масса  $r$ -й компоненты ЛГМ до пожара, т×га<sup>-1</sup>;  
 $\beta_{rp}^{(2)}$  – доля  $r$ -й компоненты ЛГМ, сгорающая при низовом пожаре  $p$ -й интенсивности (на основе экспериментальных данных);

$Q^p$  – масса органических материалов, сгорающих при низовом пожаре  $p$ -й интенсивности, т×га<sup>-1</sup>.

Для лесных участков, пройденных верховым пожаром, масса сгорающих ЛГМ определяется из аналогичного соотношения:

$$Q^{(1)} = \sum_{r=1}^R W_r \beta_r^{(1)}, \quad (2)$$

где  $W_r$  – масса  $r$ -й компоненты ЛГМ до пожара, т×га<sup>-1</sup>;  
 $\beta_r^{(1)}$  – доля  $r$ -й компоненты ЛГМ, сгорающая при верховом пожаре (на основе экспериментальных данных);

$Q^{(1)}$  – масса органических материалов, сгорающих при верховом пожаре, т×га<sup>-1</sup>.

Таким образом, для получения количественных оценок массы сгоревших органических материалов и доли углерода в их составе необходимо обладать пространственной информацией о лесах и запасах ЛГМ до пожара, а также данными о типе и интенсивности горения в местах, пройденных лесными пожарами.

Численные значения коэффициентов  $\beta_r^{(1)}$  и  $\beta_r^{(2)}$  подобраны на основе анализа литературных данных экспериментальных исследований различных авторов по расходам проводников горения лесных горючих материалов (Исаев и др., 1995).

Первые экспериментальные исследования по применению метода оценки эмиссии углерода от пожара с использованием данных дистанционного зондирования датируются 1999 годом на тестовом пожаре 1997 года в Тассевском районе Красноярского края (Isaev et al., 2002). Для расчета запасов ЛГМ до пожара использовались материалы лесоустройства по выделам. Для оценки степени повреждения использовались спутниковые изображения SPOT/HRV (20 м) и Ресурс-О/МСУ-Э (30 м) до и после пожара, на основе которых рассчитывался нормализованный разностный вегетационный индекс. По выборочным аэрофотоснимкам визуально оценивалась степень повреждения и гибели древостоя, по которым восстанавливалась калибровочная функция линейной связи индекса со степенью повреждения. Используя таксационные данные о распределении хвойных видов древостоя, его возраста и полноты выделялась зона (группа выделов) с возможным распространением верхового типа горения. Далее на основе данных о степени повреждения лесов пожаром и зоне распространения верхового типа горения проводилась классификация лесотаксационных выделов по типу пожара и его интенсивности. На завершающей стадии по таблице коэффициентов расходов и базе до пожарных запасов ЛГМ проводилась количественная оценка эмиссии углерода, выделяемого

в процессе горения. Полученные результаты и опыт, а также появление новых спутниковых систем и методов оценки повреждений лесов от пожаров заложили основу для модернизации в последующие годы метода для оценки пожарных эмиссий углерода и парниковых газов по всей территории лесов России.

В период с 2003 по 2008 годы была разработана первая генерация или версия метода оценки пожарных эмиссий углерода с апробацией на территории центральной Сибири. Для этого была разработана пространственная база допожарных карт лесных горючих материалов на основе комплексного анализа карты наземных экосистем (1 км), государственного учета лесного фонда и сети пробных площадок фитомассы и продуктивности (Сочилова и др., 2009). В ИКИ РАН был разработан метод картографирования свежих гарей и оценка степени повреждения огнем лесной растительности по спутниковым данным низкого пространственного разрешения SPOT-VEGETATION (Егоров и др., 2004). На основе карт типов условия местопроизрастания, растительности и степени повреждения огнем лесов был разработан алгоритм определения участков леса с возможным распространением верхового типа горения, а также восстановления характера и интенсивности лесного пожара (Сочилова и Ершов, 2007; Ershov et al., 2009). Для практической реализации в среде ArcGIS был создан модуль расчета расходов ЛГМ и пожарных эмиссий углерода на заданной регулярной сети (Ершов и др., 2009). Этот метод применялся до 2007 года.

С 2007 года основные усилия были направлены на получение новых тематических продуктов и баз данных с использованием спутниковых данных среднего пространственного разрешения Terra-Aqua/MODIS (250-500м). В результате были созданы алгоритмы локально-адаптивной классификации и серия карт растительности России (Барталев и др., 2011) и базы данных ЛГМ верхнего полога, подроста и подлеска, напочвенного покрова и лесной подстилки, разработан новый алгоритм оценки категории состояния и гибели лесов от пожаров (Стыценко и др., 2013). В настоящее время метод дополнен возможностью расчета основных парниковых газов ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  и  $\text{NO}_x$ ) от лесных пожаров, которые ежегодно рассчитываются как по всей территории России, так и по отдельным субъектам и федеральным округам.

Всего за 15 последних лет наблюдений суммарный размер выбросов углерода от пожаров составил  $494,8 \times 10^6$  т,  $\text{CO}_2$  –  $1,8 \times 10^9$  т,  $\text{CO}$  –  $69,3 \times 10^6$  т,  $\text{CH}_4$  –  $7,9 \times 10^6$  т,  $\text{N}_2\text{O}$  –  $54,4 \times 10^3$  т и  $\text{NO}_x$  –  $2 \times 10^6$  т. Для Уральского федерального округа с 2002 по 2016 годы получены следующие показатели: углерод:  $30,9 \times 10^6$  т,  $\text{CO}_2$  –  $0,1 \times 10^9$  т,  $\text{CO}$  –  $4,3 \times 10^6$  т,  $\text{CH}_4$  –  $0,49 \times 10^6$  т,  $\text{N}_2\text{O}$  –  $3,4 \times 10^3$  т и  $\text{NO}_x$  –  $0,12 \times 10^6$  т.

Средняя пройденная лесными пожарами площадь для России по данным спутникового мониторинга составила  $4,7 \times 10^6$  га в год, диапазон относительных значений выбросов углерода находится в диапазоне от 2,91 т/га (2007) до 15,80 т/га (2005). Для Уральского федерального округа - средняя площадь 268,5 тыс. га, при этом диапазон относительных значений углерода определен в интервале от 0,86 т/га (2008) до 13,07 т/га (2005).

В докладе приводятся также статистика по отдельным субъектам Уральского федерального округа за весь период наблюдения и карты с пространственным распределением выбросов углерода и его соединений на территории России.

---

#### **ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ**

1. Егоров, В.А. Алгоритм детектирования и оценки площадей поврежденной пожарами растительности по данным SPOT-VEGETATION / В.А. Егоров, С.А. Барталев, Е.А. Лупян // Геоинформатика. – 2004. – С.199-204.
2. Ершов, Д.В. ГИС-технология оценки пирогенных эмиссий углерода по данным Terra-MODIS и государственного учета лесов / Д.В. Ершов, К.А. Ковганко, Е.Н. Сочилова // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2009. – Т.2. – №6. – С.365-372.
3. Исаев, А.С. Экологические проблемы поглощения углекислого газа посредством лесовосстановления и лесоразведения в России : Аналитический обзор / А.С. Исаев [и др.] // Центр экологической политики России. – 1995. – 155 с.
4. Сочилова, Е.Н. Методы создания карт запасов лесных горючих материалов низкого пространственного разрешения / Е.Н. Сочилова, Д.В. Ершов, Г.Н. Коровин // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2009. – Т.2. – №6. – С.441-449.
5. Сочилова, Е.Н. Картографирование и оценка поврежденных пожарами лесов и пожарных эмиссий углерода по спутниковым изображениям высокого пространственного разрешения / Е.Н. Сочилова, Д.В. Ершов // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2007. – Т.2. – №4. – С. 322-331.
6. Стыценко, Ф.В. Метод оценки степени повреждения лесов пожарами на основе спутниковых данных MODIS / Ф.В. Стыценко [и др.] // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2013. – Т.10. – № 1. – С.254-266.
7. Ershov D., Bartalev S., Korets M., Balzter H., Siegmund R., Schmullius C., Gerlach R. Assessment of forest disturbance induced carbon emissions in Central Siberia using earth observation, in-situ data and modelling // Geophysical Research Abstract, Vol.11. EGU 2009-7958.2009
8. Isaev A.S., Korovin G.N., Bartalev S.A., Ershov D.V., Janetos A., Kasishke E., Sugart H., French N., Orlick B., Murphy T. Using remote sensing for assessment of forest wildfire carbon emissions // Climate Change, 2002, V. 55, P. 235-249

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ОПЕРАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РЕГИОНАЛЬНЫХ ПРИРОДООХРАННЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ**

*Е.М. Печугин, Н.В. Резина*

*ООО «НЕОЛАНТ Запад», группа компаний «НЕОЛАНТ»,  
в Санкт-Петербурге*

---

Год экологии и особо охраняемых природных территорий нацелен на повышение экологической ответственности предприятий. В связи с этим высокие экологические стандарты должны стать первоочередной составляющей всех планируемых к реализации в республике промышленных проектов. Это цитата из послания Государственному Собранию республики Главы Якутии Е. А. Борисова.

Очевидно, что для сохранения биологического разнообразия, обеспечения экологической безопасности требуется проведение контрольно-надзорных мероприятий и как результат – планирование и проведение мероприятий по ликвидации негативных воздействий. Проведение надзорных и контрольных мероприятий невозможно без паспортизации как охраняемых ресурсов - атмосферы, водных объектов, земельных и лесных ресурсов, биоресурсов, так и объектов негативного воздействия на эти ресурсы.

Управленческая деятельность как таковая включает стадии: анализ, мониторинг, планирование, контроль. Эти стадии, неразрывно связанные с формированием объединенного банка данных, сведения которого используются на каждой стадии. Возможно ли управление без создания такого банка данных? Да, возможно, однако при этом возникают проблемы:

- мы вынуждены обрабатывать разрозненную информацию разных форматов по отраслевым подразделениям и муниципальным образованиям;
- такая обработка требует больших трудозатрат;
- невозможно получать информацию по запросу пользователя;
- отсутствуют средства визуального анализа.

В настоящее время группа компаний «НЕОЛАНТ» ведет работы по созданию информационно-аналитической системы природопользования и охраны окружающей среды Республики Саха (Якутия) (РС (Я)). Проект инициирован Министерством охраны природы Республики Саха (Якутия), целью выполнения работ является создание и внедрение инструментария, обеспечивающего оперативный и регулярный сбор и анализ данных о природопользователях, их воздействии на природу, состоянии природных ресурсов.

Как организован процесс сегодня? Безусловно, есть формирование отдельных предметных сегментов, связанных с исполнением полномочий Министерства – выдачей лицензий, проведением контрольных и надзорных мероприятий; проводятся работы по экологическому мониторингу состояния объектов; есть получение обобщенных данных из органов статистики; выполняется анализ и планирование; активно ведутся работы, связанные с картографическим

представлением данных, поскольку практически все природоохранные данные имеют пространственную привязку.

Однако для проведения комплексного анализа текущего состояния территории и планирования мероприятий требуется формирование того самого объединенного банка, который может быть использован для совместного анализа тематических данных и наглядного представления результатов такого анализа.

В 2011-2012 годах Министерством охраны природы РС (Я) были созданы отдельные учетные подсистемы «Сбор данных по показателям государственного экологического контроля Министерства», «Республиканский кадастр отходов», «Экологический паспорт территории РС(Я)», не учитывающие требования изменившегося законодательства по состоянию на январь 2017 года, не интегрированные между собой, не обеспечивающие работу с пространственными данными.

В 2016 году в рамках проведения работ по внедрению и вводу в эксплуатацию РГИС ТП РС (Я), являющейся республиканской платформой формирования единого информационного пространства сведений о планируемых и существующих объектах капитального строительства (далее ОКС) федерального, регионального и местного значения, зон и территорий, влияющих на расположение ОКС, было выполнено создание и наполнение реестров пространственных данных, отнесенных к компетенции Министерства охраны природы; сформированы пространственные данные, синхронизированные с реестрами, и аналитические отчеты; проведено обучение специалистов и их подключение к РГИС ТП РС(Я); создание макета интерактивной карты «Экологический паспорт». В состав сформированных реестров вошли реестры предприятий – потенциальных объектов негативного воздействия на окружающую среду, ООПТ, реестры сведений о состоянии окружающей среды, выданные лицензии и разрешения и т.п.

По результатам проведенных работ для оптимизации рабочего процесса (сокращения затрат на поиск, получение и обработку информации, подготовку типовых документов, аналитических отчетов) принято решение о разработке автоматизированной информационной системы «Природопользование и охрана окружающей среды» как системы информационно-аналитического обеспечения исполнения функций Министерства охраны природы РС (Я) в сфере ПП и ООС, включающей интегрированные между собой модули, обеспеченные функциями работы с пространственными данными.

В состав компонентов ИАС ППиООС входят:

- инструментальные средства, обеспечивающие функционирование прикладных модулей в составе ИАС;
- хранилища данных, включая централизованное хранилище данных, необходимых для исполнения функций Министерства;
- прикладные модули ИАС, обеспечивающие исполнение блоков функций по видам деятельности подразделений Министерства охраны природы РС (Я);
- геоинформационный портал ИАС ППиООС РС(Я).

Формирование централизованного хранилища данных обеспечит возможность сквозного применения данных в различных прикладных модулях, исключая дублирование ввода информации и расхождения в сведениях. Представление собранных данных на картографической основе обеспечит возможность наглядного комплексного представления о расположении объектов негативного воздействия, компонентах природной среды, проводимых мероприятиях, возможности зонирования территории республики по показателям

состояния объектов окружающей среды. Получение пространственной информации об объектах позволит осуществлять комплексный оперативный анализ причин зафиксированных изменений объектов окружающей среды, планировать мероприятия по уменьшению негативного воздействия на объекты окружающей среды, прогнозировать изменение ситуации, а также осуществлять мониторинг реализации запланированных мероприятий.

В качестве приоритетных модулей, разрабатываемых в ИАС в 2017 году, определены:

- Экологический паспорт, обеспечивающий ведение сведений об источниках негативного воздействия на территории Республики Саха (Якутия) и сведений о состоянии компонентов природной среды; формирование аналитических сведений по собранным данным.

- Государственный экологический надзор, предназначенный для планирования мероприятий государственного экологического надзора, фиксации результатов и контроля результатов проведения этих мероприятий.

- Экологический мониторинг, предназначенный для регистрации, хранения и управления сведениями о запланированных и фактически проведенных мероприятиях экологического мониторинга (отборах проб, экологических обследованиях) в рамках республиканской системы экологического мониторинга.

- Деятельность Министерства – модуль, представляющий аналитику по данным модулей «Экологический паспорт», ГЭН, Экомониторинг в разрезе деятельности Министерства и его подразделений.

- Личный кабинет природопользователя, обеспечивающий комплексное представление данных об организациях-природопользователях как специалистам Министерства и его территориальных подразделений, так и самим организациям-природопользователям.

Отличительной особенностью создаваемой системы является их проведение на платформе Региональной геоинформационной системы территориального планирования Республики Саха (Якутия). В состав РГИС ТП входят:

- Подсистема пользовательских приложений и подсистема администрирования. представляют собой специальное программное обеспечение. Это программа для ЭВМ «Информационно-аналитическая система пространственного развития «Горизонт» (свидетельство о регистрации программы для ЭВМ №2015614757), правообладатель АО «НЕОЛАНТ».

- Подсистема хранения PostgreSQL 9.3 (свободная объектно-реляционная система управления базами данных) и надстройки PostGis, обеспечивающей хранение пространственных данных

- Подсистема «Инструментальная ГИС» реализована на базе свободного ПО QuantumGIS и GeoServer, хранение пространственных данных реализовано в формате PostgreSQL (расширение «Postgis»).

- Взаимодействие с внешними системами в части семантических данных реализуется через обработку структурированных файлов с использованием механизмов ETL, в частности с использованием СПО Pentaho Data Integration;

- Подсистема публикации данных (web-портал) обеспечивает доступ, согласно определенным правам, к информации Системы через веб-интерфейс. Для обеспечения совместимости с серверными ОС и доступа пользователей к portalу с различных рабочих мест, в том числе с мобильных устройств, веб-портал реализован на платформе Node.js.

УДК 519.711.3

## СОЦИАЛЬНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ, МОДЕЛИ И МЕТОДЫ РЕАЛИЗАЦИИ

*А.О. Ташкин, С.П. Семенов, В.В. Славский*  
*Югорский государственный университет,*  
*г. Ханты-Мансийск*

---

Работа выполнена при поддержке Российского фонда  
фундаментальных исследований (проект 15-41-00092).

В мире уделяется значительное внимание проблеме создания безбарьерной среды и улучшению качества жизни маломобильных групп населения (далее МГН). В данную категорию граждан входят люди, ограниченные в перемещении: не только люди с ограниченными возможностями – инвалиды, но и люди, ограниченные временными обстоятельствами, например, перемещающиеся с багажом или коляской [8]. Существуют две основные проблемы в перемещении маломобильных граждан: первая связана с физической недоступности объектов социальной инфраструктуры (далее ОСИ), а вторая в недоступности информации о каждом объекте ОСИ. Первая проблема решается установкой конструкций на объекты застройки и проектированием новых зданий с учетом интересов МГН.

Решение проблемы информационной доступности может быть достигнуто за счет проведения исследований и разработок в области геоинформационных технологий. Обеспечение людей с ограниченными возможностями сведениями о доступности ОСИ удобно реализовать через информационный ресурс, размещенный в глобальной сети Интернет. Подобные ресурсы используют в качестве основного инструмента визуализации карты и геоинформационные средства и называются картами доступности (Disabled maps). В ходе анализа было рассмотрено более 200 информационных ресурсов, предназначенных для использования людьми с ограниченными возможностями и решающих различные задачи, общей целью которых является удовлетворение информационных потребностей относительно выбранного ОСИ.

Авторами статьи проведен анализ существующих технологий и методов проектирования и реализации комплекса социально-ориентированных геоинформационных систем [1]. Рассмотрены механизмы извлечения и агрегации разнотипных данных из существующих информационных систем и баз данных с целью их объединения, структуризации и выполнения математических операций для получения синтезированных данных [2]. Представлена методика проектирования и реализации социально-ориентированного информационного ресурса на базе ГИС-технологий в виде комплекса программ, отражающего оценку доступности современного фонда городской застройки с точки зрения маломобильных граждан [3]. Описана структура модели системы и рассмотрен метод моделирования геоинформационной системы для МГН (рисунок 1).

Описана программная реализация интерактивной социально-ориентированной геоинформационной системы, предназначенной для получения

информации об объектах социальной инфраструктуры, направленной на удовлетворение потребностей маломобильных групп граждан и людей с ограниченными возможностями. В рамках реализации были проведены семинары с фокус группами, собраны пожелания административных органов, учтены интересы различных групп людей с ограниченными возможностями, произведено несколько итераций корректировок продукта. Создана рабочая версия продукта ЭВМ «Социально-экономическая геоинформационная система для людей с ограниченными возможностями» для муниципально-го образования г. Ханты-Мансийск [4, 6]. Финальная версия на текущей момент опубликована в сети Интернет по адресу [www.geowheel.ru](http://www.geowheel.ru) (рисунок 2).

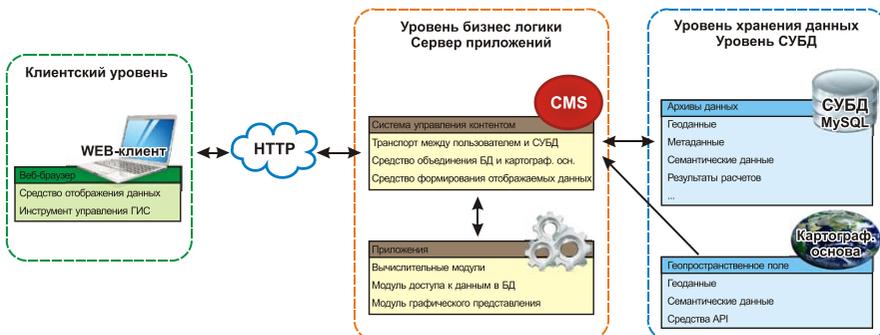


Рисунок 1 – Структурно-функциональная модель



Рисунок 2 – Внешний вид системы

Программно-техническое решение в рамках исследования использовалось для обеспечения возможности сотрудничества группы людей с целью накопления, хранения, анализа и обмена социально-ориентированными данными. В ходе исследования были изучены различные подходы и методики анализа формальных понятий, опираясь на алгебраическую теорию решёток. Были проведены эксперименты

на основе данных геоинформационной системы для МГН, произведен анализ особенностей классификации слабосвязанных социально-ориентированных данных, определены характерные для фолксономического подхода свойства [5, 7].

