



История науки и техники

10-2015

ISSN 1813-100X

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

СОДЕРЖАНИЕ

Гансвинд И.Н.

Научному геоинформационному центру РАН – 25 лет 3

Лебедев В.В.

Геоинформационное пространство России 10

Лебедев В.В.

Опыт решения задач контроля и управления природно-техногенными
системами в развитии концепции создания региональных
геоинформационных комплексов 22

Гансвинд И.Н.

О проектировании систем космического мониторинга 29

Бадалян А.М., Бруни И.Е., Воробьев А.Ю., Еремин В.М.,

Лебедев В.В., Харитонов В.А.

Моделирование энергоэкологических характеристик транспортных потоков
в городах по материалам дистанционного мониторинга 38

Филиппов Д.В.

Применение аэросъемки с беспилотных летательных аппаратов
для исследования состояния автомобильных дорог 52

Горохова И.Н.

Выявление почвенно-экологических проблем урбанизированных территорий
на основе дистанционного мониторинга 59

Лебедев В.В., Горохова И.Н., Куприянова Е.И., Харитонов В.А.

Разработка экологической геоинформационной системы Московской
кольцевой автомобильной дороги (гис ЭкоМКАД) 73

Лебедев В.В., Гансвинд И.Н., Горохова И.Н., Куприянова Е.И.,

Прокуронов И.Б., Харитонов В.А.

Структура баз данных экологических
информационно-управляющих систем 84

Миловский Г.А., Орлянкин В.Н., Ишмухаметова В.Т.

Космогеологическое прогнозирование месторождений нефти и газа
на севере Сибири 92

Учредитель и издатель:

ООО Издательство «Научтехлитиздат»
Журнал зарегистрирован в Министерстве РФ по
делам печати, телерадиовещания
и средств массовых коммуникаций
Свидетельство о регистрации СМИ ПИ №77-9353

Подписные индексы: ОАО «Роспечать» 80678
«Пресса России» 45165

Главный редактор:
доктор технических наук, профессор
Т.Г. САМХАРАДЗЕ

Главный редактор данного тематического выпуска:
доктор технических наук, профессор, чл.-корр. РАН,
заслуженный деятель науки РФ
В.В. ЛЕБЕДЕВ

Редакция: Е.А. Боброва, В.А. Бузановский,
В.Б. Гончарова, С.В. Мазурова, Ю.С. Паляева,
В.С. Сердюк, И.Ю. Шабловская

Редакционная коллегия:

Бурдин Е.А., д-р ист. наук, проф. (Россия)
Верецагин А.С., д-р ист. наук, проф. (Россия)
Дзмихов К.Ф., д-р ист. наук, проф. (Россия)
Ламин В.А., д-р ист. наук, проф., чл.-корр. РАН
(Россия)
Лубков А.В., д-р ист. наук, проф. (Россия)
Метрели Р.В., д-р ист. наук, проф., акад. НАН
(Грузия)
Шелегина О.Н., д-р ист. наук (Россия)
Гучева А.В., канд. ист. наук (Россия)
Куперитох Н.А., канд. ист. наук (Россия)
Акопян А.З., д-р философ. наук, проф. (США)
Вавилина Н.Д., д-р соц. наук, проф. (Россия)
Игнатушина И.В., канд. физ.-мат. наук, доц.
(Россия)
Ильин В.А., д-р физ.-мат. наук, проф. (Россия)
Карась И.В., д-р физ.-мат. наук, проф. (Украина)
Малых А.Е., д-р физ.-мат. наук, проф. (Россия)
Носов Ю.Р., д-р техн. наук, проф. (Россия)
Орлов С.Б., д-р соц. наук, проф. (Россия)
Рыбин В.М., д-р техн. наук, проф. (Россия)
Темботова Ф.А., д-р биол. наук, чл.-корр. РАН
(Россия)
Удалова Е.А., д-р техн. наук, проф. (Россия)
Щербаков Н.С., д-р техн. наук, проф. (Россия)
Шкабардия М.С., д-р техн. наук, проф. (Россия)

Дизайн и верстка

Ю.С. Паляева

Адрес редакции:

107258, Москва, Алымов пер., д. 17, корп. 2

Тел.: (499) 168-04-95

Факс (499) 168-23-58

E-mail: intstg@mail.ru; intstg@rambler.ru

Подписано в печать 21.09.2015 г.

Формат 60х88 1/8. Бумага кн.-журн.

Печать офсетная. Усл.-печ. л. 14,1.

Уч.-изд. л. 14,3. Заказ № 862. Тираж 4800 экз.

Публикация статей бесплатная.

Поступающие в редакцию статьи рецензируются.
Статьи соискателей ученых степеней (аспирантов и
докторантов любой формы обучения) при поступлении в
редакцию положительной рецензии, публикуются вне очереди.
Материалы, опубликованные в настоящем журнале, не
могут быть полностью или частично воспроизведены,
тиражированы и распространены без письменного согласия
редакции.

При цитировании и перепечатке отдельных частей статей
ссылка на номер, год, название статьи и ее автора (ов),
опубликованной в журнале обязательна.

Права авторов защищены действующими в России
законодательными нормами.

Издатель: ООО Издательство «Научтехлитиздат»,
107258, Москва, Алымов пер., д. 17, корп. 2

Оригинал-макет и электронная версия подготовлены
ООО Издательство «Научтехлитиздат»

Отпечатано в типографии

ООО Издательства «Научтехлитиздат», 107258, Москва,
Алымов пер., д. 17, корп. 2



History

of Science and Engineering

10-2015

ISSN 1813-100X

CONTENTS

Gansvind I.N.

Scientific Geo-Information Center RAS – 25 years 3

Lebedev V.V.

Geoinformation Space of Russia 10

Lebedev V.V.

Experience in Solving Problems of the Control and Management of Natural
and Man-made systems in the Development of the Concept of Creating
Regional Geographic Information Systems (RGIK)..... 22

Gansvind I.N.

Remote Sensing Desingn 29

Badalyan A.M., Bruny I.E., Vorobyev A.Y., Eremin V.M.,

Lebedev V.V., Charitonov V.A.

Simulation of Energy and Ecological Characteristics of the Traffic Flow
in Cities Based on Remote Monitoring..... 38

Filippov D.V.

Application of Aerial Photography from Aerial Drones to Study the State of
Automobile Roads 52

Gorokhova I.N.

The Solid-Ecological Problem of Urban Territories Detection Based
on Remote Monitoring..... 59

Lebedev V.V., Gorokhova I.N., Kupriyanova E.I., Charitonov V.A.

Development of Environmental Geoinformation Systems
Moscow Ring Road (Gis Ecomkad) 73

Lebedev V.V., Gansvind I.N., Gorokhova I.N., Kupriyanova E.I.,

Prokuronov I.B., Charitonov V.A.

The Structure of the Database of Environmental Information
and Management Systems..... 84

Milovsky G.A., Orlyankin V.N., Ishmukhametova V.T.

Geospatial Forecasting of Oil and Gas Fields in the North of Siberia..... 92

Rules of Consideration, Publication and Review Articles 105

Founder and Publisher:

Ltd. Publisher «Nauchtehlitizdat»
The journal is registered with the Ministry of
Press, Television, Radio
and Mass Communications

Certificate of Registration of Media PI №77-9353

Subscription indices:

The public corporation «Rospechat» 80678
«Pressa Rossii» 45165

Editor-in-chief:

Doctor of Techn. Science, Professor
T.G. SAMKHARADZE

The Chief Editor of this Thematic Issue:

Doctor of Techn. Science, Professor, Corresponding Member of
the Russian Academy of Sciences, Honored Worker of Science
Russia **V.V. LEBEDEV**

Editorial staff: E.A. Bobrova, V.A. Buzanovskiy, V.B.
Goncharova, S.V. Mazurova, Yu.S. Palyaeva,
V.S. Serdyuk, I.Y. Shablovskaya

Editorial board:

Buridin Ye.A., Doctor of Historical Sciences, Professor (Russia)
Vereshchagin A.S., Doctor of Historical Sciences, Professor
(Russia)

Dzamikhov K.F., Doctor of Historical Sciences, Professor
(Russia)

Lamin V.A., Doctor of Historical Sciences, Professor,
Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences
(Russia)

Lubkov A.V., Doctor of Historical Sciences, Professor (Russia)

Metreveli R.V., Doctor of Historical Sciences, Professor,
Academician of the National Academy of Sciences of Georgia
(Georgia)

Shelegina O.N., Doctor of Historical Sciences (Russia)

Gucheva A.V., Cand. of Historical Sciences (Russia)

Kupershtokh N.A., Cand. of Historical Sciences (Russia)

Akopyan A.Z., Doctor of Philosophy, Professor (USA)

Vavilina N.D., Doctor of Social Sciences, Professor (Russia)

Ignatushina I.V., Cand. of Physical and Mathematical Sciences,
Associate Professor (Russia)

Ilin V.A., Doctor of Physical and Mathematical Sciences,
Professor (Russia)

Karas I.V., Doctor of Physical and Mathematical Sciences,
Professor (Ukraine)

Malykh A.Ye., Doctor of Physical and Mathematical Sciences,
Professor (Russia)

Nosov Yu.R., Doctor of Technical Sciences, Professor (Russia)

Orlov S.B., Doctor of Social Sciences, Professor (Russia)

Rybin V.M., Doctor of Technical Sciences, Professor (Russia)

Tembotova F.A., Doctor of Biological Sciences, Corresponding
Member of the Russian Academy of Sciences (Russia)

Udalova Ye.A., Doctor of Technical Sciences, Professor (Russia)

Shcherbakov N.S., Doctor of Technical Sciences, Professor
(Russia)

Shkabardnya M.S., Doctor of Technical Sciences, Professor
(Russia)

Design and Layout: **Yu.S. Palyaeva**

Sent to the press: 21.09.2015.

Format 60x88 1/8. Text magazine paper.

Offset printing.

14,1 conventional printer's sheets.

The order № 862

Circulation: 4800 copies.

Editorial office address:

107258, Moscow, Alymov per., 17, bldg. 2

Phone: (499) 168-04-95

Fax: (499) 168-23-58

E-mail: intstg@mail.ru; intstg@rambler.ru

Publisher: Ltd. Publisher «Nauchtehlitizdat»,

107258, Moscow, Alymov per., 17, bldg. 2

The layout and the electronic version

of the journal are made by

Ltd. Publishing House «Nauchtehlitizdat»

Printed in

Ltd. Publishing House «Nauchtehlitizdat», 107258, Moscow,
Alymov per., 17, bldg. 2

И.Н. Гансвинд

ведущий инженер лаборатории Систем
космического мониторинга
Научный геоинформационный центр РАН
Москва, Российская Федерация
E-mail: mail@ngic.ru

НАУЧНОМУ ГЕОИНФОРМАЦИОННОМУ ЦЕНТРУ РАН – 25 ЛЕТ

Представлена история создания и становления Научного геоинформационного центра РАН. Изложена концепция организации геоинформационного пространства России на основе объединенных в сеть региональных геоинформационных комплексов. Приведены сведения об основных направлениях научной деятельности Центра в области аэрокосмического обеспечения рационального и экологически безопасного природопользования, о разработанных геоинформационных технологиях для решения крупных тематических задач регионального уровня.

Ключевые слова: рациональное природопользование; аэрокосмические методы и геоинформационные технологии; геоинформационное пространство России.

I.N. Gansvind

Leading engineer of laboratory space
monitoring systems
Scientific Geo-Information Center RAS
Moscow, Russian Federation
E-mail: mail@ngic.ru

SCIENTIFIC GEO- INFORMATION CENTER RAS – 25 YEARS

The history of creation and the formation of geoinformation Scientific Center RAS. It outlined the concept of the organization of geoinformation space of Russia on the basis of networked regional geographic information systems. Information is given about the main directions of scientific activities of the Centre in the field of aerospace ensure the rational and environmentally sound natural resources, developed a geographic information technology to solve major region-wide problems.

Keywords: harmonious exploitation; aerospace methods and GIS technologies; Geo-information Space of Russia.

Начало истории НГИЦ РАН связано с обращением в Президиум РАН доктора технических наук, летчика-космонавта СССР В.В. Лебедева 10 марта 1989 г. с предложением о создании Научного геоинформационного центра с целью повышения эффективности использования аэрокосмических систем в интересах развития отечественных геоинформационных технологий. В 1989 г. президент АН СССР академик Г.И. Марчук и вице-президент АН СССР, Председатель Государственного Комитета СССР по науке и технике академик Н.П. Лаверов приняли решение о поэтапном создании в Москве Научного геоинформационного центра АН СССР. После завершения его организации Центр должен

стать научно-методической базой для проведения исследований Земли новейшими аэрокосмическими средствами, оптимизации параметров бортовой аппаратуры, наземного комплекса обработки информации для решения природно-ресурсных и экологических проблем, а также для подготовки специалистов высшего класса в указанных областях, включая специальную подготовку космонавтов-исследователей АН СССР. В конце года решением президента Академии наук СССР академика Г.И. Марчука при Институте географии АН СССР был образован Научный геоинформационный центр, а В.В. Лебедев назначен заместителем директора ИГАН по науке с возложением на него обязанностей руководителя

Центра. В качестве самостоятельной организации на правах института Научный геоинформационный центр образован Постановлением Президиума АН СССР № 56 от 26 февраля 1991 г. в составе Отделения геологии, геофизики, геохимии и горных наук. Постановлением Президиума РАН № 131 от 2 июля 1996 г. и № 153 от 21 мая 2002 г. переведен в состав Отделения энергетики, машиностроения, механики и процессов управления.

Поиски решения проблемы повышения эффективности использования аэрокосмических средств основаны в работах Центра на том, что возможности дистанционных методов для исследования природных ресурсов, охраны окружающей среды, предупреждения чрезвычайных ситуаций, расширения знаний о Земле могут быть использованы в полной мере на основе создания целостной системы мониторинга, охватывающей проектирование космического сегмента и комплекса приема, сбора, обработки данных и обеспечение информацией пользователей.

Под руководством В.В. Лебедева была разработана концепция создания региональных геоинформационных комплексов (РГИК) как ядра формирования геоинформационного пространства России. Стране с огромной территорией и неравномерно развитыми в социально-экономическом отношении регионами требуется единая информационная среда, чтобы оценивать степень устойчивости развития по всем составляющим, к которым относятся природные ресурсы, экономический потенциал, демографическая ситуация, трудовые ресурсы, качество жизни населения. Владение космической и наземной информацией с использованием современных информационных технологий позволит на общегосударственном и региональном уровне разрабатывать сценарии развития территорий, всесторонне оценивая краткосрочные и отдаленные последствия принятия управленческих и социально-экономических решений с учетом природных факторов и рисков от воздействия техногенной нагрузки на окружающую среду. Научно обоснованное природопользование опирается на трансрегиональный принцип обеспечения экологической устойчивости и нуждается в систематизированных

знаниях о природных объектах и процессах их взаимодействия с обществом.

Фундаментальные и прикладные исследования, проводимые в НГИЦ РАН, лежат в области изучения проблемы создания региональных геоинформационных комплексов, которые призваны обеспечивать актуальной пространственной информацией широкий круг пользователей, позволяя объективно оценивать состояние территории региона, его возможности и ресурсы. Источниками информации для РГИК могут служить съемочные системы спутников дистанционного зондирования Земли в различных диапазонах спектра – видимом, инфракрасном, микроволновом, радиолокационном совместно с инструментальными данными наземных сетей наблюдений – сейсмологических, геодинамических, метеорологических, гидрологических с использованием информации кооперированных банков данных территориальных организаций разной подчиненности. Для решения задачи формирования информационной среды РГИК должен располагать аппаратурой приема дистанционной информации, программно-аппаратными средствами ее обработки, автоматизированной интерпретации и архивирования, моделями процессов изменения окружающей среды и природно-технических комплексов.

Учет интересов широкого круга пользователей информационных продуктов в самых разных прикладных и научных областях явится стимулом для развития космического и наземного сегмента, привлекая средства экономически самостоятельных регионов в обмен на учет требований к качеству информационных услуг и обеспечению доступа к ним.

Реализуя этот подход, Центр совместно с Государственным космическим научно-производственным центром (ГКНПЦ) им. М.В. Хруничева и Научно-производственным АО (НПАО) «Элас» в рамках проекта «Космический мониторинг» разработал инженерные предложения по развитию Российской территориальной распределенной информационной сети на базе унифицированного ракетно-космического комплекса с малыми космическими аппаратами.

Участие в федеральных программах «Глобальные изменения природной среды и климата», «Возрождение Волги», программе РАН «Недра Земли: познание, освоение, обеспечение» позволило поставить и решать ряд задач, типичных для большинства регионов России [1].