В данной статье рассмотрены вопросы совместного применения нескольких методов классификации социально-ориентированных данных геоинформационных систем с целью сортировки и упорядочивания. Выработаны методологические и алгоритмические решения по объединению различных

методов классификацию с целью более точного описания свойств и характеристик объектов предметной области. Исследованы возможности комбинирования фолксномического и таксономического подходов классификации данных с целью выявления и объединения наилучших качеств каждого из подходов.

Авторами был проведен анализ множества интернет-сервисов, реализующих возможности совместного использования различных электронных ресурсов, сгенерированных пользователями (social resource sharing systems). Подобные сервисы реализуют возможности совместного/публичного доступа с электронного устройства (ПК, смартфон, планшет и пр.) к записям, медианнным и иной информации, сгенерированной самими пользователями на удаленном сервере. В основе социальных сервисов совместного использования ресурсов лежит структура данных, называемая фолксномией (folksonomy), состоящая из трёх множеств  $U$ ,  $O$ ,  $R$  – пользователей, объектов и признаков, а также тернарного отношения  $I$  между ними). Термин «фолксномия» ввел в употребление Томас Вандер Вал (Thomas Vander Wal) в 2004 году. Лингвистически термин фолксномия (folksonomy) происходит от двух корней: folk (народ) и греческого taxonomy – расположения по порядку и, в итоге, означает «народная классификация» [9, 10]. Опираясь на объектно-признаковое представление данных, можно провести строгую формализацию понятия, как пары, состоящей из объема и содержания. Были изучены принципы коллективной классификации информации для систем совместного использования ресурсов путем агрегирования данных пользователей.

В данной статье предложена комбинированная классификационная система, в которой основная таблица классификации дополнена таблицами типовых значений, а классификационные индексы образуются путем комбинирования классификационных кодов основной таблицы с кодами типовых значений, образованных в ходе классификации фолксномическим подходом.

Для решения проблемы отсутствия взаимосвязанности данных при использовании фолксномического подхода в классификации слабосвязанных социально-ориентированных данных была введена система взаимосвязей ключевых характеристик объектов с ключевыми характеристиками признаков информационного пространства. Такая характеристика имеет любое количество связей любого типа с другими характеристиками и является нейронной сетью (программируемая конструкция, имитирующая свойства биологических нейронов). Коэффициенты связи между нейронами, определяющие, насколько релевантной с точки зрения человеческой логики является связь между объектами информационного пространства, образуют семантическую сеть с весовыми (нечеткими) связями [11]. Такое объединение подходов классификации образует систему регулятивных принципов, приёмов и способов, с помощью которых достигается наиболее объективное познание действительности в рамках научно-познавательной деятельности.

Произведено описание метода организации онтологии предметной области посредством объединения подходов, а именно: база данных объектов социальной инфраструктуры геоинформационной системы для МГН представлена в виде множества объектов и множества их признаков, формирующих бинарную матрицы. С помощью операторов Галуа определено множество формальных понятий, а для наглядного представления результатов с помощью диаграмм Хассе построены решетки формальных понятий, объектов и их признаков.

Анализ формальных понятий является прикладной алгебраической дисциплиной, использующей алгебраическую теорию решёток для формализации единицы человеческого мышления – формального понятия (пары, состоящей из объема и содержания). Объем состоит из множества всех объектов, обладающих всеми признаками из содержания, а содержание – из множества всех общих признаков этих объектов; т.е. выполняется условие замкнутости, максимальности размера объема и содержания. Для формальных понятий применим закон обратного соотношения между размером объема и содержания понятия. Имея множество формальных понятий можно построить частичный порядок (иерархию) по отношению «быть более общим понятием», в котором понятие с большим по вложению объемом будет более общим для понятия с меньшим объемом. Такой порядок обладает свойствами алгебраических решёток и называется решеткой понятий. В исследовании описана авторская концепция классификации объектов и признаков семантического пространства ГИС-системы для МГН путем объединения таксономического и фолксономического подходов, а также когнитивных измерений как итерационного процесса отбора информации, осуществляемого с помощью когнитивных сенсоров.

Используемые в исследовании методы онтологического анализа данных (ОАД) задействуют подходы классического анализа данных (Data Mining) и теорию анализа формальных понятий. ОАД автоматизирует построение онтологий на основе измерения объектов и признаков предметной области (ПрО). Результаты измерений оформляются в виде таблиц «объекты-свойства» (ТОС). Строки ТОС соответствуют объектам, которые составили эмпирическую выборку объектов, состав столбцов отражает возможные измерительные процедуры, а ячейки таблицы содержат результаты выполнения измерительных процедур над объектами ПрО. Отличительными положениями ОАД являются:

1. Допущение отсутствия информативного результата измерений.

2. Механизм измерения зависит от структурных отношений между объектами ПрО и спецификой обработки этих измерений.

3. Арсенал измерительных процедур формируется согласно априорным гипотезам исследователя (на практике чаще всего ограничиваются бинарными отношениями).

Промежуточным результатом ОАД является объектно-признаковая модель ПрО, где использован алгоритм классификации по положительным и отрицательным признакам, а именно:

1. Бинаризация признаков.

2. Вычисление минимальных гипотез, соответствующих положительным и отрицательным признакам.

3. Классификация недоопределенных признаков на основе выбранных гипотез:

- а) если объект содержит гипотезы только из положительного (отрицательного) класса, то объект классифицируется положительно (отрицательно);

- б) если объект содержит гипотезы из обоих классов, алгоритм отказывается от классификации по противоречию;

- в) если объект не содержит никакие гипотезы из обоих классов, алгоритм отказывается от классификации по недостатку информации.

Поскольку АФП применим к данным с номинальными признаками, то в случае данных с вещественными признаками приходится применять процедуру

обработки. Задача бинаризации признаков сама по себе является отдельным полем для исследования. Применение более тонких методов обработки признакового пространства способно существенно улучшить результаты классификации. В исследовании была поставлена задача сравнения качества работы нескольких алгоритмов и выявления возможностей дальнейшего совершенствования подхода на основе АФП. Алгоритм порождает формальные понятия отдельно для каждого из классов до тех пор, пока не будут найдены все минимальные гипотезы. Согласно алгоритму, процедура генерации «потомков» формального понятия прекращается, как только формальное содержание понятия является гипотезой. Таким образом, вычисляются минимальные гипотезы, так как порождения других гипотез, подмножеством которых являются выделенные ранее гипотезы, не происходит.

С помощью диаграмм Хассе можно наглядно представить построенные решетки формальных понятий [12,13]. Диаграммы Хассе представляют собой граф покрытия отношения «быть более общим понятием».

Каждая вершина решетки – это формальное понятие. Рядом с понятием пишутся объекты, которых нет в менее общих понятиях (находящихся под данным понятием), и признаки, которых нет в более общих понятиях. Находятся такие формальные понятия алгоритмом «замыкай по одному». Функция начинает работать с самого общего формального понятия, которое содержит все объекты и чаще всего ни одного признака. Затем находятся все остальные понятия рекурсивным добавлением признаков. Объем формального понятия – все объекты, написанные напротив данного понятия и всех понятий, менее общих, чем оно. Содержание формального понятия – признаки, написанные напротив данного понятия и более общих понятий.

Авторами были изучены возможности открытых прагматических технологий проектирования интеллектуальных систем в части динамического обновления свойств объектов предметной области при формировании онтологического пространства. Основу средств семантического моделирования в интеллектуальных системах обеспечивают блоки обнаружения и приобретения знаний, включая механизмы извлечения и формирования знаний на основе измерений, работы с экспертами и онтологического инжиниринга. Приведены понятия когнитивного сенсора, представляющего собой информационно-измерительное

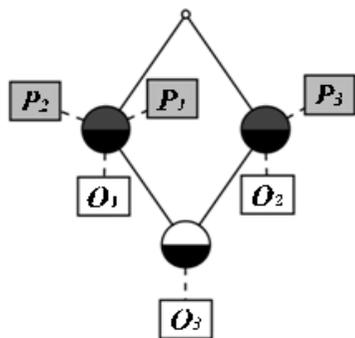


Рисунок 3 – Пример решетки формальных понятий

познающее объект мониторинга и обеспечивающее получение знаний на базе измерений, а также обладающее способностью оценки результатов измерений и прогнозирования будущего состояния. Функционирование когнитивного сенсора опирается на логическую прагматику измерений, фундаментальные представления о когнитивных возможностях человека и соответствующие математические модели, и методы работы со знаниями, которые могут быть использованы технологической системой моделирования и проектирования. Изучены

основы конкретных когнитивных сенсоров – сенсора Васильева, сенсора Клини и сенсора Белнапа, когнитивных сенсорных сетей, основанных на бирешетках и мультирешетках, рассмотрены вопросы синтеза когнитивных сенсоров с целью получения более точных оценочных значений. Рассмотрены логико-алгебраические подходы к построению моделей понимания на базе логических (истинностных) оценок и норм. Изучены различные представления логических систем в виде алгебраических структур: цепей, решеток, полурешеток, произведенных решеток, а также проанализированы отношения различных порядков.

В результате исследования описана методика логико-алгебраического процесса семантического моделирования и разработки средств онтологического анализа данных (ОАД). Исследование определило понятие ОАД, как методический комплекс для выявления формальной онтологии предметной области (ПрО) на основе эмпирических объектно-признаковых данных, структурированных согласно стандартизированному формату представления подобной информации, известному как таблицы «объекты-свойства» (ТОС). Было установлено, что ОАД построен на принципах теории анализа формальных понятий (АФП), определены характерные для ОАД свойства, отличающие данный подход:

- поддерживается построение произвольных отношений между объектами (согласно концепции «отношение-проявление внутренних свойств объектов»);
- допускается различного рода неполнота исходной эмпирической информации, и обрабатываются противоречия в извлекаемых из первичных данных базовых семантических суждениях (БСС) о ПрО вида  $\forall x \in U \exists y \in Y (x \text{ обладает свойством } y)$ ;
- в анализ вовлекаются обычно имеющиеся у эксперта сведения о взаимосвязи измеряемых свойств объектов – так называемые «ограничения существования» свойств (ОСС).

Применительно к объектам семантического пространства геоинформационной системы для МГН были выявлены методы и алгоритмы увеличения релевантности объекта классификации путем динамического обновления свойств и характеристик объекта. При оценке истинности БСС в отличие от нечеткого АФП предложено использовать более адекватную многозначную векторную логику, а также рассматривается вопрос связывания модели неполноты исходных данных с моделью ОСС. Представлен метод и алгоритм работы с более общей моделью ОСС, а также проанализирована перспектива развития разрабатываемой ГИС-системы.

Описаны и реализованы логические системы графической иллюстрации понятий логического мира, а также задач мониторинга. На основании данной методики возможно решение задач отбора необходимых пространственно-ориентированных данных, организации функции интеллектуального поиска и иных задач по информационному обеспечению маломобильных групп населения. Разработки в данной области могут быть использованы в качестве дополнительного инструмента геопространственного ориентирования, как эвристический метод для получения данных в информационно-справочных системах, а также как механизм выявления оптимальных зон, точек и маршрутов на местности по заданным критериям.

---

## ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Ташкин, А.О. Автоматизированная система предоставления услуг населению г. Ханты-Мансийска / А.О. Ташкин // *Материалы IV Международного IT-форума*. – Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2011. – С.192 -193.
2. Ташкин А.О. Методика создания объединенной геопространственной базы данных для исследования анализа динамики экологических демографических и иных процессов / А.О. Ташкин // *Геоинформационные технологии в решении задач рационального природопользования* : Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Ханты-Мансийск : ООО Издательство Юграфика, 2013. – С 39-41.
3. Ташкин, А.О. Разработка геоинформационной системы для решения задач информационного обеспечения людей с ограниченными возможностями / А.О. Ташкин, С.П. Семенов // *Шестой технологический уклад: механизмы и перспективы развития* : сборник материалов II Международной научно-практической конференции. – Ханты-Мансийск: Изд. Югорского гос. ун-та, 2013. – С. 105 – 107.
4. Семенов, С.П. Методика разработки геоинформационной системы для маломобильных граждан [Электронный ресурс] / С.П. Семенов, А.О. Ташкин // *Современные проблемы науки и образования*. – 2014. – № 1. – Режим доступа: <http://www.science-education.ru/115-12206> (дата обращения: 08.09.2017).
5. Семенов, С.П. Применение фолксномического подхода в разработке социально-ориентированных геоинформационных систем / С.П. Семенов, А.О. Ташкин // *Вестник ЮГУ*. – 2014 г. – Вып. 2 (33). – С. 94–99.
6. Семенов, С.П. Интерактивная геоинформационная система для маломобильных граждан / С.П. Семенов, А.О. Ташкин // *Ломоносовские чтения на Алтае: фундаментальные проблемы науки и образования* : Сборник научных статей международной конференции. – Барнаул : Изд-во Алт. ун-та, 2015. – С. 1007-1010.
7. Семенов, С.П. Создание социально-ориентированных геоинформационных систем с применением возможностей фолксномического подхода / С.П. Семенов, С.П. Кононенко, А.О. Ташкин // *Шестой технологический уклад: механизмы и перспективы развития* : Материалы III международной научно-практической конференции. – Ханты-Мансийск, Югорский государственный университет, 2015. – С. 60-65.
8. Семенов, С. П. Анализ информационных ресурсов, направленных на удовлетворение информационных потребностей людей с ограниченными возможностями / С. П. Семенов, В.В. Славский, А.О. Ташкин // *Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии*. – 2016. – Том 14. – Вып. 1. – С. 115.
9. Семенов, С.П. Анализ формальных понятий (АФП) в социально-ориентированных геоинформационных системах / С.П. Семенов, В.В. Славский, А.О. Ташкин // *Вестник ЮГУ*. – 2016. – Вып. 2 (41). – С. 57–60.
10. Ташкин, А.О. Математическая модель социально-ориентированной геоинформационной системы для маломобильных групп населения / А.О. Ташкин, С.П. Семенов, В.В. Славский // *Математика и информационные технологии в нефтегазовом комплексе* : Тезисы докладов Международной конференции, посвящённой дню рождения великого русского математика академика П.Л. Чебышёва. – Сургут: НЦ СурГУ, 2016. – 256 с.
11. Самарина, О.В. Анализ социальных сетей с использованием среды Wolfram Mathematica: учеб.-метод. пособие / О.В. Самарина [и др.]. – Ханты-Мансийск : Ред.изд. отд. ЮГУ, 2016. – 60 с.
12. Математическая модель объектов социальной инфраструктуры на основе теории анализа формальных понятий (АФП) // *Инновации в жизнь*. – 2017. – № 2 (21).
13. S.P. Semenov, V.V. Slavskii, A.O. Tashkin, A.S. Tyakunov / *Mathematical model of social infrastructure based on the theory of formal concept analysis (FCA)* / *International Journal of Engineering and Technical Research (IJETR)*. 2017. V. 8. Issue-1.

## АТЛАС ИНДУСТРИАЛЬНОГО НАСЛЕДИЯ ЮГРЫ

*Н.Л. Сеньюкова*

*БУ «Музей геологии, нефти и газа»,  
г. Ханты-Мансийск,*

*Г.А. Кочергин*

*АУ «Югорский НИИ информационных технологий»,  
г. Ханты-Мансийск*

Многолетнее творческое сотрудничество бюджетного учреждения «Музея геологии, нефти и газа» и автономного учреждения «Югорского научно-исследовательского института информационных технологий» официально было закреплено лишь в 2016 году подписанием договора с целью объединения общих возможностей, эффективного использования культурного и научно-технического потенциала окружных учреждений для научно-технического просвещения общества.

Одним из общих долгосрочных проектов стал образовательный проект «Атлас индустриального наследия Югры» (2017-2021 гг.), посвящённый индустриальному освоению территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югры с обязательным использованием геоинформационных систем, картографических материалов и результатов исследовательской деятельности участников проекта.

Для АУ «Югорского научно-исследовательского института информационных технологий» Атлас индустриального наследия Югры вошёл в перечень образовательных, информативных проектов института, реализуемых в рамках развития геопортала Центра космических услуг института в разделе «Туризм» (<http://geoportal.uriit.ru/arcgis/home/projects.html>).

Для Музея геологии, нефти и газа данный проект реализуется в рамках миссии музея, заявленной в Концепции развития учреждения на период 2016-2018 годов, как «Вовлечение общества в сохранение индустриального наследия как ресурса мотивации прогресса». Атлас даёт возможности и публикации информации музея по результатам научно-исследовательской деятельности и публикации предметов музейного фонда, что соответствует целям деятельности музея как социального института.

Проект рассматривается как возможность донесения информации для пользователя, так и как инструмент привлечения музейных и образовательных учреждений округа в процесс выявления, изучения объектов индустриального наследия ведущего нефтяного региона Российской Федерации. Открытость и публичность проекта, в соответствии с Положением о проекте (<http://geoportal.uriit.ru/indheritage>), заявляются как организационные принципы проекта и декларируются на странице проекта призывом «Стать участником проекта».

Принципиальным решением организаторов научно-исследовательского проекта стало введение в Положение о проекте понятийного аппарата, используемого в проекте: «атлас», «геопортал», «геоинформационные системы», «индустриальное наследие» и в предисловие атласа акцентов, отличающих его от других атласов, размещённых в этом же разделе геопортала.

Прежде всего, это понятие «индустриальное наследие», которое рассматривается как часть культурного наследия общества, отражающее развитие

массового индустриального производства: совокупность строений и артефактов, произведённых обществом с использованием труда.

Ханты-Мансийский автономный округ – Югра – основной нефтедобывающий регион России и один из крупнейших нефтедобывающих регионов мира. Индустриальное наследие Югры формируется объектами промышленного освоения уникального нефтяного региона.

Структура атласа:

- вводная часть – описание проекта;
- легенда (условные обозначения);
- информационные слои (тематические разделы);
- галерея базовых карт (физико-географические и административные карты);
- закладки;
- «бегунок времени».

Хронологические рамки исследования проекта – от начала XX века по настоящее время. В хронологической классификации индустриального наследия – это два периода: второй индустриальный период (начало XX – середина XX вв.) и постиндустриальный период (середина XX в. – настоящее время). Временное выделение связывается с началом организации промышленной добычи полезных ископаемых (минералы, горные породы), строительством первых индустриальных объектов на территории округа (электростанции); формированием индустриального нефтегазового комплекса округа; созданием объектов искусства и социальной памяти как рефлексии общества на промышленное развитие округа.

Основными критериями определения и выделения объектов индустриального наследия приняты критерии классификации, основанной на соотношении объекта индустриального наследия с функциями:

- производственные центры;
- склады и хранилища;
- места, где энергия генерируется, передается и используется;
- транспорт;
- социальная среда.

Группы объектов, размещаемых в атласе:

- геологические объекты (места добычи уникальных геологических образцов на территории Югры: керны, минералы);
- географические объекты (именные нефтегазовые месторождения на территории Югры; нефтяные города Югры);
- исторические объекты (памятники, памятные знаки, посвященные индустриальному развитию Югры; музеи индустриальной истории; уникальные технические (индустриальные) объекты).

Для каждой группы объектов создается информационный слой с набором атрибутов. Перечень атрибутов утверждается организаторами. На основе перечня атрибутов создаётся шаблон для подачи информации. Шаблон в формате Word размещен на геопортале (<https://short.uriit.ru/atlas>).

Естественно, в атласе публикуется информация об объектах, имеющих географические координаты. Но есть и нюансы размещения объектов, когда они соотносятся с одной позицией (точкой) в системе координат (минералы одного месторождения), или невозможностью их привязки, в частности месторождений, к системе координат из-за регламента закрытости информации.

Порядок организации проекта (механизм реализации), прописанный в Положении о проекте, нашел подтверждение в реальной жизни проекта. Сбор и координация данных осуществляется Музеем геологии, нефти и газа. Внесение данных на геопортал – Югорским научно-исследовательским институтом информационных технологий.

Одним из соорганизаторов проекта стал «Музейно-выставочный центр» г. Когалыма. Участие школьников прорабатывается на экспериментальной площадке МБОУ «Средняя общеобразовательная школа № 8» г. Ханты-Мансийска.

Презентация проекта была проведена в рамках Фестиваля науки в Музее геологии, нефти и газа (5 октября 2016). Старт реализации проекта с участием учителей МБОУ «Средняя общеобразовательная школа № 8» г. Ханты-Мансийска – 16 декабря 2016 года. В марте-апреле 2017 года среди 12-18-ти летних фотографов организаторами проекта был проведен фотоконкурс «Индустриальный пейзаж Югры», по итогам которого фотографии победители были размещены в атласе среди исторических объектов.

Проект с первыми итогами работы по наполнению атласа был презентован участникам IX Международного ИТ-Форума с участием стран БРИКС и ШОС (6-7 июня 2017, Ханты-Мансийск). Он вызвал неподдельный интерес и получил высокую оценку посетителей. «Очень интересный проект, похвально, что население может в нём участвовать. Грамотные шаблоны и привлекательный интерфейс» – отметила кандидат исторических наук В.Б. Прозорова, старший научный сотрудник сектора зарубежной научно-технической информации по архивоведению и документоведению Всероссийского научно-исследовательского института делопроизводства и архивного дела.

Одним из показателей проекта является количество посещений. В 2017 году число посещения, обращения к информации Атласа индустриального наследия Югры совокупно в числе посещений геопортала Центра космических технологий ЮНИИ ИТ - 2211 посещений с 1 января по 14 сентября 2017 года.

Развитие проекта в долгосрочном периоде связывается с распространением информации о нем, расширением списка участников, наполнением контента, технологическим совершенствованием.

---

#### **ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ**

1. Запарий, В.В. «Индустриальное наследие» и его современное толкование [Электронный ресурс] / В.В. Запарий // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2009. – № 1. – Режим доступа: <http://uniip.ru/images/stories/journal/1-2009/zapariy.pdf>.

УДК 528.852.8:528.854

## ОБНАРУЖЕНИЕ ЛЕСНЫХ УЧАСТКОВ С ПОРУБОЧНЫМИ ОСТАТКАМИ ПО КОСМИЧЕСКИМ СНИМКАМ СРЕДНЕГО ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗРЕШЕНИЯ

**В.А. Хамедов**

*АУ «Югорский НИИ информационных технологий»,  
г. Ханты-Мансийск*

На территории автономного округа осуществляют производственную деятельность различные организации нефтегазового и лесного комплексов. По состоянию на 01.01.2017 г. заключено 16731 договоров аренды лесных участков с 791 организацией. Площадь арендованных земель составляет более 4 млн. га, из них более 3 млн. га предоставлено в аренду для заготовки древесины. Проведение работ на лесных участках сопровождается появлением на них порубочных остатков (ветки, сучки, обломки стволов растений и верхушки деревьев).

На рисунке 1 представлен пример участка лесной рубки с порубочными остатками на всей площади лесосеки. Наличие на участках порубочных остатков в пожароопасный период запрещено, согласно п. 9.1 Правил пожарной безопасности в лесах [1]. Изображенный на рисунке участок, фотография которого получена 19.04.2016 г., представляет потенциальную пожарную опасность. Напомним, что в 2016 году пожароопасный сезон на территории Ханты-Мансийского автономного округа - Югры был установлен с 25.04.2016 г.



Рисунок 1 - Фотография участка с порубочными остатками. Дата съемки 19.04.2016 г.

Для обнаружения участков с порубочными остатками используются, как правило, космические снимки высокого пространственного разрешения или материалы аэрофотосъемки. На таких снимках порубочные остатки дешифрируются визуально.

В статье рассмотрена возможность обнаружения лесных участков с порубочными остатками по космическим снимкам среднего пространственного разрешения в инфракрасном (ИК) диапазоне. Излучение земных покровов в ИК-диапазоне носит тепловой характер, и интенсивность теплового излучения определяется температурой нагрева излучающего объекта, отображенного на космическом снимке. Примеры использования космических снимков ИК-диапазона для анализа тепловых аномалий представлены в ряде публикаций [2-4].

В весенний период, во время таяния снежного покрова, лесные участки с порубочными остатками можно обнаружить по мультиспектральным космическим снимкам ИК-диапазона из-за различий температуры прогревания по отношению к «чистым» участкам рубок. При таянии снежного покрова необрунные порубочные остатки проявляются на космических снимках в виде тепловых аномалий в средней инфракрасной области спектра. Согласно известной зависимости отражающей способности природных объектов (рисунок 2), такие участки могут классифицироваться как «сухая почва».

Номер спектрального канала	Обозначение спектрального канала	Длина волны, мкм	Пространственное разрешение, м
Канал 7	Средний ИК (Short Wavelength Infrared, SWIR 3)	2,1-2,3	30
Канал 5	Средний ИК (Near Infrared, NIR)	0,845-0,885	30
Канал 3	Зелёный (Green)	0,525-0,600	30

Таблица – Набор спектральных каналов для определения участков с порубочными остатками

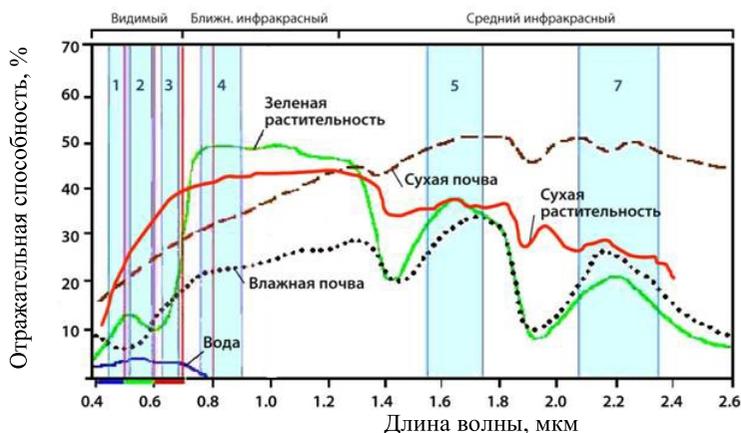


Рисунок 2 – Спектральная отражающая способность природных объектов в видимой (1-3), ближней (4) и средней (5-7) инфракрасной областях спектра солнечного излучения

Мультиспектральное изображение для дешифрирования участков с порубочными остатками может быть сформировано из спектральных каналов прибора ETM+ космического аппарата Landsat-8 по схеме смещения каналов RGB (7-5-3). Набор спектральных каналов представлен в таблице.

На рисунке 3 представлен фрагмент подготовленного мультиспектрального космического снимка Landsat-8 на участок с лесными рубками, полученного 14.04.2016 г. Красным цветом на изображении подсвечены объекты с тепловыми аномалиями – участки рубок с порубочными остатками на них (обозначены ① и ②) и прогретое полотно автодороги (обозначено ③) с асфальтовым покрытием. Обозначенный символом ② участок соответствует изображению, представленному на рисунке 1.

Участки лесных рубок, не подсвеченные красным цветом, не содержат порубочных остатков. Как правило, такие участки являются лесными рубками прошлых лет.

Представленный в статье способ обнаружения участков с порубочными остатками при дешифрировании космических снимков среднего пространственного разрешения возможен в весенний период, в момент интенсивного таяния снега. Способ позволяет обнаружить на изображениях участки рубок прошедшего зимнего периода, не очищенные от порубочных остатков, определить границы и площади лесосек. Полученная информация может быть использована при проведении комплексного спутникового мониторинга лесных экосистем [5, 6] и получению оперативного прогноза пожароопасности лесных участков непосредственно перед началом пожароопасного сезона.

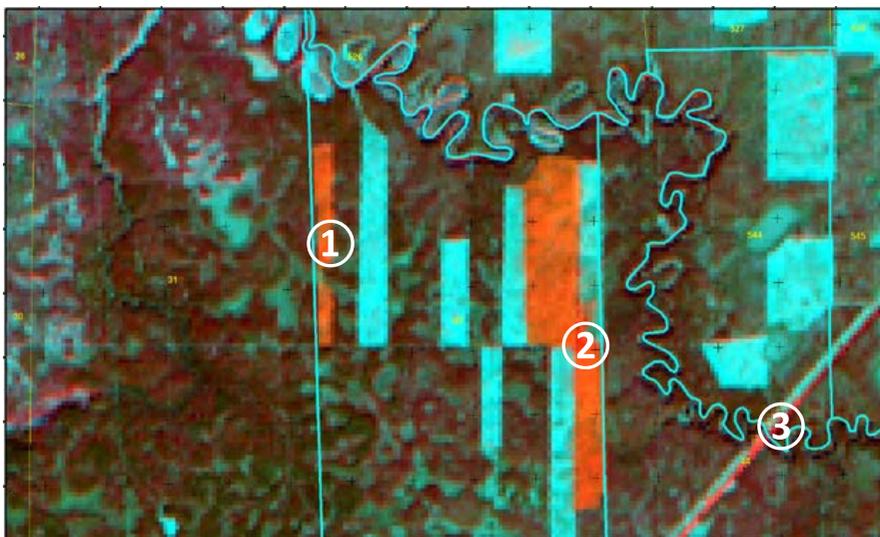


Рисунок 3 – Фрагмент изображения лесного участка с порубочными остатками в ИК-диапазоне. Дата съемки 14.04.2016 г.

## **Заключение**

Предлагаемый способ обнаружения лесных участков с порубочными остатками основан на использовании широко распространенных космических снимков среднего пространственного разрешения. Использование ИК-диапазона для обнаружения порубочных остатков имеет сезонный характер, поэтому представленный способ может быть применим в момент интенсивного таяния снежного покрова на лесных территориях. Практическая значимость выражается в возможности обнаружения и картографирования участков с порубочными остатками перед началом пожароопасного сезона. Такая информация позволит своевременно принять необходимые меры по снижению пожароопасности лесных участков перед началом пожароопасного сезона.

---

## **ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ**

1. Правила пожарной безопасности в лесах [Электронный ресурс] : Постановление Правительства РФ от 30.06.2007 г. № 417 (ред. от 18.08.2016 г.). Режим доступа: Информационно-правовой портал «Гарант.ру».
2. Oki K., Omasa K. Technique for Mapping Thermal Infrared Radiation Variation Within Land Cover // IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. 2003. Vol. 41. №6. P. 1521-1524.
3. Gluch R., Quattrochi D.A., Luvall J.C. A multi-scale approach to urban thermal analysis // Remote Sensing of Environment. 2006. № 104. P. 123-132.
4. Грищенко, М.Ю. Применение тепловых снимков системы ЕТМ+ для изучения теплового острова Москвы / М.Ю. Грищенко // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2012. – Т. 9. – № 4. – С. 95-101.
5. Хамедов, В.А. Разработка методических вопросов создания системы спутникового мониторинга состояния лесных экосистем в условиях воздействия нефтегазового комплекса территории Западной Сибири / В.А. Хамедов, Б.Т. Мазуров // Вестник СГУГиТ. – 2015. – Вып. 3 (31). – С. 16–31.
6. Мазуров, Б.Т. Оперативный мониторинг лесных земель северных регионов на основе использования оптических и радарных космических снимков / Б.Т. Мазуров, Е.И. Аврунев, В.А. Хамедов // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2017. – Т. 14. – № 4. – С. 103-111.

## ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ПРИ РАСПОЗНАВАНИИ АНТРОПОГЕННЫХ ОБЪЕКТОВ НА СНИМКАХ С БПЛА

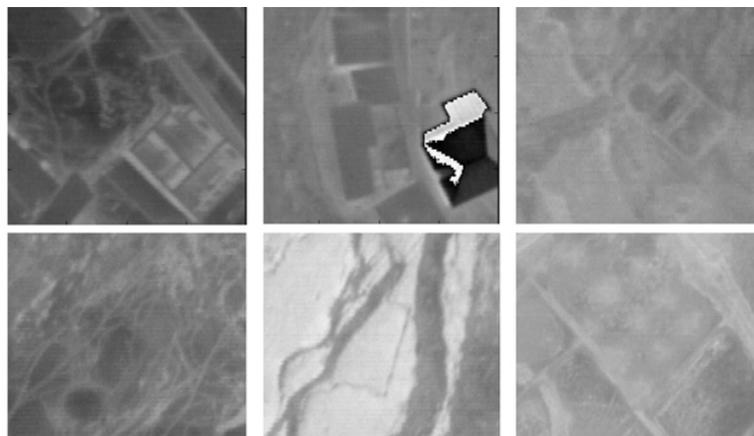
**С.В. Волошин**

*АУ «Югорский НИИ информационных технологий»,  
г. Ханты-Мансийск*

### **Введение**

В настоящее время набирают популярность задачи автоматической обработки и анализа изображений, в том числе снимков, используемых в геоинформационных системах. Одно из средств, которые активно используют при решении такого рода задач – машинное обучение. Доклад описывает опыт решения проблемы автоматического распознавания на снимках строений и сооружений антропогенного характера. Снимки были сделаны с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в инфракрасном диапазоне. Для решения задача свелась к следующей: поделить снимок с БПЛА на некоторое конечное множество участков снимка, которые можно независимо и однозначно классифицировать как участки снимков, на которых присутствуют строения и сооружения антропогенного характера (далее – строения), и участки снимков, на которых строений не обнаружено (далее – природный ландшафт).

На рисунке 1 представлены примеры участков снимков.



*Рисунок 1 – Примеры участков снимков. Присутствует строение (сверху) и присутствует только природный ландшафт (снизу)*

Для решения задачи классификации использовались искусственные нейронные сети следующих архитектур – многослойный перцептрон, вложенные автокодировщики, сверточная нейронная сеть. Наилучший результат дала сверточная нейронная сеть – было достигнуто качество классификации в 10%

точности (precision) и 95% полноты (recall). Несмотря на небольшую точность, даже такое решение при относительно небольшом количестве участков снимков со строениями (не более 2%) позволит сократить количество участков, просматриваемых вручную, в 5 раз.

Для уточнения классификатора был адаптирован алгоритм кластеризации отрезков, использующий собственные векторы отрезков [1]. Перед подачей на алгоритм изображение проходило предварительную обработку, а именно:

1. На участок снимка накладывался фильтр размытия по Гауссу.
2. Применялся детектор границ Кэнни.
3. На участке снимка выявлялись отрезки, используя алгоритм обнаружения отрезков [2].

### Описание алгоритма

Для работы алгоритма задаются следующие параметры:

$h$  – минимальная длина начального отрезка.

$thr$  – начальное значение порогового среза оценки вероятности принадлежности отрезка к кластеру.

Алгоритм:

1. Считаем все отрезки, обнаруженные алгоритмом обнаружения отрезков, как принадлежащие множеству  $A_{lines}$ . Множество  $A_{lines}$  представляет собой множество отрезков, которые не были проверены на принадлежность кластеру  $C_{lines}$ .
  2. Берем случайную точку на участке снимка.
  3. Находим ближайший к точке отрезок длиной не менее  $h$ .
  4. Помещаем отрезок в множество отрезков кластера  $C_{lines}$  и считаем, что он более не принадлежит множеству  $A_{lines}$ .
  5. Помещаем координаты концов отрезка в множество координат  $C_{points}$  для продолжения поиска отрезков, принадлежащих кластеру.
  6. Берется любая координата  $p_c$  из множества  $C_{points}$  и вычисляется ближайшая координата  $x_p$  конца отрезка  $l_a$ , входящего в множество  $A_{lines}$ .
  7. Вычисляется точка пересечения линий  $x_{cp}$ , на которых лежат отрезки, к которым принадлежат точки  $x_c$  и  $x_p$ .
  8. Вычисляется оценка  $p_{dist}$  принадлежности отрезка из  $A_{lines}$  к кластеру на основе заранее заданной функции оценки принадлежности отрезка к кластеру от расстояния между  $x_{cp}$ ,  $x_c$  и  $x_p$ .
  9. Вычисляется минимальный угол  $a_{cp}$  между отрезками, к которым принадлежат эти точки.
  10. Вычисляется оценка  $p_{angle}$  принадлежности отрезка из  $A_{lines}$  к кластеру на основе заранее заданной функции оценки принадлежности отрезка к кластеру от минимального угла  $a_{cp}$  между отрезками.
  11. Вычисляется итоговая оценка  $p_{da}$  принадлежности из  $A_{lines}$  к кластеру на основе оценок  $p_{dist}$  и  $p_{angle}$ .
  12. В случае, если оценка превосходит значение порогового среза  $thr$ , то считаем, что отрезок  $l_a$  принадлежит множеству  $C_{lines}$  и помещаем точки координат концов отрезка  $l_a$  в множество  $C_{points}$ . Независимо от величины оценки считаем, что отрезок  $l_a$  более не принадлежит множеству  $A_{lines}$ .
  13. Повторяются шаги с 2 по 12 до тех пор, пока множество  $C_{points}$  не станет пустым.
- На рисунке 2 даны иллюстрации результата работы алгоритма (визуализация кластера  $C_{lines}$ ).

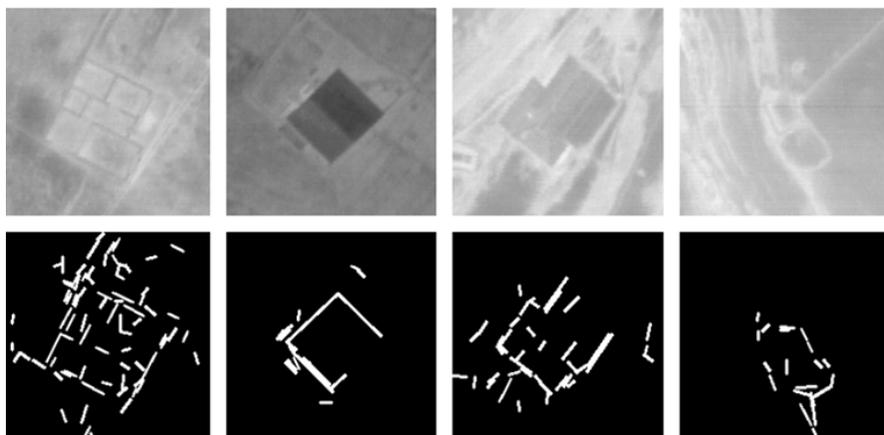


Рисунок 2 – Результат работы алгоритма кластеризации. Исходные изображения (сверху) и полученный результат (снизу)

По результатам работы алгоритма пересчитывается величина порогового среза  $thr$  по формуле:

$$thr = \mu - \sigma + h,$$

где  $\mu$  – средняя величина оценки принадлежности отрезка  $p_{da}$  к кластеру среди отрезков, принадлежащих множеству  $S_{lines}$ , за исключением отрезка, полученного на шаге 4;

$\sigma$  – средний квадрат разницы между  $\mu$  и  $p_{da}$  для того же множества отрезков;

$h$  – энтропия, полученная по тому же множеству отрезков.

После пересчета порогового среза  $thr$  алгоритм повторяется с учетом пересчитанного порогового среза.

### Результат использования уточнения

Для использования алгоритма кластеризации отрезков в классификации участков снимков была переобучена нейронная сеть с использованием дополнительно информации о полученном кластере. В процессе тестирования автор брал результат четырех проходов алгоритма для каждого участка снимка (различный результат работы обусловлен шагом 2, на котором берется случайная начальная точка на участке снимка) и выбирал наибольшую оценку классификатора. Точность классификации при использовании дополнительной информации повысилась на 3%, без каких-либо существенных потерь в полноте.

---

### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Kelly A., Hancock E. Grouping Line-segments using Eigenclustering // Proceedings of the British Machine Vision Conference 2000. – 2000.
2. Grompone von Gioi R., Jakubowicz J., Morel J-M, Randall G. LSD: a Line Segment Detector // Image Processing On Line. – 2012. – Т. 2., С. 35–55.

УДК 519.6

## КОНФОРМНО-ПЛОСКИЕ СПЛАЙНЫ В ГИС ТЕХНОЛОГИЯХ

**М.В. Куркина**

ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»,  
г. Ханты-Мансийск

**О.В. Самарина**

Департамент по управлению государственным  
имуществом ХМАО – Югры,  
г. Ханты-Мансийск

**В.В. Славский**

АУ «Югорский НИИ информационных технологий»,  
г. Ханты-Мансийск

---

Работа выполнена при поддержке Совета по грантам  
Президента РФ (грант НШ 2263.2014.1), Правительства РФ  
(госконтракт 14.В25.31.0029), РФФИ 15-41-00092 р-урал-а, 15-  
41-00063 р-урал-а, 15-01-06582 А.

Конформно-плоские сплайны впервые были введены в работах по конформно-плоским римановым метрикам [1], [2]. Отметим сразу основные отличия конформно-плоских сплайнов от обычно применяемых сплайнов.

В стандартной аддитивной модели интерполяции сплайнами используется формула:

$$f(x) = \sum_i \phi_i(x),$$

где исходная функция;

- интерполяционные полиномы заданные каждый в своей области и согласованные между собой на граничных точках.

В конформно-плоской интерполяции используется формула другого вида:

$$f(x) = \max_i \psi(a_i, x)$$

где - некоторая фиксированная функция, зависящая от и параметров .

В качестве простого аналога такого представления может служить формула для кусочно-линейной выпуклой вниз функции вида:

$$f(x) = \max_i (k_i x + b_i), x \in D$$

Но в отличии кусочно-линейных выпуклых вниз функций интерполяция конформно-плоскими сплайнами дает функции с непрерывной по Липшицу производной .

Непрерывность производных важна при анализе и обработке цифровых изображений на предмет классификации и распознавания образов, при поиске соответствий в разных цифровых образах одного и того же или аналогичного объекта, в задачах дистанционного зондирования, геологических исследованиях,

биомедицине и многих других областях. Непрерывность производных при интерполяции изображения дает возможность в большей степени использовать в задачах обработки изображений методы контурного анализа [3-4], дает возможность получить модели, инвариантные к топологическим преобразованиям изображения. В работе созданы программные комплексы для конформно-плоской интерполяции в математических пакетах MatLab и Mathematica. На рисунке 1, в качестве примера, показаны линии уровня конформно-плоской интерполяции по трем узловым точкам.