Частью проблемы развития РГИК является, кроме того, задача создания геоинформационных систем малых городов, которые составляют основу России и отличаются разнообразием природно-хозяйственных условий с преобладанием одного или немногих факторов, влияющих на их социально-экономическое положение, таких как состояние градообразующего предприятия, географическое положение, близость или удаленность от крупного города, тенденции в экологии и т.д. Эти особенности обуславливают специфику задач муниципальных геоинформационных систем малых городов, объединяющих источники информации о деятельности различных служб города и района, городских объектах и окружающей среде. Экологические проблемы малых городов связаны с техногенным загрязнением атмосферы, почв и источников водопользования. Исследования загрязнения атмосферы г. Пласт Челябинской области выбросами обогатительной фабрики, техногенной нагрузки на уязвимую среду тундры при освоении Ямбургского газоконденсатного месторождения привели к разработке методов создания проблемно-ориентированных ГИС.

В связи с созданием муниципальной геоинформационной системы Киржачского района Владимирской области в НГИЦ РАН была разработана в качестве ее составного элемента ГИС «Паводок», включающая в себя блок природных элементов, гидрологических моделей и карт затопления территорий, блок промышленных, сельскохозяйственных предприятий, коммуникаций и жилых строений, расположенных в зоне затопления 1 % обеспеченности и в зоне воздействия паводка, блок информации о населении зоны затопления и зоны риска и блок управления чрезвычайной ситуацией. Центральное место в ГИС «Паводок» занимает построение электронных карт затопленных территорий паводками различной

обеспеченности с использованием тематических карт (геоморфологических, почвенных и других) и дешифрирования материалов аэро- и космических снимков с привязкой к топографической основе.

Опираясь на опыт создания ГИС малых городов, НГИЦ РАН в 1997–2000 гг. перешел к выполнению крупных проектов, при этом, выдерживая непростую конкуренцию, создал экологическую ГИС Московской кольцевой автомобильной дороги (МКАД) и выполнил комплекс работ по мониторингу транспортных потоков Москвы на основе экспериментальной аэрофотосъемки и геоинформационных технологий. ГИС «ЭкоМКАД» была разработана в рамках программы «Наука Москве» по заказу Москомприроды для оценки состояния природной среды в зоне влияния МКАД. Работа выполнялась на основе дистанционного мониторинга и наземных материалов с участием ученых и специалистов из МГУ, ИПУ РАН, Федерального кадастрового центра «Земля», НИИ природы, НИИ-29 МО и др. Обследование проводилось в двухкилометровой зоне вдоль МКАД, тесно соприкасающейся с жилыми районами Москвы, промышленными зонами и пригородами. База данных ГИС «ЭкоМКАД» состоит из отдельных блоков планово-высотной основы – геологический, почвенный, поверхностных вод, растительного покрова и других, вплоть до статистики детских заболеваний в зоне МКАД, включает в себя цифровой фотоплан трассы, более пятидесяти тематических электронных карт, экологические паспорта предприятий, качественный состав и количественное содержание загрязняющих веществ в атмосфере, почвах, водах и растительности. ГИС «ЭкоМКАД» успешно демонстрировалась на выставках Президиума РАН и международной выставке «Человек, город и окружающая среда», где получила высокую оценку специалистов и почетный диплом от мэра Москвы.

Во исполнение распоряжений мэра Москвы 1999–2001 гг. «О проведении комплексного обследования условий дорожного движения на улично-дорожной сети Москвы» по поручению Управления транспорта и связи Правительства Москвы НГИЦ РАН выполнил

с помощью специальной аэрофотосъемки дистанционное обследование транспортных потоков центра Москвы в апреле 1999 г., в ноябре 1999 г. – шестнадцати основных радиальных и кольцевых магистралей города (Садового, Бульварного и Кремлевского колец), а в июне 2001 г. – трассы Третьего транспортного кольца (совместно со специалистами НИИПИ Генплана, ГИБДД, ГУВД, ЦИТИ, ФКЦ «Земля», Мосгоргеотреста, НПП «Аэросъемка» и ФГУ «Госкадастраэросъемка»). Стояла задача – оценить интенсивность движения, плотность транспортных потоков, среднюю временную и пространственную скорость автомобилей. В дополнение к этим характеристикам было оценено соотношение легковых, грузовых машин и общественного транспорта в потоке, эффективная ширина проезжей части с учетом припаркованных машин, а также объекты притяжения транспорта (терминалы, рынки и т.п.), зоны гаражной застройки (инвентаризация) и другие параметры.

Была разработана методика специальной аэрофотосъемки с разрешением до 10 см и привязкой снимков по данным навигационной системы GPS и технология дешифрирования снимков. На основе материалов о параметрах транспортных потоков были разработаны исходные данные для автоматизированной системы управления городским движением «Старт», проектирования дорожной сети, а также для моделирования различных ситуаций на дорогах. Знание параметров транспортных потоков позволило создать методику оценки выбросов вредных веществ в атмосферу вдоль магистралей, акустического фона с учетом особенностей застройки улиц и их аэродинамики [1].

Столь масштабные исследования позволили впервые получить объективную точную информацию о транспортном комплексе, скорректировать данные наземных исследований. Методы и результаты работ неоднократно рассматривались на транспортной комиссии Правительства Москвы, а в 2000 г. – на заседании Правительства получили высокую оценку.

По заказу Департамента природопользования и охраны окружающей среды в период с 2001 по 2005 гг. были созданы геоинформационные системы зеленых насаждений

Центрального и Северо-Восточного округов города, разработана технология дистанционного мониторинга зеленых насаждений городских территорий с использованием материалов детальной цветной аэрофотосъемки. Основными ее элементами являются: создание цифрового аэрофотоплана масштаба 1:1 000 с привязкой улиц и домов; компьютерное дешифрирование и классификация насаждений; создание тематических карт растительности на единой государственной картографической основе Москвы и автоматизированной базы данных с учетом требований экологии и паспортизации озелененных территорий. Цветная аэрофотосъемка, выполненная с мая по сентябрь, позволила оценить состояние зеленых насаждений. С помощью ГИС проведен анализ разнородной информации: дистанционной, наземной (лесо-таксационной, ландшафтной и т.д.), картографической (архитектурно-планировочной и пр.) в целях планирования озеленения (замены поврежденных деревьев, кустов, газонов на новые) и проектирования новых зеленых насаждений с учетом жилищного строительства с расчетом необходимого баланса площадей, занятых и не занятых зелеными насаждениями, и удельной площади озелененных территорий на одного жителя. Эта информация необходима для выбора рациональных градостроительных решений.

Переход к рыночным отношениям в российской экономике повлиял на состояние водохозяйственной инфраструктуры и устойчивость ее функционирования, создал серьезные проблемы в обеспечении населения водой надлежащего качества [1].

Несмотря на то, что водным законодательством в водоохраных зонах, территориях, примыкающих к акваториям рек, озер, водохранилищ и других водных объектов, установлен специальный режим использования и охраны природных ресурсов, правила ведения хозяйственной деятельности в их пределах часто грубо нарушаются. В последнее время нарушения приобрели такой характер, что в водоохраных зонах отводятся земли под дачное строительство, вырубается леса, загрязняется и уничтожается травяной покров. Поэтому существует острая необходимость ведения

постоянного экологического мониторинга в пределах водоохранных зон.

На протяжении ряда лет в НГИЦ РАН проводятся исследования в рамках задачи создания экологических ГИС водоохранных зон. Главным источником информации служила аэрокосмическая фотосъемка с учетом требований к бортовым съемочным системам для реализации дистанционного мониторинга экологического состояния водохранилищ питьевого водоснабжения [2]. Дешифрирование космических снимков с разрешением 1 м совместно с топографической основой позволило распознавать основные природные и антропогенные объекты, расположенные в водоохранной зоне, характер хозяйственного использования земель и основные негативные процессы (затопление и подтопление, трансформация почв и растительности, заболачивание побережья, роста площадей мелководий, неблагоприятных факторов хозяйственной деятельности).

Основным источником водоснабжения Москвы является Волжский, который представляет собой каскад из шести водохранилищ – Ивановское, Икшинское, Пестовское, Пяловское, Клязминское и Учинское (Акуловское) с двумя водопроводными станциями – Восточной и Северной.

Разработка геоинформационных систем Клязминского водохранилища (ГИС «ЭкоКлязма») создала предпосылки для формирования унифицированного подхода к оценке экологических ситуаций на территориях водоохранных и санитарных зон водохранилищ комплексного использования.