### Заключение

Следует отметить, что данная работа носит поисковый, инновационный характер, и не подменяет хорошо разработанную теорию и приложения со стандартной интерполяции сплайнами. Авторы надеются, что богатый потенциал конформно-плоских сплайнов основанный на их геометрическом происхождении еще реализуется в дальнейших исследованиях по ГИС технологиям в ЮНИ ИИТ. На данный момент работа над конкретными приложениями конформно-плоских сплайнов еще только разворачивается.

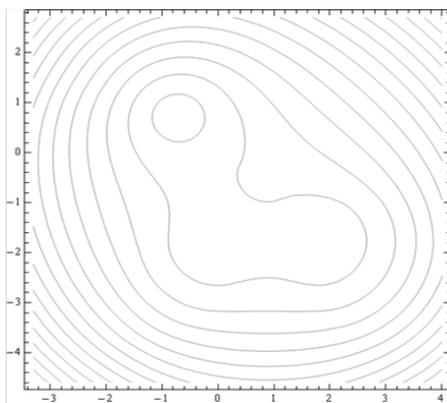


Рисунок 1 – Линии уровня после конформно плоской интерполяции

---

### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Куркина, М.В. Численные методы интерполяции для решения некоторых задач выпуклой геометрии в пространстве Лобачевского [Текст] / М.В. Куркина, В.В. Славский, Е.Д. Родионов // Вестн. НГУ. Сер. матем., мех., ин-форм. – 2013. – № 13:1. – С.76–90.
2. Куркина, М.В. Конформно-выпуклые функции и конформно-плоские метрики неотрицательной кривизны [Текст] / М.В. Куркина, В.В. Славский, Е.Д. Родионов // Доклады Академии наук. – 2015. – Т. 462. – № 2. – С. 141.
3. Самарина, О.В. Вычисление интегральных топографических характеристик цифрового изображения в системе Matlab [Текст] / О.В. Самарина, В.В. Славский // МАК-2015 : Сборник трудов всероссийской конференции по математике. – Барнаул. – 2015. – С. 40-41.
4. Самарина, О.В. Цифровая обработка и анализ изображения. [Текст] / О.В. Самарина, В.В. Славский, А.С. Тякунов // Математика и информационные технологии в нефтегазовом комплексе : Тезисы докладов Международной конференции, посвящённой дню рождения великого русского математика академика П.Л. Чебышёва. – Сургут: НЦ СурГУ, 2016.

# ОБРАТНЫЕ ЗАДАЧИ В ТЕОРИИ ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА И ИХ ПРИЛОЖЕНИЯ

С.Г. Пятков

ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»,

г. Ханты-Мансийск

Е.М. Короткова

АУ «Югорский НИИ информационных технологий»,

г. Ханты-Мансийск

Работа поддержана грантом РФФИ и правительством  
Ханты-Мансийского автономного округа -- Югры  
(Грант № 15-41-00063, р\_урал\_a).

## Введение

Рассматривается система

$$u_t - \nu \Delta u + (u, \nabla)u + \nabla p = f + \beta_c C + \beta_\theta \Theta, \quad \operatorname{div} u = 0, \quad (1)$$

$$\Theta_t - \lambda_\theta \Delta \Theta + (u, \nabla)\Theta = f_\theta, \quad (2)$$

$$C_t + (u, \nabla)C - \sum_{i,j=1}^n a_{ij} C_{x_i x_j} + \sum_{i=1}^n a_i C_{x_i} + a_0 C = f_c, \quad (3)$$

где  $\nu = \text{const} > 0$ ,  $(x, t) \in Q = G \times (0, T)$  ( $G \subset \mathbb{R}^n$ ,  $T < \infty$ ),  $u$ ,  $\Theta$ ,  $p$ ,  $C$  есть вектор скорости, температура жидкости, давление, вектор концентраций примесей (органических или неорганических) в жидкости, и  $f_c$  – объемная плотность источников примесей, соответственно.

Здесь  $a_{ij}$ ,  $a_i$ ,  $a_0$  – матрицы размерности  $h \times h$ , где  $h$  – это количество примесей,  $\beta_c$  – матрица размерности  $n \times h$ ,  $\beta_\theta$  – вектор-функция длины  $n$ ,  $\lambda_\theta > 0$  – скалярная функция. Система (1)-(3) описывает распространение примесей в жидкости. В частности, в класс систем (1)-(3) входит классическая модель Обербека-Буссинеска (см. [1]-[2]). Функции  $f_\theta$  и  $f$  являются плотностями источников тепла и внешних сил соответственно, а коэффициент  $\lambda_\theta$  есть коэффициент теплопроводности. В модели Обербека-Буссинеска  $\beta_c$  и  $\beta_\theta$  есть коэффициенты переноса массы и тепла, умноженные на ускорение свободного падения. Здесь  $\beta_c$  есть произвольная матрица функция размерности  $n \times h$  и  $\beta_\theta$  есть вектор-функция длины  $n$ .

Система (1)-(3) дополняется начальными и граничными условиями

$$u|_{t=0} = u_0, \quad u|_S = g_1(t, x), \quad \Gamma = \partial G, S = \Gamma \times (0, T), \quad (4)$$

$$\Theta|_{t=0} = \Theta_0, \quad \Theta|_S = g_2(t, x), \quad C|_{t=0} = C_0, \quad (5)$$

$$C|_S = g_3(t, x).$$

Рассматривается обратная задача, заключающаяся в нахождении решения системы (1)-(3), т.е. вектора скорости течения, температуры, и распределения концентрации загрязняющих веществ в водоеме и правой части  $f_c$  в (3), т.е. распределения источников загрязнения (биологического или химического происхождения) и их интенсивности, по данным

дополнительных измерений на сечениях  $G$  или в отдельных точках. Полученные данные могут быть использованы в региональных геоинформационных системах поддержки принятия решений при возникновении чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, при решении задач экологического мониторинга, фиксации экологического ущерба и наказания виновных.

Положим  $x''=(x_{(s+1)}, x_{(s+2)}, \dots, x_n)$  ( $s=0, 1, \dots, n-1$ ). Если  $s \geq 1$ , то положим  $x'=(x_1, x_2, \dots, x_s)$ . Предполагается, что правая часть в (3) известна в некоторой области  $Q'=G_1 \times (0, T)$  и неизвестна в области  $Q''=G_0 \times (0, T)$ , где  $G_1$  и  $G_0$  или непустые непересекающиеся области такие, что  $G_0 \cup G_1 = G$  или  $G_1 = \emptyset$  и тем самым  $Q''=Q$ . Правая часть в (3) имеет вид  $f_c = f_0(x, t) +$

$\sum_{i=1}^m f^i(x, t) q_i(x, t)$ , где  $f_i$  ( $i=0, 1, \dots, m$ ) есть известные функции, обращающиеся в ноль на  $Q'$ . Числовые функции  $q_i(x', t)$  в данном представлении неизвестны и находятся с использованием условий переопределения:

$$C|_{S_i} = \psi_i(t, x') \quad (S_i = (0, T) \times \Gamma_i, \quad i = 1, 2, \dots, r, m = rh), \quad (6)$$

где  $\{\Gamma_i\}$  — набор гладких-мерных поверхностей, лежащих в  $G$ . При  $s = 0$ , поверхности  $\Gamma_i$  есть просто точки, лежащие в  $G_0$  и  $G^0 = G$  или  $G_0$  есть некоторая окрестность объединения этих точек.

Обратные задачи такого типа возникают в химии, биологии и других областях при описании процессов тепломассопереноса, диффузионных процессов, процессов фильтрации. Описание некоторых численных методов решения краевых задач для системы (1)-(3) можно найти в [2]. Отметим работу [3], где рассмотрено большое количество обратных и экстремальных задач в стационарном случае для системы (1)-(3). Подобные модели, в упрощенной постановке, рассматривались в [4]-[5]. Большое количество обратных коэффициентных задач с условиями переопределения вида (6) и  $s=n-1$ , для параболических уравнений второго порядка было рассмотрено в работах Белова Ю.Я., Аниконова Ю.Е. и ряда других авторов (см. [6]). Среди последних работ выделим результаты [7]-[8].

### Основные результаты

Пространства Соболева  $W_p^k(G)$ ,  $W_p^k(Q)$  и анизотропные пространства Соболева  $W_{p,r}^{k,r}(Q)$ , а также пространства Гельдера  $C^\alpha(G)$  определены стандартным образом (см. [9]). По определению,  $W_q^1(G) = \{p \in L_{q,loc}(G) : \nabla p \in L_q(G)\}$ . Обозначение  $\nabla_{x'} f(x, t)$  используется для записи вектор-функции  $(\partial_{x_{s+1}} f, \partial_{x_{s+2}} f, \dots, \partial_{x_n} f)$ . Считаем, что  $\Gamma = \partial G \in C^2$ . Запишем условия на область  $G_0$  и поверхности  $\Gamma_i$ .

(А). а) Случай  $s > 0$ . Имеется область  $\Omega \subset R^s$  с границей класса  $C^2$ , такая, что  $G_0 \subset \Omega \times R^{n-s}$ ,  $\Gamma_i = \{x \in R^n : x'' = \varphi^i(x') = (\varphi_{s+1}^i(x'), \varphi_{s+2}^i(x'), \dots, \varphi_n^i(x'))\}$ ,  $x' \in \Omega$ ,  $\varphi^i(x') \in C^2(\Omega)$  и существует константа  $\delta > 0$  такая, что

$$U_{\delta i} = \{(x', \varphi^i(x') + \eta) : x' \in \Omega, \eta \in R^{n-s}, |\eta| < \delta\} \subset G_0, \rho(U_{\delta i}, G / G_0) > 0$$

для  $i = 1, 2, \dots, r$ , и  $U_{\delta i} \cap U_{\delta j} = \emptyset$ , а для  $i \neq j$ ,  $i, j = 1, 2, \dots, r$ .

б) Случай  $s=0$ . В этом случае в качестве множеств  $\{\Gamma_i\}_{i=1}^r$  берем внутренние точки  $\{x_j\}_{j=1}^r$  области  $G$ . Положим  $U_{\delta i} = B_\delta(x_j)$  ( $\delta$ -окрестность  $x_j$ ) и выберем число  $\delta > 0$  такое, что  $(U_{\delta i}) \subset G$  и  $U_{\delta i} \cap U_{\delta j} = \emptyset$  а при  $i \neq j$ ,  $i, j = 1, 2, \dots, r$ .

В дальнейшем, мы используем следующие обозначения:  $Q' = (0, t) \times G$ ,

$$Q_0^r = (0, t) \times \Omega, \quad G_\delta = \cup_i U_{\delta i}, \quad Q_\delta^r = (0, t) \times G_\delta. \text{ Считаем, что существует константа}$$

$\delta_1 > 0$  такая, что

$$\sum_{i,j=1}^n (a_{ij}(x,t)\xi^i, \xi^j) \geq \delta_1 \sum_{i=1}^n \|\xi^i\|^2, \quad (7)$$

$$\forall \xi^j \in \mathbb{R}^h, (x,t) \in Q, j = 1, 2, \dots, n;$$

$$a_{ij} \in C(\bar{Q}), \quad a_i \in L_q(Q), \quad a_0 \in L_q(Q), \quad i, j = 1 \dots n. \quad (8)$$

Всюду ниже считаем, что  $q > n+2$ . Предполагаем, что существуют вектор-функции  $\Phi_1, \Phi_3$  и функция  $\Phi_2$  такие, что

$$\Phi_i(t, x) \in W_q^{2,1}(Q): \Phi_1|_{t=0} = u_0, \Phi_2|_{t=0} = \Theta_0, \Phi_3|_{t=0} = C_0, \Phi_i|_S = g_i, \quad (9)$$

$$\operatorname{div} \Phi_1 = 0, \Phi_3|_S = \psi_j, \quad f_0, f_\theta, f \in L_q(Q), f_j \in L_\infty(Q), \quad (10)$$

$$\nabla_x \cdot \Phi_3 \in W_q^{2,1}(Q_T^\delta), \quad \nabla_x \cdot f_0 \in L_q(Q_T^\delta), \quad \nabla_x \cdot f_j \in L_\infty(Q_T^\delta), \quad (11)$$

где  $j = 1, 2, \dots, m, i = 1, 2, 3$  и  $\delta$  — постоянная из условия (А).

Определим матрицу  $B$  следующим образом: строки с номерами от  $(k-1)h + 1$  до  $kh$  ( $k = 1, 2, \dots, r$ ) занимают столбцы  $[f_1(x', \varphi^k(x'), t), f_2(x', \varphi^k(x'), t), \dots, f_m(x', \varphi^k(x'), t)]$ . Предполагаем, что существует постоянная  $\delta_0 > 0$  такая, что

$$|\det B| \geq \delta_0 > 0, \text{ п. в. в } Q_T; \quad (12)$$

**(В)** коэффициент  $\lambda_\theta(x, t) \geq \delta_1 > 0 \forall (x, t) \in Q, \lambda_\theta, a_{ij} \in C(Q)$  и  $\nabla_x \cdot a_{ij} \in L_\infty(Q_T^\delta)$  для всех  $i, j = 1, 2, \dots, n; \beta_c, a_i, a_0, \beta_\theta \in L_q(Q), \nabla_x \cdot a_i, \nabla_x \cdot a_0 \in L_q(Q_T^\delta)$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ).

**Теорема.** Пусть  $\Gamma \in C^2, q > n + 2$  и условия (А), (В), (7) - (12) выполнены. Тогда существует число  $\tau_0 \in (0, T]$  такое, что на промежутке  $[0, \tau_0]$  существует единственное решение  $(u, p, \Theta, C, q_1, \dots, q_m)$  задачи (1) - (6) из класса

$$u \in W_q^{2,1}(Q^{\tau_0}), p \in L_q(0, \tau_0; \dot{W}_q^1(G)), \quad q_j \in L_q(Q_0^{\tau_0}) (j = 1, 2, \dots, m),$$

$$\Theta, C \in W_q^{2,1}(Q^{\tau_0}), \quad \nabla_x \cdot C \in W_q^{2,1}(Q_{\tau_0}^{\delta_2}) \forall \delta_2 < \delta.$$

#### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Bejan A. Convection heat transfer. (Текст) / A. Bejan - New-York: J. Wiley & Sons, Inc., 2004.
2. Полежаев, В.И. Математическое моделирование конвективного теплообмена на основе уравнений Навье-Стокса / В.И. Полежаев, А.В. Бунз, Н.А. Верезуб. – М.: Наука, 1987.
3. Алексеев Г.В. Оптимизация в стационарных задачах теплопереноса и магнитной гидродинамики / Алексеев Г.В. – М.: Научный мир, 2010.
4. Capatina, A. A Control problem in biconvective flow / A. Capatina, R. Stavre // J. Math. Kyoto Univ. – 1997. – V. 37, 4. – P. 585-595.
5. Levandowsky, M.. A mathematical model of pattern formation by swimming microorganisms / M. Levandowsky, W.S. Childress, S.H. Hunter, E.A. Spiegel // J. Protozoology. – 1975. – V. 22. – P. 296-306.
6. Belov, Ya.Ya. Inverse problems for parabolic equations / Ya. Ya. Belov. – Utrecht: VSP, 2002.
7. Pyatkov, S.G. On some classes of inverse problems for parabolic equations / S.G. Pyatkov // J. Inv. Ill-Posed problems. – 2011. – V. 18. – P. 917-934.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФУНКЦИИ ИСТОЧНИКОВ В ОДНОМЕРНОМ ПАРАБОЛИЧЕСКОМ УРАВНЕНИИ С УЧЕТОМ ЗАСТОЙНЫХ ЗОН

**В.В. Ротко**

*ФБГОУ ВО «Югорский государственный университет»,  
г. Ханты-Мансийск*

---

### **Введение**

За последние годы проблема загрязнения рек привела к необходимости иметь инструменты оценки, способные предсказать судьбу загрязняющих веществ. Этот интерес привел к разработке математических моделей, которые в основном базируются на уравнении дисперсии и тепломассопереноса (УДТ), полученной из теории Тейлора о дисперсии. Модель описывает обмен в зоне, где есть смешивание подземных и поверхностных вод на мелководье. Фактически эти исследования позволяют упростить решение прямой задачи, то есть прогнозирование концентрации по результатам известных входных данных о загрязнении. Тем не менее, соответствующая обратная задача, то есть описание характера источника загрязнения из серии измерений концентрации, также может быть интересной. Например, если наблюдается шлейф загрязнений в результате выброса, то было бы желательно восстановить исходное расположение источника. С математической точки зрения такой вопрос относится к классу некорректных задач, решения которых не характеризуются такими свойствами, как существование, единственность и (или) устойчивость. В частности, тогда как существование решения (т.е. истинный источник) гарантировано. Рассматриваемая обратная задача некорректна по двум причинам. Во-первых, как правило, доступно лишь некоторое количество измерений концентрации. Таким образом, один из интересов состоит в оценке значений источника в нескольких моментах времени, которых намного больше, чем количество доступных наблюдаемых концентраций. Если УДТ дискретизируется по времени, то получается система с количеством уравнений меньших, чем количество неизвестных. Так как обычно моментов времени гораздо больше, чем доступное количество проб концентрации веществ, то могут быть найдены несколько решений, которые согласуются с наблюдаемыми концентрациями. Второй причиной плохой корректности задачи является необратимость дисперсионных явлений, постепенно сглаживающих шлейф загрязнителя, тем самым уменьшая количество информации, которая может быть получена из наблюдений. Это делает решение неустойчивым, в том смысле, что малые ошибки в данных не соответствуют малым ошибкам в решении, как и следовало ожидать. Поскольку наблюдения всегда зависят от экспериментальных ошибок, любой восстановленный раствор всегда будет непоправимо искажен.

Проблема идентификации источника была тщательно изучена в литературе по подземным водам, где можно найти несколько звуковых методов для решения этой проблемы. В области загрязнения рек ряд исследований был сосредоточен на контроле сброса сточных вод с целью предотвращения

нарушения норм качества воды в устье реки. В этом случае концентрация известна в определенных целевых точках, и желаемый источник обнаруживается процедурой оптимизации. Помимо проблем распределения этот метод может быть применен и к ситуациям неизвестных и/или внеплановых выделений, где основной целью является определение источника из некоторых наблюдаемых концентраций. Пределом процедуры оптимизации является то, что источник не может быть оценен в ряде моментов времени, которых больше, чем число наблюдений, в то время желательно увеличить разрешение по времени, когда доступно лишь несколько наблюдений. Более того, нет полученной информации о других возможных источниках, которые согласуются с наблюдениями.

В данной работе описана процедура идентификации произвольно распределенного по пространству источника, учитывая конечное число наблюдаемых концентраций в разное время в одном или нескольких последующих фиксированных точках. Процедура, предлагаемая в данном документе, является адаптацией установленной методики задач идентификации источника загрязнения, известных как геостатистический метод.

### Математическая постановка

В работе рассматривается вопрос об определении вместе с решением правой части специального вида (функции источника) в системе

$$\frac{\partial C}{\partial t} + U(x, t) \frac{\partial C}{\partial x} - D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} = \varepsilon T^{-1}(C_s - C) - \lambda C + s(x, t), \quad (1)$$

$$\frac{\partial C_s}{\partial t} = T^{-1}(C_s - C) - \lambda_s C_s, t \in (0, T_0), x \in (a, b), \quad (2)$$

где  $U(x, t)$  есть скорость потока;

$D > 0, \varepsilon, \lambda, \lambda_s$  – некоторые постоянные параметры.