В рамках государственной программы Минобрнауки «Возрождение Волги» в 1997 г. разработана технология составления синтезированных карт динамики экосистем и многопараметрических карт состояния природной среды, предназначенных для анализа причинно-следственных связей, прогноза развития негативных процессов. Данная технология нашла применение при составлении прогнозов объема стоков весеннего половодья 1999 г. на малых реках бассейна р. Москвы с привязкой данных о наблюдаемых запасах воды в снежном покрове, глубине промерзания и влажности почвы к ландшафтным комплексам вместе

с топографической основой. Полученная итоговая компьютерная карта прогноза величин объемов паводкового стока (в мм слоя стока) визуализирует паводковую ситуацию в бассейне и позволяет получать прогноз величины стока за половодье практически в любом створе любой реки. Апробация модели проводилась на одиннадцати реках бассейна р. Москвы. Число подтвердившихся прогнозов по ним составило 72 %, что позволяет оценивать сток в створах рек, где не проводятся систематические наблюдения. Многопараметрический анализ дополняет методику расчета стока в бассейнах рек равнинной России, применяемую в Гидрометцентре РФ [1]. По заказу Министерства науки и технологий РФ по федеральной программе «Глобальные изменения природной среды и климата» выполнены исследования изменения состояния природной среды побережья Каспия, связанные с колебаниями уровня моря. Унифицированная компьютерная технология сопряженного многопараметрического анализа данных дистанционной и картографической информации по состоянию и динамике геосистем успешно применялась в работах АО «Оргэнергогаз», Москомприроды и др.

Наработанный опыт позволил в 2003–2006 гг. выполнить проект «Создание экологической геоинформационной системы водоохранной зоны Ивановского водохранилища», самого крупного источника водоснабжения Москвы, в рамках заказа Федерального агентства по науке и инновациям. Проведен системный анализ взаимосвязанных природных и социально-экономических процессов, влияющих на экологическое состояние водохранилища и его окружения. В результате исследования получены интегральные характеристики экологического состояния водохранилища и оценки способности геологической среды к самоочищению, что позволило обосновать границы водоохранной зоны, разработать комплекс защитных мероприятий и рекомендации для МПР РФ, Центроводхоза РФ и ФГУП по эксплуатации водохранилища [2]. Эта работа в 2010 г. была отмечена Национальной экологической премией фонда имени В.И. Вернадского в номинации «Экология города».

В последнее время потребности интеграции и обновления данных о состоянии территории и ее природных ресурсов привели к созданию региональных центров, использующих современные информационные технологии дистанционного мониторинга. Например, в г. Ханты-Мансийске – Югорский НИИ информационных технологий, располагающий крупным приемным комплексом спутниковой информации и суперкомпьютерным центром. Он проводит мониторинг состояния лесного хозяйства, аварийных разливов нефти и нефтепродуктов на почве, изменений береговых линий вследствие активных русловых процессов, создана модель зон возможного затопления территории ХМАО-Югра при угрозе наводнений.

В конце 2014 г. Комитетом по агропромышленному и рыбохозяйственному комплексу Ленинградской области создан геоинформационный центр. Одной из его задач является оценка состояния сельскохозяйственных земель, проведение дистанционного мониторинга растительности по спутниковым снимкам путем расчета вегетационного индекса не реже четырех раз за вегетационный период. Проводится интеграция информационных систем комитетов и ведомств администрации региона в единую интерактивную карту, чтобы в реальном времени получать объективную информацию о ресурсах, социальных и экономических объектах области.

Во Владивостоке работает Центр коллективного пользования спутникового мониторинга окружающей среды институтов Дальневосточного отделения РАН, в г. Хабаровске – филиал НИЦ «Планета» и Центр данных ДВО РАН, осуществляющий сбор, обработку, хранение инструментальных данных сетей наблюдений – сейсмологических, геодинамических, видеонаблюдений.

Многолетнее изучение космической деятельности в области дистанционного зондирования Земли и работы экипажей на орбитальных станциях («Салют», «Мир», МКС) позволило разработать предложения по моделированию марсианского полета на околоземной орбите в специализированном модуле МКС. По поручению президента РАН Ю.С. Осипова они рассматривались на Секции ученого совета

Института медико-биологических проблем РАН, ответственного за эксперимент «Марс-500» по имитации пилотируемого полета на Марс и были одобрены в качестве одного из этапов программы подготовки к такому полету.

В 2008 г. НГИЦ РАН разработал и направил в СБ РФ предложения по использованию GRID-технологий для формирования единого геоинформационного пространства России. В целях интеграции и обновления данных о состоянии территорий необходимо создать инфраструктуру пространственных данных как иерархически упорядоченную систему – единую сеть региональных и ведомственных геоинформационных центров, оснащенных средствами получения, обработки, обмена дистанционной и наземной информации, основанными на общих стандартах. Решение столь масштабной государственной задачи может стать фундаментом обеспечения национальной безопасности в сфере природопользования, даст импульс развитию и самих GRID-технологий в этом направлении.

Концепция формирования единого геоинформационного пространства России, объединяющего региональные геоинформационные комплексы в GRID-среде, как и опыт работы НГИЦ РАН в области геоинформационных технологий, получили признание на уровне государственного управления и нашли отражение в итоговом документе Совета безопасности Российской Федерации по проекту «Основы государственной политики в области создания и применения суперкомпьютерных и GRID-технологий».

Список литературы

1. Проблемы создания региональных геоинформационных комплексов и опыт решения прикладных задач на основе аэрокосмической информации / Отв. ред. В.В. Лебедев. М.: Наука, 2002. 239 с.
2. Лебедев В.В., Гансвинд И.Н. Проектирование систем космического мониторинга. М.: Наука. 2010. 388 с.

References

1. Problemy sozdaniya regionalnykh geoinformatsionnykh kompleksov i opyt resheniya prikladnykh zadach na osnove aerokosmicheskoy informatsii. Otв. red. V.V. Lebedev [The Development problems of Regional Geoinformation complexes and solution of applied problems based on aerospace information. To

10-year of SGIC. Edited by corresponding member of RAS V.V. Lebedev]. M.: Nauka [Moscow: Publishing House «Science»]. 2002. 239 p.

2. Lebedev V.V., Gansvind I.N. *Proektirovanie sistem kosmicheskogo monitoringa* [Remote sensing design]. M.: Nauka [Moscow: Publishing House «Science»]. 2010. 388 p.



Информация об авторе

Гансвинд Игорь Николаевич, ведущий инженер лаборатории Систем космического мониторинга
Научный геоинформационный центр РАН
119019, Москва, Российская Федерация, Новый Арбат, 11
E-mail: mail@ngic.ru

Information about author

Gansvind Igor Nikolaevich, Leading engineer of laboratory space monitoring systems
Scientific Geo-Information Center RAS
119019, Moscow, Russian Federation, Novy Arbat st., 11
E-mail: mail@ngic.ru

В.В. Лебедев

директор, доктор технич. наук, член-
корреспондент РАН

Научный геоинформационный центр РАН
Москва, Российская Федерация
E-mail: mail@ngic.ru

ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ПРОСТРАНСТВО РОССИИ

Как никакой другой стране в мире, России необходимо организованное геоинформационное пространство, т.е. систематизированные знания о природных объектах, их пространственном расположении и процессах взаимодействия с обществом. Огромная территория с богатыми природными ресурсами, неравномерное социально-экономическое развитие регионов с их стремлением к экономической самостоятельности требуют полного владения информацией, чтобы комплексно оценивать степень устойчивости развития по всем составляющим, включая экономический потенциал, демографическую ситуацию, качество жизни населения, трудовые ресурсы. Без этого, как считает автор, невозможно всесторонне взвешивать последствия принятых решений и разрабатывать стратегические сценарии.

Ключевые слова: аэрокосмический мониторинг; информационное обеспечение; геоинформационные комплексы.

V.V. Lebedev

the Director, Doctor of Techn. Sciences,
Corresponding Member of the Russian
Academy of Sciences
Scientific Geo-Information Center RAS
Moscow, Russian Federation
E-mail: mail@ngic.ru

GEOINFORMATION SPACE OF RUSSIA

Like no other country in the world, Russia must be organized by the GIS space, i.e. systematic knowledge about natural objects and their spatial arrangement and interaction with society. The vast territory rich in natural resources, uneven socio-economic development of regions with their desire for economic independence require full ownership of the information, to comprehensively assess the degree of sustainability of all components, including economic potential, demographics, quality of life, human resources. Without this, according to the author of the article published below, it is impossible to fully weigh the consequences of decisions and to develop strategic scenarios.

Keywords: Aerospace monitoring; Information technology; Geographic Information Systems.