Определению подлежат функции  $C, C_s$  – концентрации загрязняющих веществ в реке и застойных зонах реки, соответственно, и неизвестная правая часть  $s(x, t)$  вида  $s(x, t) = f_0(x, t) + \sum_{i=1}^n q_i(t) f_i(x, t)$  (функции  $q_i(t)$  считаются неизвестными). Уравнение (1) дополняется начальными и граничными условиями.

$$\begin{aligned} C|_{t=0} &= c_0(x), C_s|_{t=0} = c_1(x) \\ B_1 C(a, t) &= \alpha_1 C_x(a, t) + \beta_1 C(a, t) = \varphi_1(t), \\ B_2 C(a, t) &= \alpha_2 C_x(a, t) + \beta_2 C(a, t) = \varphi_2(t) \end{aligned} \quad (3)$$

Здесь  $\alpha_i = 1$  или  $\alpha_i = 0$  (в последнем случае) считаем, что  $\beta_i \equiv 1$  ( $i = 1, 2$ ). Условия переопределения имеют вид

$$C(x_i, t) = \psi_i(t) \quad (i = 1, 2, \dots, n), \quad x_i \neq x_j \text{ при } i \neq j \quad (4)$$

При определенных условиях на данные задачи мы доказываем единственность решений и разрешимость этой обратной задачи в классе

$$C \in W_p^{1,2}(Q), C_s \in W_p^1(0, T_0; L_p(a, b)), q_i(t) \in L_p(0, T_0), i = 1, 2, \dots, n,$$

где  $Q = (a, b) \times (0, T_0)$

### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Fulvio Boano, Roberto Revelli, and Luca Ridolfi. Source identification in river pollution problems: A geostatistical approach // Water resource sresearch. 2005. Vol.41.
2. Ладыженская, О.А. Линейные и квазилинейные уравнения параболического типа /

- О.А. Ладыженская, В.А. Солонников, Н.Н. Уральцева. – М.: Наука, 1967.
3. Ладыженская, О.А. Линейные и квазилинейные уравнения эллиптического типа / О.А. Ладыженская, Н.Н. Уральцева. – М.: Наука, 1967.
4. Пятков, С.Г. О некоторых эволюционных обратных задачах для параболических уравнений / С.Г. Пятков, Б.Н. Цыбиков // Докл.РАН. – 2008. – Т.418. – №5. – С.596-598.

## МЕТОДИКА ОБНАРУЖЕНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ИЗ МНОГОСПЕКТРАЛЬНЫХ СПУТНИКОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

*М.Ю. Катаев, А.Ю. Колпаков*  
ФГБОУ ВО «Томский государственный университет  
систем управления и радиоэлектроники»,  
г. Томск

В статье приводится описание методики обнаружения водных объектов из многоспектральных спутниковых измерений прибором Landsat-8. Обнаружение проводится на основе сравнительного анализа значений водных индексов NDWI, MNDWI, NDMI, WRI, NDVI и AWEI. Проводится описание результатов обработки реальных измерений для территории, в районе г. Томска.

Климатические изменения, которые произошли за последние десятилетия, ускорившейся темп урбанизации и технологического развития приводят к изменениям всех компонент атмосферы и поверхности земли. Одной из таких компонент являются поверхностные водные объекты планеты (реки, грунтовые воды, озера). Вода является важным элементом для существования различных экосистем, в том числе и для существования человечества. Как отсутствие, так и избыток воды приводит к чрезвычайным изменениям в любых отраслях народного хозяйства. Поэтому обнаружение водных объектов и последующий контроль является важным процессом в научных и практических исследованиях. Фактически в настоящее время отсутствует мониторинг водных объектов, который показывает изменение числа водных объектов и их площади, береговой линии и их типа.

Развитие технологий дистанционного зондирования позволяют проводить регулярные многоспектральные измерения земной поверхности. Математические методы обработки данных дистанционного зондирования позволяют получать информацию о пространственно-временных параметрах поверхности Земли, в том числе и водных объектов. Одним из таких параметров является водная маска, позволяющая на спутниковом изображении определить пиксели, в которых находится водные объекты. Целью данной работы является разработка методики дешифрирования многоспектральных изображений спутникового прибора Landsat-8 для определения водных объектов и построения водных масок.

Одним из популярных спутниковых приборов среднего пространственного разрешения, измеренные многоспектральные изображения которого применяются в научных и практических задачах, является Landsat-8 [<https://landsat.usgs.gov/landsat-8>]. Приборы, расположенные на борту космического аппарата, позволяют измерять многоспектральные (от видимой до ИК области спектра) изображения земной поверхности. Полученные изображения необходимо корректировать, чтобы компенсировать вклад атмосферы, связанный с поглощением и рассеиванием излучения. Для получения однородных по

качеству изображений земной поверхности, необходимо проводить топографическую коррекцию, которая учитывает эффекты рельефа местности, зенитного и азимутального угла Солнца и расстояния между Землей и Солнцем.

Процесс поиска водных объектов на основе набора измеренных многоспектральных изображений позволяет их обнаруживать объекты по характеристикам отражательной способности природных объектов. Водные объекты характеризуются самыми низкими значениями коэффициентов отражения среди других природных объектов. При этом все другие природные объекты, даже в состоянии увлажненности, имеют больший коэффициент отражения. Этот факт используется при обнаружении водных объектов на измеренном изображении.

Для обнаружения водных объектов по космическим многоспектральным изображениям широко используются следующие индексы: NDWI, NDMI, MNDWI, WRI, NDVI, AWEI. Автоматизированный индекс выделения воды (AWEI) позволяет эффективно разделить водные и неводные пиксели за счет одновременного использования четырех спектральных каналов Landsat-8. Коэффициенты в выражении для этого индекса эмпирически подобраны таким образом, чтобы наблюдалось максимальное отличие водных пикселей от пикселей различных типов растительного покрова. Нормализованный вегетационный индекс NDVI является наиболее известным индексом, используемым на практике, и показывает наличие и состояние растительности на момент измерений. Основой индекса является контраст отражательных характеристик с максимальным поглощением пигментом хлорофилла (красный канал) и высокой отражательной способности растительного покрова (инфракрасный канал). Индекс нормированной разности вод (NDWI) рассчитывается на основе канала ближнего инфракрасного диапазона и канала в коротковолновом инфракрасном (SWIR). В таблице 1 представлены формулы для вычисления индексов, используемые в работе.

Индекс	Выражение	Диапазон значений
Normalized Difference Water Index	$NDWI = (GREEN - NIR) / (GREEN + NIR)$	Вода имеет положительное значение
Normalized Difference Moisture Index	$NDMI = (NIR - MIR) / (NIR + MIR)$	Вода имеет положительное значение
Modified Normalized Difference Water Index	$MNDWI = (GREEN - MIR) / (GREEN + MIR)$	Вода имеет положительное значение
Water Ratio Index	$WRI = (GREEN + RED) / (NIR + MIR)$	Вода имеет значение больше 1
Normalized Difference Vegetation Index	$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$	Вода имеет отрицательное значение
Automated Water Extraction Index	$AWEI = 4 \times (GREEN - MIR) - (0.25 \times NIR + 2.75 \times SWIR)$	Вода имеет положительное значение

Таблица 1 – Многоспектральные индексы, используемые для определения водных объектов

Значения для индексов AWEI, NDWI, NDMI, MNDWI, NDVI лежат в диапазонах [-1;1]. В таблице 1 указаны диапазоны значений, при которых пиксель с наибольшей вероятностью связан с водным объектом. Для каждого индекса строились фильтры на основе учета диапазона значений указанных выше индексов, позволяющих выделять водные объекты

(бинаризация изображений: 0 – не водные объекты и 1 – водные объекты). Проводилось сравнение водных масок для каждого фильтра с эталонной маской водного объекта. Эталонная водная маска, с разрешением 30 метров, получена при построении рельефа местности полученной в проекте «Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)» [https://dds.cr.usgs.gov/srtm].

Оценка точности обнаружения водных объектов получена путем деления суммы верно классифицированных пикселей водного объекта, полученного с помощью водного индекса, к общему числу пикселей эталонной маски.

$$O=100*|Nw-Nwm|/Nwm, \% \quad (1)$$

здесь  $Nw$  – число водных пикселей анализируемого изображения;

$Nwm$  – число водных пикселей эталонной маски.

Для оценки точности классификации типов поверхности по спутниковым изображениям принято рассчитывать коэффициент Каппа [10], значения которого лежат в диапазоне [-1;1]. Положительное значение коэффициента Каппа показывает высокую точность, а нулевое и отрицательное значение показывает отсутствие корреляции в классификации.

$$Ka=(N\sum X_{ii}-\sum(X_{io}X_{oi}))/(N^2-\sum(X_{io}X_{oi}))$$

где  $N$  – число пикселей на изображении;

$i=1,P$  – число классов;

$\sum X_{ii}$  – сумма элементов матрицы.

В таблице 2 приведены результаты оценки точности выделения водных объектов для водных индексов AWEI, WRI, NDWI, NDMI, MNDWI, NDVI.

Название метода	Диапазон значений поиска	Общая точность	Коэффициент Каппа
WRI	>1	98,7%	0,975
NDWI	>0	98,1%	98,7
	>0,18	98,7%	0,975
MNDWI	>0	98,4%	0,969
	>0,18	98,7%	0,975
AWEI	>0	98,7%	0,974
	>0,16	99,3%	0,987
NDVI	от -0,45 до -0,25	98,7%	0,974
	<0	93,4%	0,852
NDMI	>0	98,1%	0,962
	>0,14	98%	0,96

Таблица 2 – Точность выделения водных объектов для водных индексов

Видно, что точность обнаружения водных объектов высокая и максимально близкая к эталонной маске. Для некоторых индексов были проведены дополнительные расчеты, учитывая различные варианты диапазонов значений принадлежности пикселей к водным объектам. Это позволило более точно найти пороги значений, при которых пиксель можно считать принадлежащим водным объектам.

В таблице 3 приведены изображения водных масок, полученных для различных водных индексов.

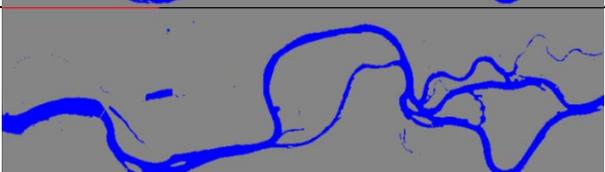
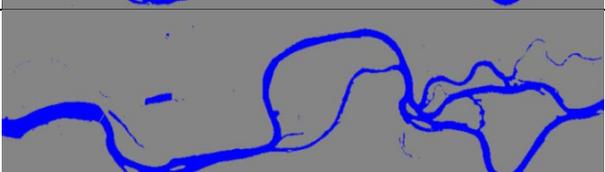
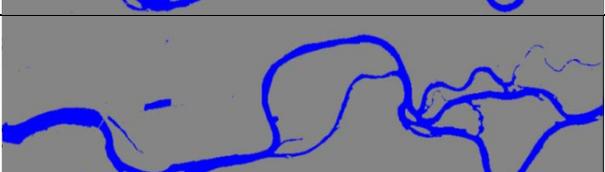
Индекс	Изображение маски водных объектов
NDVI	
AWEI	
NDWI	
NDMI	
MNDWI	
WRI	

Таблица 3 – Визуализация маски водных индексов

Сравнивая результаты таблиц 2 и 3, отметим, что наиболее хорошо выделил водный объект индекс AWEI. Следует отметить, что возможно улучшение точности восстановления водных объектов за счет более точной атмосферной коррекции принимаемых изображений, а также учета спектральной специфики каждого канала, участвующего в расчете водных индексов.

## **АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ СТРАН БРИКС В ОБЛАСТИ ДЗЗ И ГИС В ПЕРИОД 2014-2017 ГОДОВ**

*В.А. Хамедов, О.А. Байсалямова, Ю.М. Полищук  
АУ «Югорский НИИ информационных технологий»,  
г. Ханты-Мансийск*

Сотрудничество стран БРИКС в области использования результатов космической деятельности и данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) является приоритетным направлением взаимодействия. В частности, на заседании саммита лидеров БРИКС, прошедшего 3-5 сентября 2017 года, Президент РФ Владимир Путин заявил [1], что странам БРИКС необходимо укреплять взаимодействие в освоении космоса, здравоохранении и информационной безопасности. По мнению Владимира Путина, страны объединения могли бы, в частности, «достичь договорённости о создании спутниковой группировки дистанционного зондирования Земли в целях контроля за изменением климата, защиты окружающей среды и преодоления последствий стихийных бедствий». В связи с этим актуальным является анализ современного состояния научной публикационной активности стран БРИКС.

В качестве источника информации о публикационной активности выбран международный научный журнал «International Journal of Remote Sensing» [2], имеющий по данным Научной электронной библиотеки eLibrary (база данных РИНЦ) среди профильных изданий в области ДЗЗ и практического использования результатов космической деятельности наиболее высокий показатель цитирования. Журнал издаётся с 1988 г. и содержит публикации ведущих специалистов мирового уровня в указанной области. Журнал индексируется и реферировается в библиографической базе SCOPUS (Impact Factor: 1,724).

Для проведения анализа было найдено 455 статей, опубликованных в журнале по направлению ГИС и ДЗЗ за период с 2014 г. по настоящее время. Анализ выбранных статей показал, что 295 из них могут быть отнесены к следующим основным тематикам:

- 1) агрокомплекс;
- 2) атмосфера;
- 3) гидросфера;
- 4) растительный покров;
- 5) инфраструктура и урбанизация.

Приведенная ниже таблица представляет распределение публикаций по странам БРИКС и указанным тематикам.

Как видно из таблицы, наибольшее число статей (65,1%) во всех областях (кроме атмосферной тематики) относятся к Китаю. На втором месте по числу публикаций находится Индия (25,6%), а по атмосферной тематике она является лидером. Общее число публикаций Бразилии и ЮАР не превышает 8,3%. Наибольшее число публикаций относятся к исследованиям атмосферы (26,7%) и растительного покрова (23,1%). Для более детального представления результатов анализа публикаций ниже приводятся рисунки.

Тематика \ Страна	Бразилия	Индия	Китай	ЮАР	Суммарное значение
Агрокомплекс	2	4	9,2	1	16,2
Атмосфера	0	16,6	10,1	0	26,7
Гидросфера	2	3	14	0,5	19,5
Растительный покров	0,4	0	21	1,7	23,1
Инфраструктура и урбанизация	1,7	2	10,8	0	14,5
Итого:	6,1	25,6	65,1	3,5	

Таблица – Распределение относительного числа публикаций по странам и тематикам (в %)

На рисунке 1 приведено количественное распределение публикаций, соответствующее данным таблицы. Как видно из рисунка, наибольшее число китайских публикаций относится к исследованиям растительного покрова, индийских – к исследованиям атмосферы, бразильских – к исследованиям агрокомплекса и гидросферы, а в ЮАР – к растительному покрову.

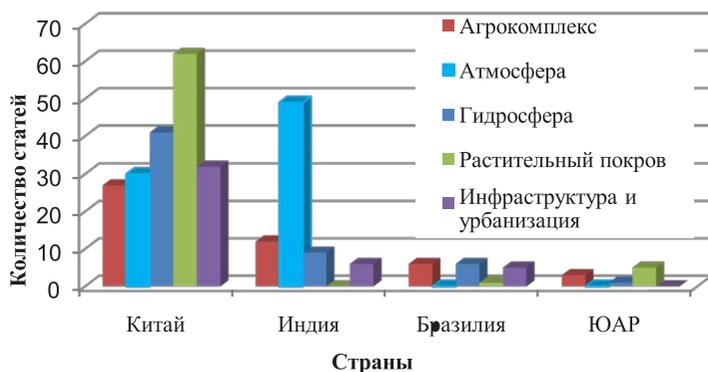


Рисунок 1 – Распределение статей по тематике

Рисунок 2 показывает, что в период с 2014 г. по 2017 г. наблюдается ежегодное увеличение числа статей в Китае (кроме незавершенного 2017 г.). В Индии, напротив, имеет место уменьшение числа статей с годами, исключая 2017 г., в котором количество публикаций соответствует приблизительно их среднему количеству за три предыдущих года.

На рисунке 3 представлено распределение статей по виду используемых космических снимков. Из рисунка видно, что большинство исследований выполняется с использованием оптических снимков, а наименьшее число – с комбинированными данными. Доля публикаций с использованием радарных снимков составляет 26%.

Приведенные в статье результаты анализа публикационной активности ученых и исследователей в странах БРИКС могут быть использованы при разработке стратегии взаимодействия России с другими участниками объединения и для определения наиболее перспективных направлений научного сотрудничества.

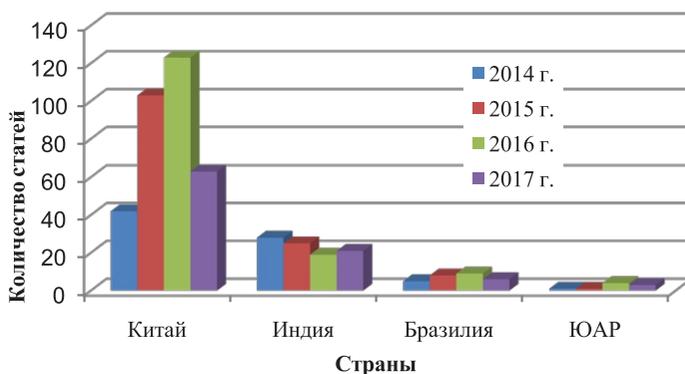


Рисунок 2 – Распределение общего числа публикаций по странам и по годам

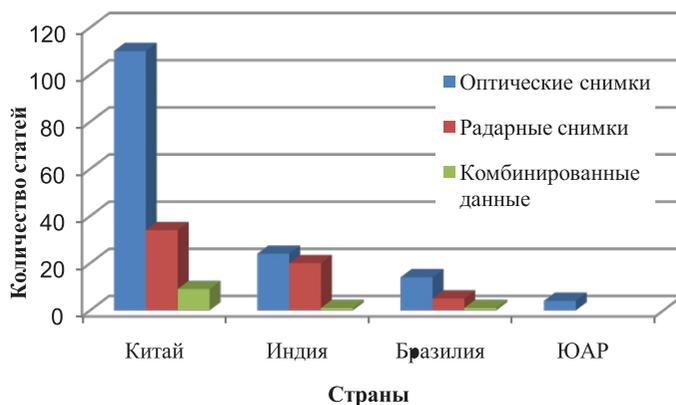


Рисунок 3 – Распределение статей по виду космических снимков

#### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Космос, медицина и ТВ: Путин призвал углублять взаимодействие стран БРИКС: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://regnum.ru/news/2317214.html> (дата обращения 04.09.2017).
2. International Journal of Remote Sensing: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.tandfonline.com/toc/tres20/current> (дата обращения 05.08.2017).

## МЕТОДИКА ПОДГОТОВКИ ДЛЯ АНАЛИЗА ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ NDVI

*М.Ю. Катаев, Д.В. Медведецкий*

*ФГБОУ ВО «Томский государственный университет  
систем управления и радиоэлектроники»,  
г. Томск*

---

В статье приводится описание методики, позволяющей выравнять временные ряды вегетационного индекса NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) для пространственного разрешения 250 м и ежедневных измерений, что существенно позволяет сделать более точными результаты анализа. Эта проблема возникает при необходимости проводить анализ динамики вегетационного индекса при решении конкретных задач сельского и лесного хозяйства, МЧС и др. Методика базируется на коррекции значений вегетационного индекса в зависимости от параметров облачной маски и величины температуры. Приводится обработка реальных данных спутниковых измерений в районе г. Томска.

Решение задачи оценки состояния окружающей среды, претерпевающей изменения в зависимости от влияния естественных и антропогенных факторов, невозможно без наличия достоверной информации об ее параметрах. В настоящее время не существует наземной системы мониторинга, которая обеспечила бы регулярное, с широким пространственным охватом, получение параметров окружающей среды. Единственно возможной является космическая система мониторинга окружающей среды, которая обеспечивает большую обзорность, оперативность и регулярность получения информации. Получаемые из космоса данные необходимо накапливать, обрабатывать и анализировать. В результате обработки появляется возможность получать информацию об основных параметрах атмосферы и поверхности Земли. Изучая пространственно-временное поведение параметров, описывающих состояние поверхности Земли (температура поверхности, коэффициент отражения, вегетационный индекс и др.) можно извлекать массу связанной с этими параметрами информации. Такой информацией, например, может быть изменение, которое связано с отличием типичного поведения параметра во времени или по пространству (примером является пожар).

Важнейшей информацией, которая позволяет исследовать происходящие на поверхности Земли процессы, являются вегетационные индексы. Классификация величин индексов и их взаимосвязей позволяет четко выделять объекты на Земле, которые относятся к разным типам поверхности. Классификация типов поверхности, поиск изменений необходим в различных технологических, научных или экологических приложениях, связанных с контролем состояния лесных массивов, пахотных земель, строительных территорий, оценкой площади выгоревшего леса и др. Однако решение этих задач опирается на один важный минус спутниковых оптических измерений в видимой и инфракрасной области спектра, который связан с наличием мешающего фактора облачности и свойств прозрачности атмосферы. При этом отметим, что в таком случае сами характеристики поверхности чаще всего не меняются, а меняется

значение измеренных сигналов и значит величина вегетационного индекса, что подлежит коррекции.

Нами в работе используются данные измерений спутникового прибора MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer. Прибор MODIS – сканирующий спектрорадиометр среднего разрешения), предназначенный для глобального мониторинга из космоса характеристик океана, суши и атмосферы.

Наличие такого набора спутниковых данных является одним из важнейших факторов, определяющих последующие методы и алгоритмы обработки космических изображений. Обработка возможна при использовании двух принципиально разных подходов: первый предполагает использование изображений, полученных в некий фиксированный момент времени, а второй основан на составлении рядов разновременных изображений. Для первого случая применяются методы визуальной интерпретации или автоматической классификации, а для второго подход используются математические подходы обработки и анализа временных рядов.

Вегетационный индекс NDVI самый распространенный для систем анализа пространственно-временных рядов. Зимой значения NDVI минимальны, а летом они максимальны. Вегетационный индекс обладает естественной межгодовой периодичностью, а значит временной ряд содержит составляющие: трендовую, сезонную и случайную. Вариации значений вегетационного индекса в каждый конкретный день года могут быть значительными, поскольку они обуславливаются многими естественными причинами, такими как облачность, дождь, ветер, температура, прозрачность атмосферы и др. На рисунке 1 приведены значения вегетационного индекса для пикселя в районе г. Томска для измерений MODIS в течение двух лет.

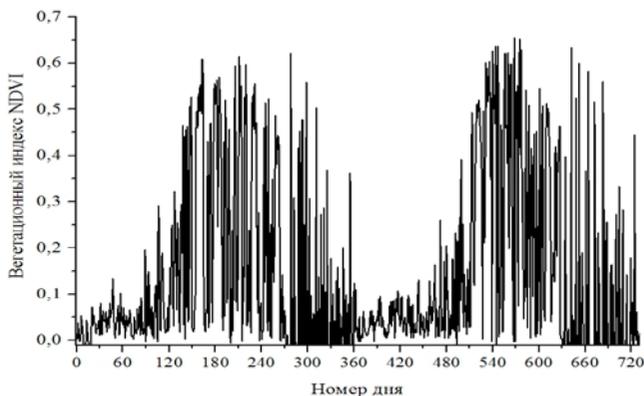


Рисунок 1 – Значения временного хода (два года) вегетационного индекса NDVI в районе г. Томска

Наличие шумов во временных рядах NDVI, вызванных влиянием облачности и различиями в геометрических условиях освещения и наблюдения поверхности, требует проведения предварительной обработки спутниковых данных – выравнивания. Необходимость этого шага связана с тем, что

статистические характеристики временных рядов значительно отличаются от гладких функций, какими и должны быть функции NDVI, связанные с фенологическим циклом растений.

Для работы с NDVI использовались снимки mod09gq. Временной ряд строился по значениям NDVI каждого дня одного года.

Общий вид таких наборов спутниковых данных представлен на рисунке 2, где  $x$  и  $y$  – размер спутникового изображения (число пикселей),  $\lambda_i$  – длина волны ( $i=1, N$ ,  $N$  – число спектральных каналов) и  $t$  – время измерения.

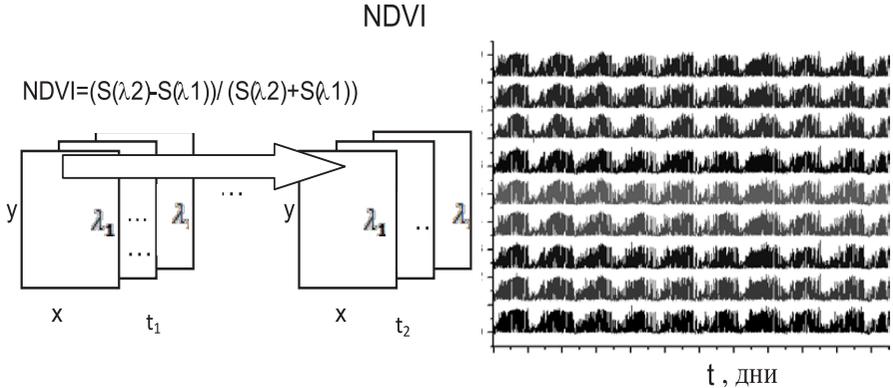


Рисунок 2 – Общий вид наборов многоспектральных данных ДЗЗ, полученных в различное время, и их преобразование в вегетационный индекс (NDVI)

Идею сглаживания временного ряда NDVI проиллюстрируем рисунком 3, в котором проведена сезонная динамика значений вегетационного индекса NDVI (январь). Из рисунка видно, что в январе значения вегетационного индекса NDVI сильно меняются в диапазоне  $[-0.6, 0]$  и  $[0, +0.6]$ . Так как реальное значение NDVI для данного пиксела определяется от-ражательными свойствами снега и зданий (территория г. Томска), то можно предположить, что временные вариации NDVI не должны быть такими значительными и лежать в положительной области.

Будем считать, что в течение года измеряется  $N=365$  значений вегетационного индекса NDVI –  $S(t)$  с фиксированным шагом ( $t=1, \dots, N$ ). Для каждого временного шага получается матрица значений, покрывающая область наблюдений (район г. Томска). Для примера, рассмотрим временные изменения NDVI в одной и той же точке (пиксела), для которой типы поверхности не изменялись за общее время измерений.

Методика сглаживания связана с идеей медианной фильтрации шума, а именно при-менения алгоритма скользящей медианы. Вычисления значений скользящей медианы в  $t$  связаны с анализом значений временного ряда в интервале  $[t-k, t+k]$ , где  $(2k+1)$  – ширина окна (или скользящей медианы). Основным преимуществом медианного фильтра, перед многими другими сглаживающими фильтрами, является устойчивость к наличию во временном ряде пропусков и выбросов. Одним из минусов медианного фильтра является

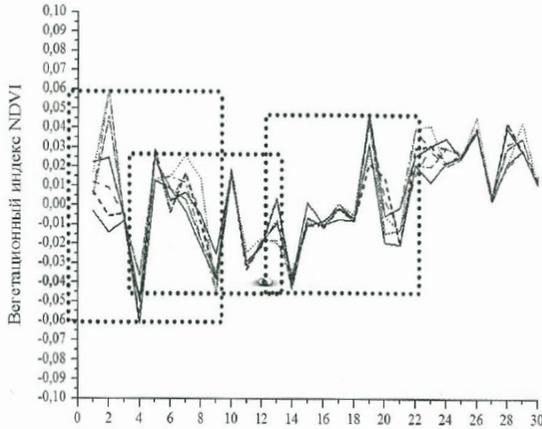


Рисунок 3 – Первые 30 дней вегетационного индекса

невозможность вычислений, если точки  $(t+k)$  или  $(t-k)$  попадают на начальные или конечные точки временного ряда. Решение этого вопроса связано с выбором на этих временных интервалах фильтров меньшего порядка (минимальная длина  $k=3$ ). В текущем окне ищется максимальное значение и им заменяется значение в точке  $t$ , далее окно смещается на один шаг и операция повторяется снова. Так как во временном ряде NDVI могут быть провалы за счет облачности до 10-12 дней, максимальная длина фильтра нами выбрана равной  $k=15$ . В этом случае, после прохождения фильтров всего временного ряда (получаем новый массив значений  $S_n(t)$ ), возникает угловатая структура, которая нами сглаживается простым сглаживающим фильтром, формула которого выглядит следующим образом:

$$S_m(t) = S_n(t+1)/4 + S_n(t)/2 + S_n(t-1)/4,$$

где  $S_m(t)$  – сглаженный временной ряд вегетационного индекса.

На рисунке 4 представлен результат работы программы временного ряда вегетационного индекса.

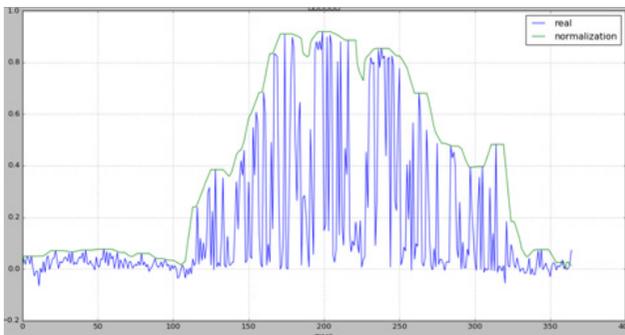


Рисунок 4 – Нормализованный временной ряд с координатами

УДК 528.88

# ИЗУЧЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ ЛЕСНОГО ПОКРОВА НА ТЕРРИТОРИИ ЗАПОВЕДНИКА «НУРГУШ» ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

*Т.А. Адамович*

*Вятский государственный университет,  
г. Киров*

*Т.Я. Ашихмина*

*Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,  
г. Сыктывкар*

---

Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых учёных - кандидатов наук (МК-2120.2017.5).

Лесные сообщества являются одними из сложнейших образований биоты. Как динамическая экосистема, леса претерпевают крупномасштабные изменения под воздействием комплекса факторов природного и антропогенного характера. Вырубки, являясь одним из наиболее мощных антропогенных факторов воздействия на леса, влекут за собой множественные последствия экологического характера, проявляющиеся в изменении породно-возрастной структуры лесов, гидрологического режима территории, условий обитания представителей лесной фауны, степени биологического разнообразия наземных экосистем.

В настоящее время существует набор методов использования данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) для выявления изменений в лесах, в основе которых лежит знание особенностей спектрального отражения различными компонентами лесных экосистем, а также связей между типами трансформаций лесного покрова и изменениями их спектрально-отражательных свойств. При этом необходимо учитывать, что к различиям в спектрально-отражательных свойствах могут приводить такие факторы, как фенологическое состояние растительности, атмосферные условия, геометрические условия освещения и наблюдения, рельеф местности и другие особенности.

Для проведения исследований была выбрана территория Государственного природного заповедника «Нургуш», расположенного в центральной части Кировской области на юго-востоке Котельничского района. Площадь участка составляет 5634 га, охранной зоны – 7998 га. Он создан для охраны пойменных комплексов реки Вятки: многочисленных озер и хвойно-широколиственных лесов. Хвойные леса представлены ельниками, сосняками, пихтарниками; лиственные – липняками, березняками, осинниками, черноольшаниками, дубняками, тополевыми, вязовниками, ивняками. Практически повсеместно леса имеют густой подлесок и обильный подрост из липы. Лесопокрытая территория составляет 87,4% площади заповедника. Болота и заболоченные участки занимают 21% территории заповедника и 10% охранной зоны. Большую часть охранной зоны (90%) составляют сосновые леса.

Для изучения лесного покрова на территории заповедника использовались многозональные космические снимки за 1994, 1998, 2004, 2011, 2016 гг. Съёмки в 8-ми спектральных диапазонах с разрешением 30 м; за 2015 год съёмки в 11-ти спектральных диапазонах с разрешением 30 м, полученные с аппаратов серии Landsat. Снимки были сделаны в летне-осенний период (июнь-октябрь). При обработке снимков использовали компьютерную программу ENVI 5.2.

Методами автоматизированного дешифрирования проведена оценка динамики лесных массивов, лугов на исследуемой территории. Для обработки космических снимков применяли способ максимального правдоподобия. По результатам обработки космических снимков были получены тематические карты территории заповедника за период с 1994 по 2015 гг. Проведён сравнительный анализ и обработка полученных материалов, выявлены тенденции изменения площадей лесов за период более 20 лет (таблица).

Класс объектов	Занимаемая классом территория, %				
	4.09.1999	29.07.1998	6.08.2000	25.08.2011	20.08.2015
	4		4	1	
Прибрежная и водная растительность	3,16	6,32	6,31	8,11	9,1
Пойменные луга	12,04	13,31	13,05	11,72	8,04
Лиственные породы	30,90	27,35	26,87	27,44	28,5
Хвойные породы	19,37	20,29	22,05	24,7	25,5

Таблица – Классификация лесных массивов заповедника «Нургуш» и прилегающей территории по занимаемой площади

На территории заповедника полностью исключена любая хозяйственная деятельность. Природный комплекс развивается естественным образом: одни экосистемы закономерно сменяют другие. Так процент заболоченных участков постепенно снижается за счёт сукцессии и сменяется луговой растительностью. Незначительное увеличение площади (0,92%) 2015 году связано с обильными осадками и низкими средними температурами летнего периода.

После организации заповедника и охранной зоны в течение 10 лет площадь пойменных лугов увеличивается за счёт снижения площадей для сенокосения, но затем уменьшается из-за обильного самовосстановления лиственных и хвойных пород. Лиственные породы преобладают за счёт сохранившихся коренных ненарушенных широколиственных лесов, проникших 7-10 тысяч лет назад по р. Вятке. Дубы, липы хорошо самовосстанавливаются. Небольшое снижение площади связано с низкой конкурентоспособностью. Подрост ели с течением времени все больше будет вытеснять широколиственные породы, за счёт чего будет увеличиваться площадь хвойных лесов. Такая картина характерна для ненарушенных, развивающихся естественным образом территорий.

#### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Сухих, В.И. Лесопользование в России в начале XXI в. [Текст] / В.И. Сухих // Лесное хозяйство. – 1999. – №6. – С. 8-13.
2. О создании в Кировской области государственного природного заповедника «Нургуш» Министерства охраны окружающей среды и природных ресурсов Российской Федерации: Постановление правительства Рос. Федерации / Собрание законодательства Рос. Федерации, 1994. – Май (№ 5). – 805 с.
3. Летопись природы заповедника «Нургуш» за 2004 г. – Кн. 9. Боровка, 2006. – 297 с. Рукопись.

## **СОВРЕМЕННЫЕ ХИМИКО-АНАЛИТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ**

*С.В. Нехорошев, А.В. Нехорошева*

*БУ «Ханты-Мансийская государственная медицинская академия»,*

*г. Ханты-Мансийск*

*Н.Д. Минаев, Х.Б. Таги-заде*

*ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»,*

*г. Ханты-Мансийск*

Модели являются инструментом исследования окружающего мира и в виде информационных моделей все глубже проникают жизнедеятельность современного человека. Геоинформационные модели можно рассматривать как развитие информационных моделей в аспекте системности данных, большей структуризации и, как следствие, возможности решения ряда задач, которые информационные модели в принципе не решают. Не смотря на высокую сложность и требование специальных средств обработки, геоинформационные модели дополняют информационные модели в части познания окружающего мира, служат средством построения его картины и решения практических задач развития общества на производстве, в образовании и управлении [1]. В связи с тем, что геоинформационное моделирование базируется на создании многослойных электронных карт, в которых опорный слой описывает географию определенной территории, а каждый из остальных – одной из характеристик состояния этой территории, все чаще такой характеристикой является химический состав вещества. Рассмотрим более подробно современные химико-аналитические методы получения исходных данных, которые используются для построения геоинформационных моделей.

Фундаментом для получения геохимической информации являются физико-химические методы анализа, подходы к классификации которых могут быть разнообразными. Для рассматриваемой темы наиболее важными являются четыре из них. В зависимости от определяемой характеристики вещества химический анализ можно разделить на качественный и количественный. В геоинформационных моделях востребованной является информация как о качественном, так и о количественном составе вещества в определенных географических точках.

По количеству определяемых компонентов состав вещества можно разделить на индивидуальный и групповой. Для построения геоинформационных моделей нашли применение оба указанных вида информации о веществе.

По принципу получения аналитического сигнала можно выделить спектральные, хроматографические и электрохимические методы анализа. Очень часто метод анализа является комбинацией хроматографического метода со спектральным или электрохимическим методом анализа. Это обеспечивает методу высокую селективность, чувствительность и информативность, а получаемой информации – надежность. Для получения геохимической информации о веществе ни одна из указанных групп методов не имеет принципиальных ограничений и находит применение на практике.

По условиям проведения анализа можно выделить контактные и дистанционные методы. В свою очередь все контактные методы целесообразно разделить на полевые и лабораторные. На практике сегодня основную массу физико-химических методов получения геохимической информации можно отнести к контактным. При этом явные преимущества дистанционных методов пока что не могут компенсировать существующие у них технические сложности и экономическую целесообразность процесса измерения аналитического сигнала.

Наглядным примером применения химико-аналитических методов для построения геоинформационных моделей является использование портативного газового хроматографа ЭХО-В-ФИД с пассивными концентраторами для поверхностной геохимической съемки по ароматическим углеводородам  $C_6-C_8$  для выявления их аномалий над залежами нефти и газа в условиях обводнения территории [2].

Еще одним примером применения хроматографических и спектральных методов получения исходных данных для построения информационных моделей в гидрогеологии является использование хроматографических [3] и спектральных методов [4] в трассерных (индикаторных) исследованиях. В важной для ХМАО-Югры отрасли нефтедобычи это позволяет в ходе поиска, разведки и разработки залежей выявить проницаемые горизонты, определить профиль притока скважин, оценить фильтрационно-емкостные характеристики пласта, выявить наличие и характер гидродинамической связи между пластом и скважиной.

Высокую эффективность построения геоинформационных моделей, содержащих гео-химическую информацию, показали эксперименты по изучению нефтезагрязненных водных объектов на Самотлорском месторождении. В этом случае для получения информации о содержании неорганических и органических компонентов в донных отложениях применялись методы гравиметрии, ИК-спектрометрии, атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой, газо-жидкостной хроматографии и хроматомасс-спектрометрии. Последующее построение многомерных геоинформационных моделей 28 озер позволило надежно установить глубину проникновения нефтезагрязнений в донные отложения, выявить участки их локализации и сформировать исходные данные для комплекса рекультивационных работ [5].

Приведенный обзор показывает усиливающиеся тенденции в применении физико-химических методов получения исходных данных о химическом составе геологических объектов для построения геоинформационных моделей и необходимость развития технологий получения подобной информации по результатам дистанционного зондирования земной поверхности.

---

## ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Цветков, В.Я. Информационные модели и геоинформационные модели / В.Я. Цветков // Образовательные ресурсы и технологии. – 2016. – №3 (15). – С. 114-120.
2. Балдин, М.Н. Опыт геохимической съемки с пассивными концентраторами на сильно обводненной территории Тевризского газоконденсатного месторождения / М.Н. Балдин, А.Ю. Белоносов, М.В. Прямов, В.М. Грузнов // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2016. – Т. 2. – № 2. – С. 113-116.
3. Пат. № 2478948 Российская Федерация. Способ подготовки пробы пластовой воды для газохроматографического анализа изопропанола / Ю.И. Арутюнов и др.; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «Самарский гос. унт», опубл. 20.01.2013.

4. Басова, Е.М. Спектрофотометрическое определение ортофосфат-ионов в пластовых водах для проведения индикаторных исследований / Е.М. Басова, В.М. Иванов // Вест. Моск. ун-та. Сер. 2. Химия. – 2012. – Т. 53. – № 3. – С. 165-179.
5. Минаев, Н.Д. Оценка состояния донных отложений озер на современном этапе и ретроспектива вопроса / Н.Д. Минаев [и др.] // Экологические системы и приборы. – 2016. – № 5. – С. 34-40.

## МЕТОДИКА ПОДГОТОВКИ ДЛЯ АНАЛИЗА ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ NDVI

*М.Ю. Катаев, П.В. Шалда*

*ФГБОУ ВО «Томский государственный университет  
систем управления и радиоэлектроники»,  
г. Томск*

Предметом исследования является методы поиска изменений на данных космического мониторинга земной поверхности с направлением на автоматизированную работу и анализ выявленных изменений. Разработанное программное обеспечение может применяться в геоинформационных системах, занимающихся исследованием поверхности Земли. Результатами работы являются: методика оценки изменений на основе анализа разновременных трендов вегетационного индекса NDVI; методика выявления и анализа пространственных изменений на временных рядах индекса NDVI; программа для ГИС автоматизированного поиска и анализа изменений.

Мониторинг окружающей среды – это комплексная система наблюдений за состоянием окружающей среды, оценки и прогноза изменений ее состояния под воздействием природных и антропогенных факторов. Мониторинг предполагает процесс систематического или непрерывного сбора информации о параметрах окружающей среды для определения тенденций их изменения. В настоящее же время большую популярность обрели методы получения информации об окружающей среде по средствам космической съемки земной поверхности и состояния атмосферы. Эта популярность обусловлена доступностью спутниковых данных (к данным некоторых спутников существует свободный доступ), а также большими возможностями применения таких данных. Спутниковый мониторинг основан на регистрации в аналоговой или цифровой форме отраженного или собственного электромагнитного излучения участков поверхности в широком спектральном диапазоне.

В приложениях, использующих данные дистанционного зондирования Земли, любые изменения можно представить, как компоненты покрывающей поверхности с различными уровнями изменения. Информация об изменении покрывающей поверхности и характера использования земель очень важна в своей практической применимости в различных приложениях, например, вырубки леса, оценки ущерба, мониторинга стихийных бедствий, разрастания городов, планирования и управления земельными ресурсами. В своей основе все методы выявления изменений используют многовременные наборы данных в целях проведения как для качественного анализа различных временных эффектов, вызванных явлениями природного или антропогенного характера происхождения, так и для количественной оценки изменений. Использование данных дистанционного зондирования Земли в качестве основного источника в выявлении изменений обусловлено тем, что эти данные имеют достаточно высокую временную частоту, представлены в подходящей для расчетов цифровой форме, имеют синоптический вид и достаточно широкий выбор пространственных и спектральных разрежений.