Развитию информационных технологий, как и ракетной техники, способствовала эпоха холодной войны, но специфика задач в тот период, при всей их масштабности, сдерживала переход к информационной индустрии. К концу XX столетия человечество осознало, что помимо ядерной угрозы существует опасность глобальной экологической катастрофы, оно встало на путь поиска решений проблемы рационального экологически безопасного природопользования и перешло от противостояния к сотрудничеству. Понимание остроты экологической проблемы заставило государства обратиться к технологиям построения глобального геоинформационного пространства. Одна из таких технологий – съемка нашей планеты

из космоса, несущая информацию обо всем земном шаре. На околоземную орбиту выводятся спутники двойного назначения, совершенствуется технология космической съемки Земли, средства автономного приема данных, их обработки и доведения до массового пользователя. Образовался мировой рынок геоинформационных услуг, определивший требования к средствам получения информации и способам ее обработки.

Формированием геоинформационного пространства занимаются все промышленно развитые страны, устанавливая в зависимости от своих интересов его границы, которые, как правило, выходят за рамки государственных. Надежная и достоверная информация дает

огромные преимущества тем, кто ею владеет. Так, при Департаменте сельского хозяйства США имеется отдел зарубежной сельскохозяйственной службы (Foreign Agricultural Service – FAS USDA), целенаправленно ведущий дистанционный мониторинг стран-конкурентов, которые производят сельскохозяйственную продукцию, что позволяет достаточно точно оценивать их возможности.

В отличие от России, в США основным потребителем информационных технологий является государство. Именно оно обеспечивает контрактами крупных производителей компьютерного оборудования и программного обеспечения. Огромные средства уходят на оснащение информационными технологиями вооруженных сил и на обновление программного обеспечения в госсекторе, посредством которого правительство стремится облегчить и ускорить осуществление своих функций. Общий объем рынка информационных технологий в США оценивается в 739 млрд долл., что в 100 раз больше российского, который в 2003 г., по оценкам бывшего Министерства транспорта и связи, достиг 6,8 млрд долл.

Россия на рынке информационных технологий оказалась в роли покупателя-импортера высокотехнологичных товаров и услуг. Из представленных на нашем рынке программных продуктов для обработки данных дистанционного зондирования наибольший спрос находят программы ERDAS Imagine, ER Mapper, ENVI, TNTmips, разработанные фирмами США и Австралии (ER Mapper). Каждая из них имеет полный набор функциональных возможностей для обработки данных всех видов и подготовки их для геоинформационных систем (ГИС). Возможности комплексного анализа, которыми обладают эти и другие программы, например, система Multi Score французской фирмы MATRA Systems & Information, позволяют работать с данными многих природоресурсных спутников (SPOT, LANDSAT, ERS, JERS, RADARSAT и др.), обеспечивая им широкие области применения: охрана окружающей среды, геология, геофизика, лесное хозяйство, кадастры и т.д.

Что касается программного обеспечения отечественных разработчиков, то оно на рынке

представлено специализированными продуктами. Так, ЗАО «Ракурс» предлагает пакет программных средств PHOTOMOD для прецизионной фотограмметрической обработки стереопарных изображений, Инженерно-технологический центр «СканЭкс» создал серию программ для обработки изображений, полученных спектрорадиометрической камерой MODIS и радиометрами ASTER японского производства, индийским спутником IRS и программу ScanEX-Ne-RIS для тематической обработки растровых изображений с помощью алгоритмов нейронных сетей. Можно еще упомянуть программу LESSA фирмы «Ланэко» для анализа линейных элементов изображения.

Утратив многие приоритеты, в том числе и в космосе, Россия сегодня уже не располагает средствами дистанционного зондирования Земли и вынуждена покупать космические снимки. Наш внутренний рынок заполняется снимками с американских спутников, таких как IKONOS (разрешение снимков до 1 м при ширине захвата 11 км) или Quick Bird компании «Digital Globe» (разрешение 0,6 м, при ширине захвата 16,5 км). В 2006 г., когда на орбиту выйдет аппарат WorldView, ситуация для нас может кардинально ухудшиться: на мировой рынок поступят снимки сверхвысокого разрешения (0,5 м) с ежедневным охватом поверхности Земли общей площадью до 500 000 км². Такое положение на рынке геоинформационных услуг, помимо очевидного экономического проигрыша, лишает отечественную космонавтику перспектив развития.

В свое время наша космическая отрасль, скованная рамками политических и военных задач, не придавала значения важности дистанционной информации для широкого круга пользователей с их научными интересами и хозяйственными потребностями. В наши дни ведущие предприятия ракетно-космической отрасли, столкнувшись с острым дефицитом бюджетного финансирования, стали искать источники самофинансирования и пошли на риск, построив на свои средства спутниковые платформы со съемочной аппаратурой «МОНИТОР» (Государственный космический научно-производственный центр им. М.В. Хруничева), «КОНДОР» (НПО машиностроения)

и «РЕСУРС-ДК» (Центральное специальное конструкторское бюро «Прогресс»). Но, решив новые технические задачи, которые для них не представляли профессиональных трудностей, они так и не определились с рынком пользователей. Их проекты до сих пор не реализуются на коммерческой основе, т.к. не произошло рывка в создании технологии получения продукта, позволяющего извлекать из снимка конкретную информацию для специалистов, работающих в той или иной области. Как следствие, нет заказов на съемочные оптоэлектронные и радиолокационные системы, на средства автономного приема и обработки информации, не определены требования к их программному обеспечению. Не сформировав внутреннего рынка, мы лишили себя и внешнего, поскольку на нем уже представлены все виды материалов дистанционного зондирования Земли, сложились связи между поставщиками и потребителями, стандарты качества, появилось специализированное программное обеспечение для обработки изображений. Страна оказалась за пределами информационной индустрии и стала благодатным рынком для заполнения западной информационной продукцией. Не приходится удивляться, что в мировом объеме торговли электронными изделиями удельный вес России составляет 0,04 %, а космической информацией – 2 %.

Наибольшее распространение у нас получили ГИС, ориентированные на персональные компьютеры, с помощью которых можно решать достаточно крупные тематические задачи. Эти системы доступны большинству пользователей и каждая из них завоевала своих приверженцев, сделавших выбор, исходя из собственных задач и финансовых возможностей. К этому классу относятся такие программные продукты, как MapInfo, ArcView, Atlas GIS, Micro Station Geografic, WinGIS, а также отечественные «Панорама», Geograph/Geodraw и Sinteks/Tri, «Парк».

Классические ГИС профессионального уровня предоставляют фирмы INTERGRAPH и ESRI. Эти системы, предназначенные для рабочих станций и сетевого использования, обладают развитыми средствами ввода/вывода и документирования, позволяя

обрабатывать колоссальные объемы информации. Существуют и «урезанные версии» универсальных ГИС, приспособленные для персональных компьютеров с меньшими возможностями и быстродействием.

Общий объем продаж программного ГИС-обеспечения в мире только за 2001 г. составил 1,1 млрд долл. и по сравнению с предыдущим годом вырос на 14,3 %. Первое место по объему продаж занимает компания ESRI (34,6 % общемировых), второе – INTERGRAPH (12,5 %), третье – MapInfo (5,7 %). К нам поступают программные продукты ГИС-технологий разных уровней и версий с быстрой сменой новаций, угнаться за которыми пользователю, имеющему ограниченные средства, невозможно. Будучи не в состоянии обозреть и упорядочить этот поток, мы и здесь лишаем себя перспективы создания единого геоинформационного пространства.

Опорой государства в проведении информационной политики должна служить наука. Академические и отраслевые институты владеют огромными знаниями о территориях, добытыми за счет бюджета и являющимися общенациональным достоянием. Механизма передачи этих знаний заинтересованному пользователю в регионах до сих пор не существует, а организации и институты не желают предоставлять информацию на безвозмездной основе из-за того, что нужды науки игнорируются и она лишена необходимых для развития средств. Востребованность результатов исследований, полученных за счет дополнительного бюджетного финансирования по федеральным программам, таким как «Глобальные изменения природной среды и климата», «Возрождение Волги» и «Электронная Россия», ограничивается чисто научными интересами, а их эффективность для регионов и страны в целом не оценивается.

Регионы хотят владеть разнообразной информацией о своей территории. Для ее объединения необходимы современные технологии и оперативная информация из космических и наземных источников. Однако справиться с этой проблемой им одним не по силам, хотя в регионах и действуют учреждения ведомственного подчинения, но не связанные с региональной

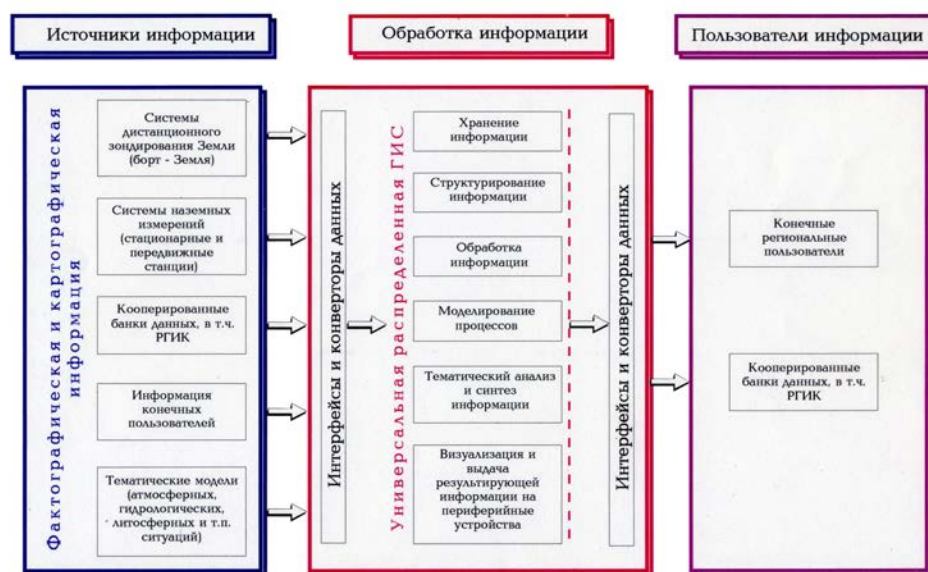


Рис. 1. Принципиальная схема построения регионального геоинформационного комплекса

Рис. 1. Принципиальная схема построения регионального геоинформационного комплекса

структурой ни организационно, ни информационно, например, ГИС-центры Агентства геодезии и картографии, филиалы кадастрового центра «Земля» Федерального агентства кадастра объектов недвижимости. Именно они могли бы стать базовыми организациями в решении этой проблемы, поскольку располагают большим опытом систематизации материалов на основе современных технологий, не говоря уже о сосредоточенной у них информации.

В то же время акционерные компании, занятые интенсивной эксплуатацией недр, стремятся на прямой коммерческой основе приобретать интересующую их территориальную информацию у служб и организаций всех уровней. Компании имеют для этого все необходимое, вплоть до средств приема спутниковой информации, однако сами не идут на информационную отдачу ни регионам, ни федеральным органам, боясь себя от контроля с их стороны. В условиях, когда отсутствует законодательная база, регламентирующая информационный обмен, государство беспомощно в контроле за истинным положением дел с разработкой недр, оно не в состоянии обеспечивать охрану природы, обоснованно вести налогообложение, регулировать социальные вопросы.

Для выхода из этой тупиковой ситуации необходимо принять государственную программу создания региональных геоинформационных центров, цель которой – оснастить регионы техническими средствами получения и оперативного обновления дистанционной и наземной информации, а также базовыми информационными технологиями. Эти центры должны обеспечивать работу на федеральном, региональном и местном уровнях, быть совместимыми по форматам представления данных и программным продуктам, сопрягаться с международными информационными сетями (рис. 1).

Процесс объединения можно бы начать с интеграции существующих баз данных по природоресурсной информации, охватывающей земельные, водные, лесные ресурсы и месторождения полезных ископаемых. Такое начало станет точкой роста информационной структуры в неорганизованной среде, поскольку экономические и социальные проблемы во многом связаны с природопользованием, а оно предполагает поиск и выработку рациональных, объективных решений, опирающихся на достоверную информацию.

Освоение природных комплексов может подсказать направление развития

и совершенствования информационных технологий. В последнее время намечается реализация крупных магистральных проектов: железная дорога на Якутск от Нерюнгри с перспективой продолжения на восток, нефтепроводы Ангарск–Находка и Ангарск–Дацин. Эти магистрали пронизывают природно-территориальные комплексы ряда регионов. Обеспечение крупных проектов надежной информацией с использованием цифровых моделей местности – трехмерных изображений – открывает еще одну возможность слияния в единое пространство информационных ресурсов, находящихся в ведении регионов, ведомств, академических и отраслевых институтов. Именно развитие региональных геоинформационных центров может вывести масштабные проекты на уровень экономической эффективности и социальной ответственности. Они дадут возможность не только оценивать организационно-технические решения, с точки зрения влияния опасных природных факторов и рисков от воздействия техногенной нагрузки на окружающую среду, но и моделировать социально-экономические изменения и их последствия.

Однако, если критерии эффективности проектов останутся на уровне решения только технической задачи, цель в очередной раз не будет достигнута, как произошло с Байкало-Амурской магистралью. Эта дорога, в отличие от Транссиба, не стала осью развития территорий зоны БАМа, потому что комплексная программа ее освоения не была поставлена во главу проекта из-за нашего неумения придерживаться главной цели. Кроме упущенной выгоды, мы потеряли огромные средства в виде затрат на поддержание трассы в рабочем состоянии, которых с лихвой хватило бы на освоение разведанных месторождений в зоне БАМа – Удоканского, Чинайского, Эльгинского.

Информационные технологии изменяют характер и психологию труда, поскольку возрастает степень определенности в принятии решений за счет того, что можно быстро привлечь необходимые данные. Принятие квалифицированных решений как искусство управления основано на личном опыте, представлениях,

знаниях и той информационной базе, которой располагает принимающий решение. К сожалению, даже законодательные органы России не придают должного значения организации информационной среды для собственной деятельности, не говоря уже об информационных нуждах страны. Между тем библиотека Конгресса США получает за год от законодателей полмиллиона запросов. Неудивительно, что по состоянию готовности к использованию информационных технологий Россия в списке 64 крупнейших в экономическом отношении стран в 2003 г. опустилась с 48-го места на 55-е, как свидетельствует доклад Economist Intelligence Unit и IBM. Хотя аудитория Интернета в России составляет уже 12 млн человек и быстро растет, по числу пользователей на 1 000 человек мы более чем в 10 раз отстаем от передовых стран: у нас их 41, а в Швеции – 573.

Информационные технологии получают новое качество в результате сопряжения. Уже существуют распределенные ГИС с выходом в Интернет – тому пример глобальная сеть Geography Network, обеспечивающая доступ ко многим геоинформационным ресурсам, включая карты. Создание электронных каталогов библиотек в глобальном масштабе с выходом в Интернет и сервисными функциями – это фундаментальная задача цивилизации, т.к. в библиотеках сосредоточены необъятные базы знаний, систематизированные трудами поколений библиографов.

Интеграция геоинформационного пространства в масштабах России сопоставима с освоением космоса, и здесь нельзя повторять просчеты, которых там не удалось избежать. Потребовалось время, чтобы осознать: установление рекордов и демонстрация технических возможностей в космосе лишь открывают дорогу к реализации проектов научно значимых и полезных для улучшения качества жизни на Земле. Такими проектами стали навигационные системы глобального охвата, созданные в Советском Союзе (ГЛОНАСС) и в США (NAVSTAR-GPS), однако второй из них пользуется весь мир, а первая – развития не получила, поскольку с самого начала была ориентирована на решение только военных задач

и не обеспечила массовых пользователей приемниками спутниковых сигналов для определения местоположения. В противоположность этому система GPS доступна к применению в самых разных областях – на транспорте, в геодезии, геологии, промышленности, сельском хозяйстве, быту, благодаря тому, что в западном мире приучены исходно рассматривать любой проект с позиций коммерческой выгоды.

США, оценив наш системный просчет в проекте ГЛОНАСС, использовали свое влияние на международные комитеты, устанавливающие правила судоходства и воздушного движения, чтобы создать условия для монопольного положения системы NAVSTAR в судоходстве и авиации. Тем самым США удалось сформировать рынок информационных услуг GPS, объем которого в 2005 г. оценивается в 30 млрд долл. Это повлекло за собой и переход Всемирной геодезической службы на американские стандарты, основанные на картографических проекциях с использованием системы координат WGS-84. В результате системой NAVSTAR–GPS вынуждены пользоваться даже вооруженные силы России, из-за чего наша национальная безопасность попала в стратегическую зависимость от Америки. Навигационная система ГЛОНАСС, оказавшись без поддержки широкого пользователя, лишилась возможности обновляться, а группировка GPS, постоянно функционируя в полном составе, сегодня

располагает 28 спутниками, из них 4 – резервных (у нас всего 8 спутников вместо 24 необходимых). К тому же в системе GPS приходит новейший – DAGR, который компактнее и почти втрое легче (0,5 кг), обладает низким энергопотреблением и защищен модулем селективности. Европа, учтя ошибки России, создает собственную гражданскую спутниковую систему «Галилей», к которой присоединяются Китай, Израиль и ряд других стран.