Пиксель является основной единицей анализа изображения и ранних используемых методов выявления изменений данных ДЗЗ. В изображении пиксель является минимальной анализируемой величиной и в данные методы, используя спектральные характеристики для обнаружения и оценки изменений, в основном не учитывают пространственный контекст.

Существуют различные методы предварительной классификации с целью дальнейшего выявления изменений, которые основаны на алгебре изображений. В список этих методов входят следующие: разница изображений, отношение изображений, регрессионный анализ, различные вегетационные индексы, анализ вектора изменений, метод главных компонент, преобразование Tasseled Cap. Уровни информации об изменении, полученные от сенсорного прибора, удаленно могут быть классифицированы как: определение изменений как бинарного значения (есть изменения или нет) и определение изменений с детальной информацией о характеристиках этих изменений, называемых «откуда-куда» изменениями, например, в методе послеклассификационного сравнения.

Получение детальной информации «откуда-куда» в основном требует в подробных аналитических исследованиях, однако простые бинарные изменения чаще описываются для каких-либо исследований. Классификация на основе сравнения для детальной оценки изменений (послеклассификационное сравнение и композитная или прямая разновременная классификация) является, пожалуй, наиболее распространенной методологией, принятой в исследованиях выявления изменений, которые могут включать в себя как пиксельные, так и объектные методы. Также существуют методы машинного обучения (искусственные нейронные сети, метод опорных векторов, дерево принятия решений) и ГИС-ориентированные методы.

Наиболее популярными в данной методологии являются следующие: разность двух изображений, частное двух изображений, регрессия изображений, разностный вегетационный индекс, анализ вектора изменений, метод главных компонент, преобразование Tasseled Cap, послеклассификационное сравнение, композиционная или прямая разновременная классификация.

При проведении анализа используются как данные из БД (различные снимки), так и априорные данные (информация об объектах поверхности). Для исполнения данного блока используются различные математические функции, например, функция для расчета дисперсии. На рисунке 1 представлена объектная декомпозиция функционала выявления изменений для разрабатываемой ГИС.

Основными данными в работе геоинформационной системы при экологическом мониторинге являются снимки, представляющие собой различные вегетационные индексы. Однако наиболее часто используемым является нормализованный вегетационный индекс NDVI.

Для методов разницы изображений, отношения изображений и регрессии изображений будут использоваться снимки, преобразованные с помощью нормализованного вегетационного индекса. То есть будут применены комбинированные методы выявления изображений сочетающие в себе два метода. Такой подход позволяет легко интерпретировать результаты работы алгоритмов (проще оценивать результат, рассматривая цифры как определенное количество растительности на данной области, нежели количество полученной радиации в красном или инфракрасном каналах). Результаты обработки первого и второго наборов изображений с помощью разностного нормализованного индекса

представлены на рисунке 2 на следующей странице под номерами 5 и 6 соответственно.

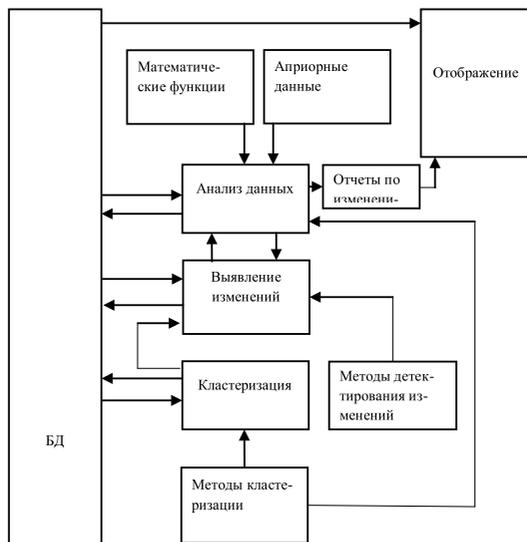


Рисунок 1 – Объектная декомпозиция функционального блока расчета изменений разрабатываемой ГИС

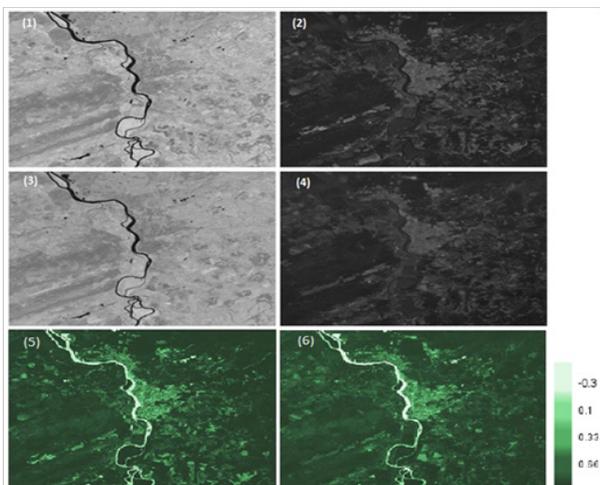


Рисунок 2 – Исходный набор данных для дальнейшего применения к ним методов выявления изменений: 1 и 2 – снимки в инфракрасном и красном каналах соответственно за первую дату; 3 и 4 – снимки в инфракрасном и красном каналах соответственно за вторую дату; 5 и 6 – снимки нормализованного разностного вегетационного индекса за первую и вторую дату соответственно с цветовой шкалой

УДК 528.8

## **МОНИТОРИНГ СМЕЩЕНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СЪЕМКИ**

**С.В. Ракунов, П.Ю. Баскаков**

ООО «ПРАЙМ ГРУП»,

г. Красногорск

**Ю.А. Андрюшкина**

Национальный исследовательский университет

Высшая школа экономики,

г. Москва

Исследования Земли с помощью радиолокатора с синтезированной апертурой, расположенного на борту космического аппарата – это высокопроизводительный метод дистанционного зондирования, позволяющий получать двумерные распределения интенсивности отраженного сигнала, а также изучить отражательные свойства и структуры рельефа поверхности. Преимуществом радиолокационной съемки перед оптической является возможность съёмки независимо от солнечного освещения и от наличия облачности. Прием отраженного сигнала на две антенны на борту носителя (или же, в случае с одной антенной, съемка выбранного участка поверхности с близких траекторий носителя) и дальнейшая совместная обработка позволяют при помощи анализа фазовой составляющей сигнала добавить третье измерение к двумерным радиолокационным изображениям, выявляя, в зависимости от поставленной задачи и начальных условий, относительные высоты рельефа, степень декорреляции или изменение положения отражающей поверхности.

Радиолокационная интерферометрия – активно развивающееся в последние годы на-правление дистанционного зондирования Земли. Преимуществом такой съемки является возможность осуществлять всепогодное картирование местности, выполнять оценку динамики смещения поверхности за определённый период времени, выполнять оценку временной декорреляции поверхности.

В основе принципа радиолокационной интерферометрии лежит разновременная съемка интересующей территории радиолокатором с синтезированной апертурой. При первом пролете спутника над изучаемым объектом выполняется измерение расстояния между объектом и космическим аппаратом. Через некоторое время вновь выполняется такое же измерение, и разница между результатами двух измерений соответствует изменению высоты объекта за прошедший период. Таким образом удается с миллиметровой точностью оценивать вертикальные смещения и деформации крупных сооружений и природных объектов (рисунок 1).

Основными областями применения технологии радиолокационной интерферометрии являются разработка, строительство, техническое обслуживание и постоянный мониторинг технического состояния крупных инфраструктур, наблюдение за шахтами, карьерами и другими объектами горной промышленности, контроль состояния трубопроводов, хранилищ нефти и газа, прочих сооружений нефтяной и газовой промышленности.

Для реализации проектов используются радиолокационные изображения всех функционирующих в настоящее время коммерческих спутниковых систем: RADARSAT, ALOS, TERRASAR-X, COSMO-SKYMED, KOMPSAT, SENTINEL или исторические данные с аппаратов ERS, ENVISAT-1/2, ALOS, JERS.

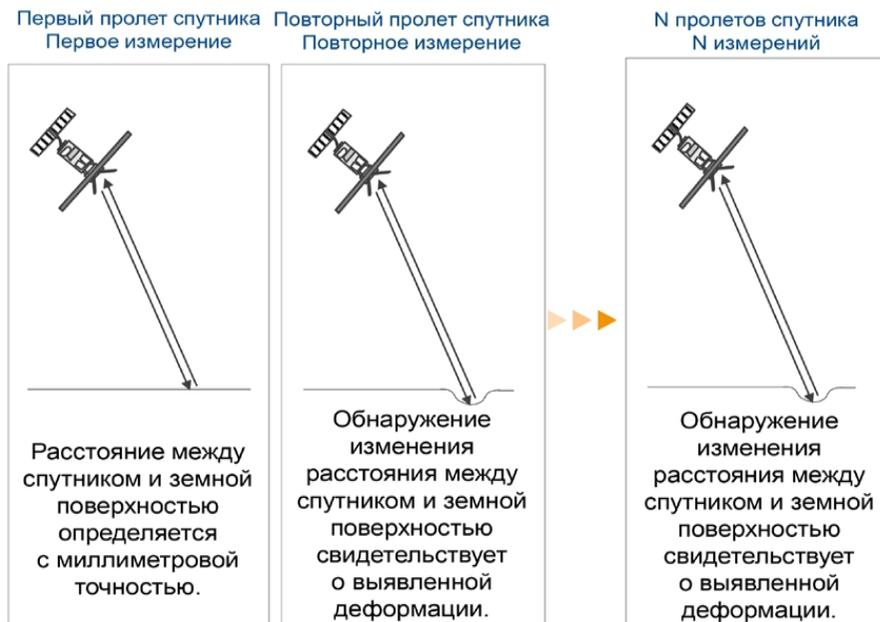


Рисунок 1 – Принцип измерения смещения земной поверхности

На данный момент широкое распространение получили три основных метода наблюдения деформации земной поверхности. Традиционная методика радиолокационной интерферометрии позволяет оценивать вертикальные смещения объектов с точностью 2–3 см на базе двух радиолокационных изображений.

Интерферометрические исследования на базе сети стационарных точек позволяют значительно повысить точность, обеспечивая выявление вертикальных смещений величиной 3–5 мм и мониторинг длительных деформационных процессов с точностью до 1 мм в год. При этом нет необходимости проводить какие-либо дорогостоящие работы на исследуемой местности, так как в качестве стационарных точек используются крыши зданий, крупные металлические структуры и прочие естественные объекты, хорошо отражающие радиолокационный сигнал. Для реализации таких проектов необходимо получение не менее 12 радиолокационных изображений. При использовании архивных изображений, накапливаемых с 1993 года, появляется возможность проводить исследования смещений объектов в течение последних лет.

В том случае, когда не удастся найти на местности естественные стационарные точки, приходится устанавливать искусственные уголкового отражатели. В этом случае для последующего изучения исследуемой зоны достаточно

получить 2–3 радиолокационных изображения. При этом обеспечивается выявление вертикальных смещений величиной 1–3 мм и мониторинг длительных деформационных процессов с точностью до 0,5 мм в год.

Современные алгоритмы обработки радарных данных позволяют получить информацию о деформациях земной поверхности, связанных с технологическими операциями на месторождениях (закачка пара, заводнение и т. д.). Эти данные необходимы для оперативного управления работами и оптимизации добычи углеводородов.

Оперативное получение спутниковых изображений и быстрая поставка интерферометрических результатов позволяют использовать космический мониторинг в качестве одного из средств управления добычей углеводородов. На рисунке 2 представлены интерферометрические карты смещений земной поверхности. Эти данные позволяют выявлять интенсивные изменения скорости деформаций на обширных территориях, что может быть связано с активизацией разломов и трещин. Информация о смещениях может быть введена в математические модели и использована для повышения нефтеотдачи.

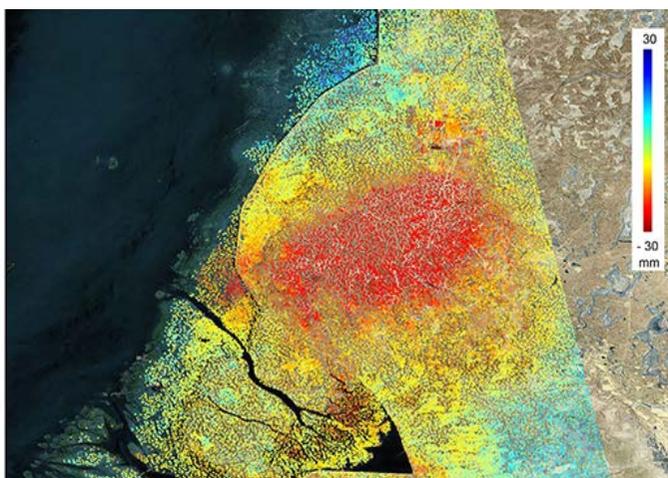


Рисунок 2 – Карта смещения земной поверхности

Алгоритмы обработки радиолокационной съемки позволяют формировать детальные карты деформаций земной поверхности, связанные с эксплуатацией подземных хранилищ газа. Эти измерения совместно с информацией о скоростях закачки и откачки газа могут использоваться в качестве входных данных для математических моделей, применяемых с целью оценки динамики изменений объема и давления. В результате удается гарантировать безопасность эксплуатации хранилищ газа и оптимизировать стратегию их использования.

Кроме того, спутниковый мониторинг повышает безопасность добычи углеводородов, обеспечивая наблюдение за развитием деформаций вблизи нагнетательных и эксплуатационных скважин. Это позволяет выполнять работы в строгом соответствии с нормативными документами и удерживать деформационные процессы в пределах территорий, отведенных для добычи углеводородов.

---

#### **ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ**

1. Захарова, Л.Н. Методы радиолокационной интерферометрии в исследовании характеристик земных покровов: дис....канд. физ.мат. наук / Л.Н. Захарова; Институт радиотехники и электроники им. В.А.Котельникова РАН. – Фрязино, 2011.
2. Беатриц, Р. Мониторинг смещений земной поверхности методом спутниковой радарной интерферометрии Squee SAR // Интеграция геопространства – будущее информационных технологий : материалы GIS-Форума. – Москва. – 2017. – С. 1-8.
3. Hooper, A. Persistent Scatterer InSAR for Crustal Deformation Analysis, with Application to Volcán Alcedo, Galápagos/ A. Hooper, P. Segall, and H. Zebker// J. Geophys. Res. – 2007 – 112 – B07407.

## **СПУТНИКОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК НЕОБХОДИМЫЙ ИНСТРУМЕНТ ГЕОТЕХНИЧЕСКОГО И ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА**

*С.А. Зубков, В.Ю. Слободян*  
ООО «Аналитический центр МГУ»,  
г. Москва

---

### **Общие сведения**

Геоинформационные технологии и дистанционное зондирование Земли являются одним из важных направлений деятельности общества с ограниченной ответственностью «Аналитический центр МГУ» (АЦ МГУ). В рамках проектов специалистами АЦ МГУ анализируются большие массивы разнородной информации с применением накопленных за много лет баз знаний в областях инженерных изысканий при строительстве, геохимических исследований, экологического проектирования и мониторинга на суше и воде, выявляются имеющиеся проблемы, оценивается степень их опасности для инфраструктуры и человека, а на выходе уже предлагаются возможные решения. Подобный подход распространён в западно-европейских компаниях, в России пока мало кто его применяет, поскольку необходимо иметь в штате профильных специалистов по приведённым выше направлениям. Внедрить новые инструменты в процессы, выполняемые уже имеющимися экспертами намного быстрее, нежели накопить базу знаний в той или иной области применения геоинформационных технологий коих не один десяток. В этом смысле у АЦ МГУ значительный задел и потенциал. Внедряя геоинформационные технологии в текущие проекты по геотехническому и экологическому мониторингу, специалисты не просто отслеживают какие-то изменения, деформации, подвижки, а сразу оценивают степень их потенциальной опасности и готовы предложить в случае необходимости меры по минимизации негативных последствий.

### **Геотехнический мониторинг**

В 2016 году специалистами АЦ МГУ в тестовом режиме была применена технология наблюдения за смещением городских строений при помощи радиолокационных спутниковых снимков – интерферометрия, позволяющая наблюдать за смещением неких постоянных точек по вертикали и горизонтали. Иными словами – усовершенствованный вариант геотехнического мониторинга, отлично подходящий для условий плотной городской застройки. Эксперимент оказался успешным, позволил выявить тревожные тенденции на объекте заказчика – были выявлены проседания инженерных коммуникаций и строений с динамикой более 5 см в год. Применение данных спутниковых аппаратов Sentinel-1A/B, RADARSAT, TERRASAR-X показало свою эффективность при необходимости проведения ретроспективного анализа геологических и геофизических процессов, происходящих на контролируемой площади, и выявлении исторических закономерностей, позволяющих более точно определить места

«напряжения» и спланировать работы полевого инструментального геодезического мониторинга. Поставив на вооружение геодезистов беспилотные аппараты, позволяющие оперативно провести общую съёмку территории с последующим построением высокодетальной трёхмерной модели местности, удалось значительно сократить время и повысить качество полевых работ.

### **Геоинформационное обеспечение морских операций**

В соответствии с постановлениями Правительства РФ (от 21.08.2000 №613 «О неотложных мерах по предупреждению и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов», от 15.04.2002 №240 «О порядке организации мероприятий по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на территории Российской Федерации», от 30.12.2003 №794 «О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций») и приказом МЧС России от 28.12.2004 №621 «Об утверждении Правил разработки и согласования планов по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов (ЛРН) на территории РФ», при проведении буровых работ необходима разработка планов ЛРН, подразумевающих организацию мероприятий по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов в море с судов и объектов. Одновременно проведение разведочного бурения и ввод углеводородных месторождений в эксплуатацию на шельфе северных морей Российской Федерации сопряжены со сложными условиями жизненного цикла ледового покрова.

С 2015 г. в летне-осенние периоды АЦ МГУ осуществляет проекты по проведению оперативного спутникового мониторинга водной поверхности в районе проведения буровых поисково-оценочных работ на шельфе Охотского и Карского морей. Целью мониторинга является обнаружение аварийных разливов в виде пленочных загрязнений углеводородного происхождения, выявление потенциально опасных ледовых объектов и незамедлительное принятие мер по их устранению, в случае обнаружения. В рамках выполнения работ для получения радиолокационных снимков в любое время суток и при любой погоде используются следующие спутниковые аппараты: COSMO-SkyMed, TerraSarX-1 (TerraSarX), RADARSAT-2, SENTINEL-1. После получения и первичной обработки спутниковых снимков проводится их дешифрирование на предмет обнаружения пленочных загрязнений, айсбергов и крупных льдин, определение границы и характеристик ледовых полей. Данный вид дешифрирования осуществляется как при помощи специализированных программных продуктов, так и специалистами «вручную» путём анализа спутникового изображения по дешифровочным признакам объектов на снимке и водной поверхности [1, 5 и 6].

При обработке радиолокационных изображений и с помощью сообщений системы AIS выявляются морские суда и другие объекты на морской поверхности. В ходе сопоставления результатов моделирования на основе гидрометеорологических прогнозных данных поверхностных течений и скорости ветра с данными геолокации судов, курсирующих в районе проведения промысловых работ, довольно легко определить предполагаемый источник загрязнения, а также наиболее точно спрогнозировать операции по устранению данного загрязнения. Прогнозирование развития чрезвычайной ситуации и предсказание ее возможных последствий выполняются на основе метеорологических и океанографических данных с использованием математических моделей

дрейфа. В модель дрейфа закладываются данные об окружающей среде – скорости ветра, поверхностных течениях, температуре, батиметрии. Моделирование дрейфа пятна загрязнения проводится с использованием специального программного обеспечения, позволяющего выполнить расчет траектории распространения плавающих объектов на любой акватории Мирового Океана.

При появлении пятна для слежения за его перемещениями используются дрейфующие буи спутниковой системы Argos, помещаемые в эпицентр загрязнения и дрейфующие вместе с пятном под действием ветра и поверхностных течений.

Акцент применения спутникового радиолокационного мониторинга акватории Карского моря смещён в сторону контроля и управления ледовой обстановкой. При моделировании направления движения айсбергов применяется также целый комплекс метеорологических и океанографических данных: модели ветровых полей, данные о температуре воды, модели морских течений и прочее. На выявленные по спутниковым данным ледовые объекты затем устанавливаются специальные радиомаяки, что позволяет максимально точно отслеживать траектории их движения. Установка осуществляется специалистом АЦ МГУ, входящим в состав экипажа ледокола ФБУ «Морспасслужба Росморречфлота», являющегося обязательным судном в составе средств обеспечения морских операций в северных морях.

Проведение спутникового мониторинга позволяет существенно повысить уровень обеспечения экологической безопасности при ведении буровых работ как разведочных, так и добычных [2]. Информация, полученная путем дешифрирования радиолокационных космических снимков, имеет важное практическое значение для рационального природопользования при реализации проектов нефтегазовой отрасли в прибрежно-шельфовых зонах морей России, для мониторинга утечек и разливов нефтепродуктов, а также экологического состояния и прогноза эволюции экосистем морей в целом [3, 4].