Наша космонавтика развивалась без учета ее экономической эффективности за счет совершенствования техники. В результате сложилась структура космического мониторинга, ориентированная на интересы нескольких ведомств и финансирование только из госбюджета. Нами предложена перспективная схема организации космического мониторинга с опорой на региональные геоинформационные комплексы, в которой наравне с федеральными пользователями основными заказчиками становятся региональные. Вместе они определяют проектные требования к средствам ДДЗ, съемочной аппаратуре, видам информации и ее доставке широкому кругу пользователей. В качестве заказчиков, заинтересованных в развитии геоинформационных технологий с использованием космических и наземных данных, регионы формируют финансово обеспеченные требования к проектам, а у государства появляется возможность на конкурсной основе

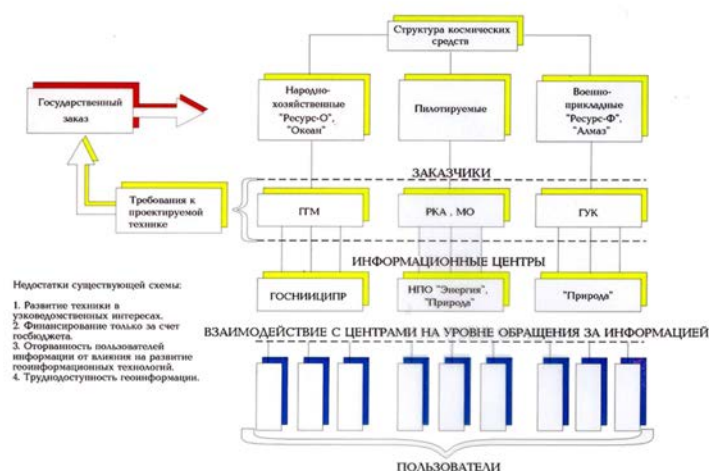


Рис. 2. Структурно-логическая схема космического мониторинга «Сложившаяся»

Рис. 2. Структурно-логическая схема космического мониторинга «Сложившаяся»

поддерживать наиболее перспективные из них финансированием из бюджета. Для этого необходима государственная программа создания региональных геоинформационных комплексов, основных звеньев геоинформационной сети страны, оснащенных техническими средствами оперативного получения дистанционной и наземной информации, базовыми геоинформационными технологиями, стандартизованными по форматам представления данных и программным продуктам с возможным взаимодействием с международными информационными сетями (рисунки 2, 3).

Пора сделать выводы из наших просчетов и понять, что усилиями федеральных органов в рамках только программы, спущенной сверху, проблему формирования геоинформационного пространства страны не решить. Ключи к этой проблеме находятся в руках регионов, заинтересованных в упорядочении своей информации по многим вопросам (составление земельных, водных, лесных кадастров, организация дорожного движения, сведения о дорожной сети, транспортных потоках, добывающих, промышленных и сельскохозяйственных предприятиях, экологической, демографической обстановке и т.д.), а ведомства без достоверной информации из регионов не могут планировать

свою деятельность. Такое пересечение интересов требует координации усилий со стороны государства по сбору и обработке информации и наполнению баз данных разного уровня и принадлежности во избежание дублирования и неоправданных затрат. Однако свою координирующую роль государство либо не осознает, либо не хочет на себя брать.

В новой структуре федеральных органов исполнительной власти вопросами геоинформационной политики занимаются разные министерства и федеральные службы. В Минтранс входит Федеральное агентство геодезии и картографии, в Мининформсвязи – Федеральное агентство по информационным технологиям, созданы федеральные службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, а также по экологическому, технологическому и атомному надзору. В то же время в Японии, стране высоких технологий и организации, существует Министерство геоинформационных услуг, которое использует не только свои источники, но и мировые данные в этой области, ежегодно выпускает каталог «Directory of Geoscience Organizations of the World». Отсутствие координирующей роли государства в информатизации России приводит к тому, что на ее огромных просторах информационная

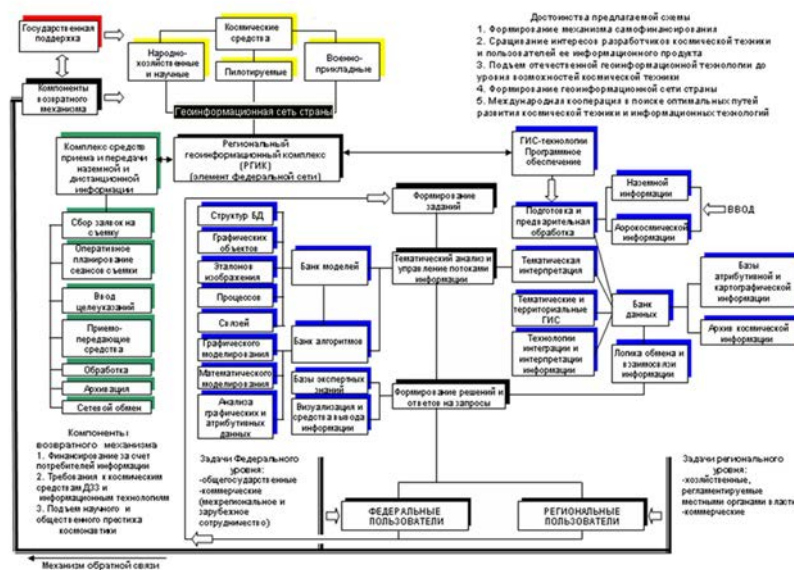


Рис. 3. Структурно-логическая схема космического мониторинга «Перспектива»

Рис. 3. Структурно-логическая схема космического мониторинга «Перспектива»

Источник данных	Место измерения	Общая длина измерений, км	Усредненные параметры транспортных потоков					
			Средняя пространственная скорость, км/ч	Средняя временная скорость, км/ч	Плотность потока, шт/км	Интенсивность движения, шт/ч	Полная приведенная задержка в движении, с/км	Вариация скорости сообщения
Обобщенные результаты проезда ходовых лабораторий в транспортном потоке	УДС основных магистралей и центра города	2167,40	33,14	55,54	53,30	1766,36	43,82	0,822
	УДС основных магистралей и центра города без МКАД	1745,20	29,85	50,93	45,21	1349,52	49,93	0,841
	Только МКАД	422,90	60,89	74,59	119,89	7300,10	10,86	0,474
	УДС центра города с Садовым кольцом	более 200	17,57	33,63	324,15	5695,32	99,10	0,962
Данные дистанционного мониторинга	УДС основных магистралей и центра города	549,13	23,00	34,08	71,75	1650,25	50,89	0,694
	УДС основных магистралей и центра города без МКАД	437,70	25,20	37,57	64,01	1613,05	47,04	0,701
	Только МКАД	111,43	73,40	83,50	102,15	7497,81	5,93	0,371
	УДС центра города с Садовым кольцом	89,14	19,25	37,12	224,27	4317,20	90,03	0,963
			$V_{\text{ср.с}} = \frac{1}{K\tau} \sum_{i=1}^K S_i$	$V_{\text{ср.т}} = \frac{\sum_{i=1}^K S_i^2}{\tau \sum_{i=1}^K S_i}$	$P = \frac{K}{L}$	$N = P \cdot V_{\text{ср.с}}$	$t_3 = \frac{1}{V_{\text{ср.с}}} - \frac{1}{V_{\text{ср.т}}}$	$c = \sqrt{\frac{V_{\text{ср.т}}}{V_{\text{ср.с}}} - 1}$

где τ - интервал времени между изображениями,

K - количество измеренных транспортных средств,

L - длина участка улицы,

S_i - длина пути каждого транспортного средства, $i = 1, \dots, K$.

Результаты замеров скоростных параметров транспортного потока на основных магистралях улично-дорожной сети г. Москвы в апреле и ноябре 1999 г.

Таблица

Результаты замеров скоростных параметров транспортного потока на основных магистралях улично-дорожной сети Москвы в апреле и ноябре 1999 г.

среда складывается бессистемно из разнородных компонентов. Это тормозит развитие собственных информационных технологий, не позволяет организовывать информационные потоки и управлять ими, ставит Россию в ряд стран, зависящих от чужого рынка. Если в регионах не задать вектор формирования информационной среды с федерального уровня, трудно рассчитывать, что геоинформационное пространство России выйдет на путь самоорганизованного развития.