---

#### **ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ**

1. Верба, В.С. Радиолокационные системы землеобзора комического базирования / В.С. Верба, Л.Б. Неронский, И.Г. Осипов, В.Э. Турук; под ред. В.С. Вербы. – М.: Радиотехника, 2010.
2. Лаврова, О.Ю. Комплексный спутниковый мониторинг морей России / О.Ю. Лаврова [и др.]. – М.: ИКИ РАН, 2011. – 480 с
3. Федеральный закон от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».
4. Федеральный закон от 31 июля 1998 г. № 155-ФЗ «О внутренних морских водах, территориальном море и прилегающей зоне Российской Федерации».
5. Qi Y. et al. Sea surface wave reconstruction from marine radar images. – Massachusetts Institute of Technology, 2012.
6. Synthetic aperture radar marine user's manual. Jackson C. R. et al. – US Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Environmental Satellite, Data, and Information Service, Office of Research and Applications, 2004.

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ВРАЩАТЕЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

**Б.Т. Мазуров**

*Сибирский государственный университет  
геосистем и технологий,  
г. Новосибирск*

Одна из задач геодезии – исследование природных и техногенных геодинамических процессов, проявляющихся в виде движений и деформаций приповерхностного слоя земной коры. Геодезические данные имеют важное значение при изучении и моделировании для прогнозных целей. С помощью геодезических методов можно количественно оценить геодинамические явления такие как землетрясения, извержения вулканов, оползни и т.д. Кроме того, результаты геодинамических исследований необходимо учитывать при решении ряда других научных и научно-практических задач геодезии – развитии и поддержании государственной геодезической сети, как носителя государственной системы координат, изучении изменений поверхности геоида и поля силы тяжести во времени, при использовании ГНСС-технологий. Известно, что повышение точности спутниковых координатных определений зависит от соответствующего повышения точности установления координатных систем. Так, точной реализацией общеземной международной отсчетной основы является International Terrestrial Reference Frame (ITRF). Кинематические характеристики координатной системы ITRF соответствуют геофизической модели движения литосферных плит NNR–NUVEL1A. Мониторинг глобальной геодинамики проводится непрерывно. Соответственно, предлагаются новые, основанные на очень больших объемах измерительной информации, модели движений крупных блоков земной коры. Среди многих видов данных очень важную роль играют геодезические данные, в настоящее время это результаты ГНСС-определений.

Имеются публикации на тему качественного описания геодинамических систем [1–5]. Причинами движений земной поверхности могут быть как глубинные природные процессы, так и техногенное воздействие (разработка месторождений, создание крупных гидроузлов, инженерных сооружений, разнообразное воздействие мегаполисов и др.).

Существует много примеров вращательных движений геодинамических систем, определенных геодезическими методами. Для очень близких по математическому содержанию описанию вращательных движений природных геодинамических систем дифференциальными уравнениями являются, например, движения плит и их сочленения, привулканические территории, а также рифтовые зоны.

Интересный результат показала визуализация поля горизонтальных смещений на Тункинском геодинамическом полигоне (ГДП), расположенном на юго-западном фланге Байкальской рифтовой зоны. Данные о горизонтальных смещениях поверхности получены по результатам светодаальномерных и триангуляционных измерений (по программе 1 класса) на 11 пунктах в 1975–1986 гг.

Очень часто вращательные движения являются следствием эксплуатации крупных месторождений полезных ископаемых. Пример такого движения является территория Коркинского геодинамического полигона (Челябинская область). Местность вокруг Коркинского угольного разреза является зоной повышенного риска возникновения техногенной катастрофы. Движения земной поверхности, полученные после математической обработки повторных геодезических измерений, также имеют четко выраженный вращательный характер.

Таким образом, выполненные к настоящему времени и продолжающиеся геодезические работы по изучению геодинамических процессов могут быть решающими для выяснения истинной природы геодинамики Земли, имеющей, возможно, доминирующую вращательную компоненту. Выводы этих исследований касаются не только чисто фундаментальной науки, но и практических ее приложений. Расширение теоретических основ исследований может быть, в частности, основано на использовании качественного описания геодинамических систем дифференциальными уравнениями.

---

#### **ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ**

1. Мазуров, Б.Т. Геодинамические системы (теоретические основы качественного исследования горизонтальных движений) / Б.Т. Мазуров // Вестник СГУГиТ. – 2016. – Вып. 1 (33). – С. 26-35.
2. Мазуров, Б.Т. Геодинамические системы (кинематические и деформационные модели блоковых движений) / Б.Т. Мазуров // Вестник СГУГиТ. – 2016. – Вып. 3 (35). – 2016. – С. 5-15.
3. Мазуров Б.Т. Геодинамические системы (решение обратных задач геодезическими методами) / Б.Т. Мазуров // Вестник СГУГиТ. – 2017. – Вып. 1 (33). – Т. 22. – № 1 – С.5-17.
4. Панжин, А.А. Визуализация характеристик деформационных полей по данным геодезических наблюдений / А.А. Панжин, Б.Т. Мазуров, А.А. Силаева // Проблемы недропользования. – 2015. – № 3. – С. 13–18.
5. Панжин, А.А. Геодезическое обеспечение геодинамического мониторинга объектов недропользования / А.А. Панжин [и др.] // Вестник СГУГиТ. – 2016. – Вып. 1 (33). – №4 (36). – С. 26 -39.

## **ДИСТАНЦИОННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОЗЕР КРИОЛИТОЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ ПО СНИМКАМ ВЫСОКОГО И СВЕРХВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ**

*Ю.М. Полищук*

*АУ «Югорский НИИ информационных технологий»,  
г. Ханты-Мансийск*

---

Глобальное потепление климата последних десятилетий привело к значительному ускорению термокарстовых процессов в зоне многолетней мерзлоты в Арктике, которое сопровождается ростом эмиссии парниковых газов в атмосферу на территории озерно-термокарстовых равнин. Для оценки и прогноза объемов накопления метана в озерах необходимы знания о виде закона распределения озер по площадям. Наибольшее распространение в таких работах получил степенной закон распределения озер по площадям [1], основанный на анализе картографических и спутниковых материалов.

Ввиду труднодоступности и высокой степени заболоченности территории в зонах мерзлоты получение данных об изменении численности и распределения площадей термокарстовых озер в зоне мерзлоты возможно только с применением методов дистанционного зондирования поверхности Земли. Многолетний опыт использования снимков среднего разрешения Landsat, обеспечивающих многократное полное покрытие земного шара, показывает, что в исследованиях термокарстовых озер на этих снимках не обнаруживаются озера малых размеров. Поэтому полученные по ним эмпирические распределения площадей озер не учитывают вклад малых термокарстовых озер, концентрация метана в которых, согласно [2], более чем на порядок превышает его концентрацию в озерах с размерами более 0,1-0,5 га. В связи с этим для учета малых озер следует применять снимки высокого и сверхвысокого пространственного разрешения в сочетании со снимками среднего разрешения. Целью настоящей работы явилось исследование вопросов определения вида закона распределения площадей озер в зоне мерзлоты на основе интеграции данных с космических снимков разного разрешения.

В исследованиях на территории мерзлоты Западной Сибири использованы космические снимки Landsat-8 среднего разрешения (30 м) в сочетании со снимками высокого разрешения Канопус-В (разрешение 2,1 м), БКА (2,1 м) и Alos (2,5 м) и снимками сверх-высокого разрешения Ресурс-П (0,7 м), QuickBird (0,6 м) и GeoEye-1 (0,6 м). Все снимки были получены в достаточно короткий период летнего сезона (конец июня – август) для минимизации влияния сезонных колебаний уровня воды в озерах. Обработка космических снимков, проведенная с использованием стандартных средств геоинформационной системы ArcGIS 10.3, была направлена на получение данных о численности и площадях озер в широком диапазоне изменения их размеров (от десятков м<sup>2</sup> до десятков тысяч га).

Насколько нам известно, в настоящее время вопросы построения эмпирических гистограмм распределения площадей озер в чрезвычайно широком

Отметим особенности построения исходных эмпирических гистограмм на примере ВР и СР-снимков. Первая гистограмма, отображающая распределение озер больших размеров, получена на основе мозаики снимков Landsat-8. Другая исходная гистограмма, представляющая озера преимущественно малых размеров, получена по снимкам высокого разрешения Канопус-В, БКА и Alos с использованием метода тестовых (ключевых) участков (ТУ). Обработка снимков высокого разрешения проводилась в границах 66 тестовых участков, достаточно равномерно распределенных по территориям островной, прерывистой и сплошной криолитозон Западной Сибири. Данные о числе и площадях озер, полученные на отдельных ТУ, экстраполировались на всю территорию криолитозоны согласно методике [3], что позволило создать вторую исходную гистограмму.

Единая (синтезированная) гистограмма была получена на основе «сшивания» двух исходных гистограмм в точке, соответствующей значению площади 2 га. Общее число озер, использованное для построения единой эмпирической гистограммы, составило около 7 млн. На рисунке (кривая 1) представлен график зависимости числа озер от их площадей, отображающий полученную нами единую гистограмму распределения озер по размерам. Для сравнения этой гистограммы на рисунке приведены две заимствованные в [4] гистограммы распределения озер, построенные по данным на территории Швеции (кривая 2) и на территории планеты в целом (кривая 3).

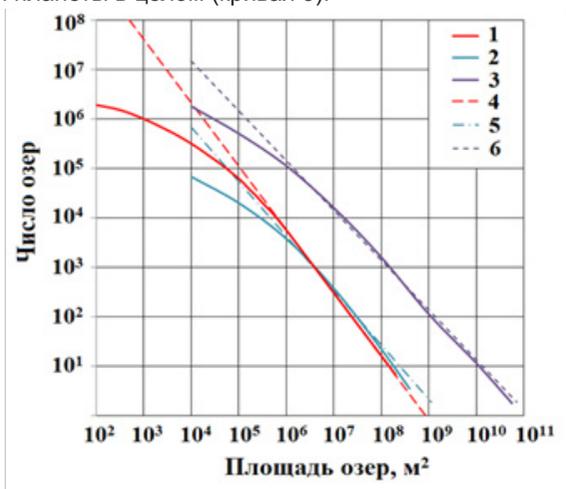


Рисунок – Зависимость числа озер криолитозоны Западной Сибири от их площади (1) в сравнении с аналогичными зависимостями для Швеции (2) и общемировой (3). Линии степенной аппроксимации гистограмм обозначены: 4 – для Западной Сибири, 5 – для Швеции и 6 – для планеты в целом

Как видно из рисунка, по характеру распределения озер построенная нами гистограмма для Западной Сибири совпадает с двумя другими гистограммами. Однако благодаря использованию ВР-снимков в нашей гистограмме, включающей малые озера, представлен более широкий диапазон размеров озер - от 102 до 109 м2. Графики гистограмм согласуются со степенным законом только

при размерах озер более 105 м<sup>2</sup>, а при меньших размерах водоемов использование степенного закона будет давать завышенные оценки числа озер и, следовательно, объемов эмиссии метана и углекислого газа. В диапазоне малых размеров озер наблюдается значительно большее отклонение от степенного закона, что может проявляться в завышении численности озер, например, в интервале площадей 100–500 м<sup>2</sup> приблизительно на 2-3 порядка. Поэтому оценки запасов метана и углекислого газа в малых озерах при обычно используемом для этих целей степенном законе будут значительно завышенными.

Получение более точных оценок запасов метана в термокарстовых озерах требует определения вида теоретического закона распределения площадей озер, более адекватного экспериментальным данным, чем степенной закон. На основе теоретического изучения механизмов формирования и развития очагов термокарста в озерно-термокарстовых равнинах, выполненного Викторовым [5], было показано, что при различных условиях развития термокарста распределение озер по размерам может следовать разным видам законов распределения: логнормальному, логарифмическому и др. Полученная нами синтезированная гистограмма распределения озер в широком диапазоне их размеров может быть использована для установления адекватного теоретического вида закона распределения площадей термокарстовых озер.

Известно, что плотность вероятности для логнормального закона распределения площади озер ( $s$ ) определяется уравнением:

$$f(s) = \frac{1}{\sqrt{2\pi s\sigma}} \exp\left(-\frac{(\ln s - \mu)^2}{2\sigma^2}\right),$$

где  $\mu$  – математическое ожидание;

$\sigma$  – среднеквадратическое отклонение.

Проверка соответствия эмпирического распределения озер теоретическому логнормальному закону, проведенная с использованием критерия Пирсона, показала, что полученная нами гистограмма распределения озер по размерам соответствует логнормальному закону с вероятностью 0,99. Найдены оценки математического ожидания ( $M$ ) и дисперсии ( $D$ ) для логнормального распределения площадей озер Западной Сибири по эмпирическим данным:  $M=6,88$  и  $D=3,42$ . Аналогичные результаты получены и при анализе гистограммы, созданной по СВР и СР-снямкам.

---

#### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Downing, J.A. The global abundance and size distribution of lakes, ponds, and impoundments [Текст] / J.A. Downing, Y.T. Prairie // *Limnol. Oceanogr.* – 2006. – V. 51. – P. 2388-2397.
2. Pokrovsky, O.S. Effect of permafrost thawing on the organic carbon and metal speciation in thermokarst lakes of Western Siberia [Текст] / O.S. Pokrovsky, L.S. Shirokova, S.N. Kirpotin, S. Audry, J. Viers, B. Dupre // *Biogeosciences.* – 2011. – V. 8. – P. 565-583.
3. Полищук, Ю.М. Методические вопросы построения обобщенных гистограмм распределения площадей озер в зоне мерзлоты на основе космических снимков среднего и высокого разрешения [Текст] / Ю.М. Полищук, А.Н. Богданов, И.Н. Муратов // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса.* – 2016. – Т. 13. – № 6. – С. 224–232.
4. Cael, B.B. The size-distribution of Earth's lakes [Текст] / B.B. Cael, D.A. Seekell // *Sci. Rep.* – 2016. – No. 6. – P. 29633.
5. Викторов, А.С. Основные проблемы математической морфологии ландшафта [Текст] / А.С. Викторов. – М.: Наука, 2006. – 252 с.

## **ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГИС В ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ КОНТРОЛЯ ЛЕСОПОЖАРНОЙ ОБСТАНОВКИ ПО ФЕДЕРАЛЬНЫМ ОКРУГАМ**

*С.В. Семькин, М. И. Аникин  
Группа компаний ИНКОМ,  
г. Томск*

---

Контроль лесопожарной обстановки в субъектах федерального округа Российской Федерации является одной из важнейших задач департаментов лесного хозяйства по федеральным округам. Специализированная информационно-аналитическая система, функционирующая в виде веб-сайта, позволяет оперативно получать необходимые сведения в требуемом объеме с помощью трех видов мониторинга: наземного, авиационного и космического, с целью последующего их анализа и формирования управленческих решений по ликвидации лесных пожаров. Решение данного комплекса задач невозможно представить без картографической подсистемы.

Картографическая подсистема информационно-аналитической системы контроля лесопожарной обстановки по федеральным округам предназначена для хранения, импорта, экспорта, анализа и визуализации пространственных данных, а также отображения аналитических данных в разрезе объектов мониторинга (субъектов федерального округа Российской Федерации).

Картографическая подсистема разработана с применением открытой ГИС-платформы GeoServer и обеспечивает следующие сервисы:

- картографический сервис – доступ к тематическим слоям карт, к атрибутивной информации объектов слоёв, а также общие функции ГИС, такие как масштабирование, перемещение, измерение метрических характеристик, настройка наборов и слоёв, печать;
- сервис изображений – предоставляет доступ к набору растровых данных;
- сервис геообработки – реализует некоторые возможности анализа пространственных данных.

Для расширения возможностей геопортала имеется возможность его интеграции как с настольными решениями, так и с внешними информационными системами с целью обмена геоданными с использованием сервисов стандарта OGC: WMS, WFS, WCS, WMTS. Ведется база метаданных, содержащая описание базовых и тематических пространственных данных (наименование, дата последнего обновления или интервал обновления, адрес сервиса, имя слоя и другие необходимые атрибуты).

Картографическая подсистема взаимодействует с подсистемой безопасности, которая разграничивает доступ пользователей к слоям и наборам слоев.

В качестве базовых слоев (геоинформационной подложки) используются общедоступные слои, такие как Bing спутник, OpenStreetMap, ScanEx спутник, Снимки ESRI, Топокарта ESRI, Топокарта Генштаба 1:200000, Топокарта Росрестра..

В систему различными способами (автоматически, полуавтоматически, в ручном режиме) поступают сведения из субъектов федерального округа:

- карточки лесных пожаров, содержащие такую информацию, как местоположение, площадь пожара, его состояние, количество людей и техники;
- метеоданные с прогнозом погоды на 5 дней;
- классы пожарной опасности;
- сведения о работе противопожарных мероприятий
- информация о работе воздушных судов и многое другое.

Картографическая подсистема обеспечивает дальнейшую обработку и анализ поступивших данных. Например, на рисунке 1 представлена карта распределения плотности пожаров по их площади за 2016 год.

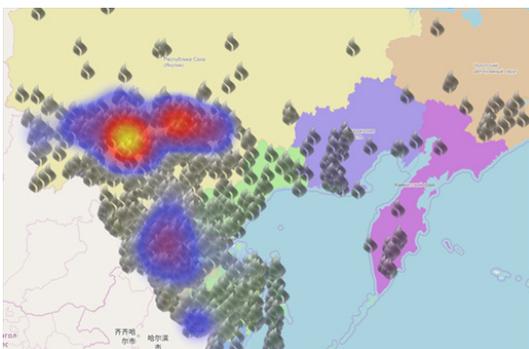


Рисунок 1 – Карта плотности лесных пожаров по площади

Помимо данных, получаемых средствами наземного и авиационного мониторинга, система использует различные сторонние сервисы космического мониторинга лесных пожаров, в частности FIRMS MODIS, FIRMS VIIRS, ИСДМ-Рослесхоз. С помощью временного и пространственного сопоставления реализована задача сравнения площади лесного пожара по данным субъекта РФ с площадью термической точки космического мониторинга (рисунок 2).

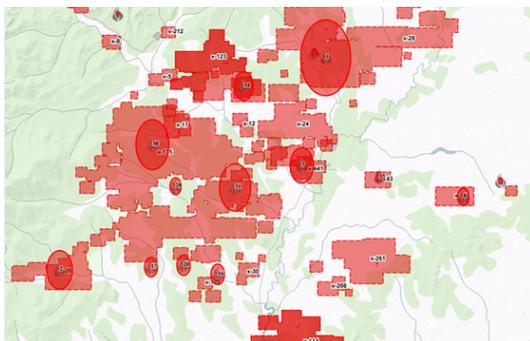


Рисунок 2 – Сопоставление площадей лесного пожара по данным субъекта РФ с данными космического мониторинга

Одной из важнейших задач, решаемых картографической подсистемой, является отображение первичных показателей (площадь или количество пожаров, количество людей или техники, и др.) и комплексных индикаторов (рассчитываемые по формулам значения, например доля выгоревшей лесной площади) на упрощенных электронных картах – картосхемах, отображающих выбранный показатель в виде автоматической цветовой раскраски субъектов федерального округа в зависимости от значения и соответствующей шкалы напряженности выбранных данных, с возможностью просмотра показателей и комплексных индикаторов за различный период времени (рисунок 3).

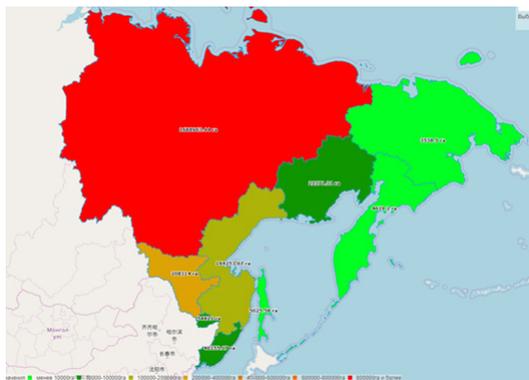


Рисунок 3 – Картосхема «Общая площадь, пройденная лесными пожарами с начала года»

Таким образом, эффективное применение геоинформационных технологий обеспечивает рост качества информационной поддержки по принятию управленческих решений по борьбе с лесными пожарами, повышение эффективности работ по контролю субъектов федерального округа Российской Федерации.

Научное издание

**Геоинформационные технологии в  
решении задач рационального  
природопользования**

Материалы III Всероссийской научно-практической  
конференции

Оригинал-макет подготовлен типографией ООО «Техно-Ком».

Подписано в печать 12.10.2017.

Формат А5. Гарнитура Arial. Усл. п. л. 9,25.

Тираж 100 экз. Заказ № 1539.

Отпечатано в типографии ООО «ТехноКом».

628012, Ханты-Мансийский автономный округ, г. Ханты-Мансийск,  
ул. Промышленная, 13