Поскольку с информационными системами работает неопределенный круг лиц с различными уровнями квалификации, намерениями и побуждениями, возникает еще одна проблема – защита информации и обеспечение дифференцированного доступа к ней. Противоречие между необходимостью максимизировать доступ пользователей к информации и одновременно минимизировать ущерб от несанкционированного проникновения, воздействия компьютерных вирусов, аппаратных сбоев является ключевым для любого информационного проекта. ГИС создаются для организации уникальной

дорогостоящей информации, которая нуждается в защите. В условиях раздробленного информационного пространства разработка надежных мер защиты и их реализация затруднены.

Объединению информационных сред регионов могут способствовать крупные тематические ГИС-проекты, такие как прогноз объема паводкового стока в бассейнах крупных рек, экология источников питьевого водоснабжения, решение транспортных, геологических проблем. Задача науки – разработка методических рекомендаций по созданию и использованию ГИС-технологий, стандартов и форматов данных, подготовка квалифицированных кадров. Здесь науке отводится ответственная роль: не ограничиваясь общими методическими рекомендациями, помогать в решении крупных тематических проблем, общезначимых для регионов, и подтверждать их практикой, исходя из глубоких знаний состояния проблемы и возможностей страны, концентрируя усилия на узловых направлениях.

В Научном геоинформационном центре РАН накоплен определенный опыт решения



Рис. 4. Динамика суммарного движения транспорта в центр города с 1996 по 1999 г.

Рис. 4. Динамика суммарного движения транспорта в центр города с 1996 по 1999 гг.

проблем природопользования, общих для всех регионов. Начинали мы с частных экологических проблем малых промышленных городов: загрязнение атмосферы г. Пласт Челябинской области выбросами обогатительной фабрики, техногенная нагрузка на уязвимую среду тундры при освоении Ямбургского газоконденсатного месторождения; изучали изменения ландшафта в прибрежной полосе Каспия при падении и подъеме его уровня. Постепенно, набираясь опыта, вышли на понимание крупных общетерриториальных проблем. По заказу

Москомприроды создали ГИС «ЭкоМКАД», содержащую более 400 тематических блоков, в том числе планово-высотной основы, геологический, почвенный, поверхностных вод, растительного покрова и другие – вплоть до характеристик детской заболеваемости в зоне МКАД. Были использованы материалы аэро- и космодетекции, архивные и оперативные данные. Модульная структура ГИС дает возможность модифицировать систему к изменяющимся условиям эксплуатации, характеру и объему поступающей информации, требованиям пользователей. В своей основе эта технология применима для анализа и прогноза влияния транспортной инфраструктуры на природный комплекс и условия жизнеобитания, поиска решений экологических проблем по результатам мониторинга.

Другой масштабный проект, выполненный нашим центром по заказу Департамента транспорта и связи Московского правительства, – разработка геоинформационной технологии дистанционного мониторинга улично-дорожной сети и транспортных потоков в столице. Была поставлена задача: оценить интенсивность движения на городских

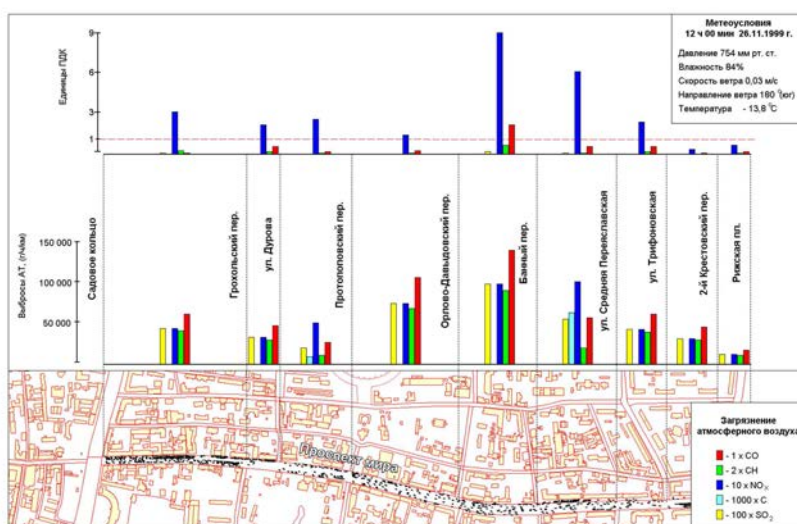


Рис. 5. Загрязнение воздуха выбросами автомобильного транспорта на участке проспекта Мира – Садового кольца до Рижской площади – 26 ноября 1999 г.

Рис. 5. Загрязнение воздуха выбросами автомобильного транспорта на участке Проспекта Мира – Садового кольца до Рижской площади – 26 ноября 1999 г.

Метеоусловия: давление – 754 мм рт. ст., влажность – 84 %, скорость ветра – 0,03 м/с, направление ветра – 180° (юг), температура – 13,8 °C

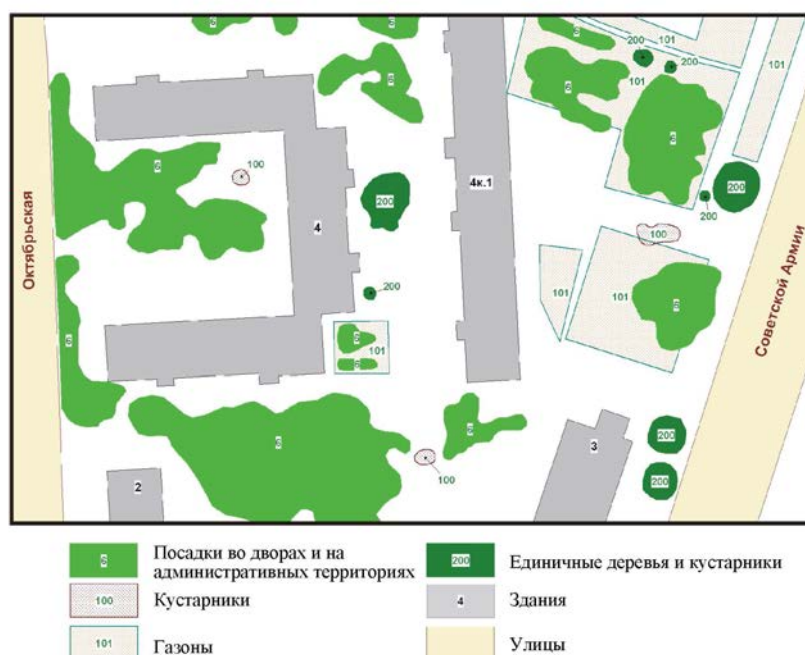


Рис. 6. Фрагмент электронной карты зеленых насаждений

Рис. 6. Фрагмент электронной карты зеленых насаждений

магистралях, плотность транспортных потоков, среднюю временную и пространственную скорость. Мы расширили круг исследуемых параметров движения: оценили соотношение машин в потоке – легковых, грузовых и общественного транспорта, эффективную ширину проезжей части улично-дорожной сети центра Москвы, влияние на нее припаркованных машин (таблица). Нами разработана методика использования для этой цели аэрофотосъемки с высоким разрешением (до 10 см) и привязкой снимков по данным навигационной системы GPS. Ранее для проведения подобных работ на дорогах привлекалось до 2 000 людей-счетчиков. Сегодня в нашей базе данных находятся параметры всей улично-дорожной сети Москвы – МКАД и 16 основных магистралей, пересекающих столицу, Садовое, Бульварное и Кремлевских колец.

Дистанционная технология проведения столь масштабных исследований позволила получить объективную информацию о транспортном комплексе столицы с погрешностью определения местоположения автомобилей 0,5 м и 0,3 км/ч по скорости; оценить транспортные потоки (рис. 4) и изучить влияние транспорта на жизнь города и здоровье людей

(рис. 5). Мы показали, как рассчитывать с учетом застройки, аэродинамики улиц выбросы в атмосферу загрязняющих веществ автомобильным транспортом. Параметры движения легли в основу настройки автоматизированной системы управления городским движением «Старт», они же являются исходными данными при моделировании критических ситуаций и реконструкции дорожной сети.

Опыт показывает, что если научные разработки тематически актуальны, то круг их пользователей постоянно расширяется и система, наполняясь информацией, раскрывает свои возможности, отвечая интересам все новых потребителей. Наиболее наглядно это проявилось при разработке ГИС зеленых насаждений по заказу городского управления жилищно-коммунального хозяйства по программе «Наука – Москве». Мы провели мониторинг зеленых насаждений Центрального административного округа и создали ГИС «Флора», включающую в себя электронную карту растительности (рис. 6), по которой можно рассчитать занимаемые ею площади. Карта вызвала интерес в ГлавАПУ, в службах Мосзеленхоза. По их рекомендациям, префектура Северо-Восточного округа предложила

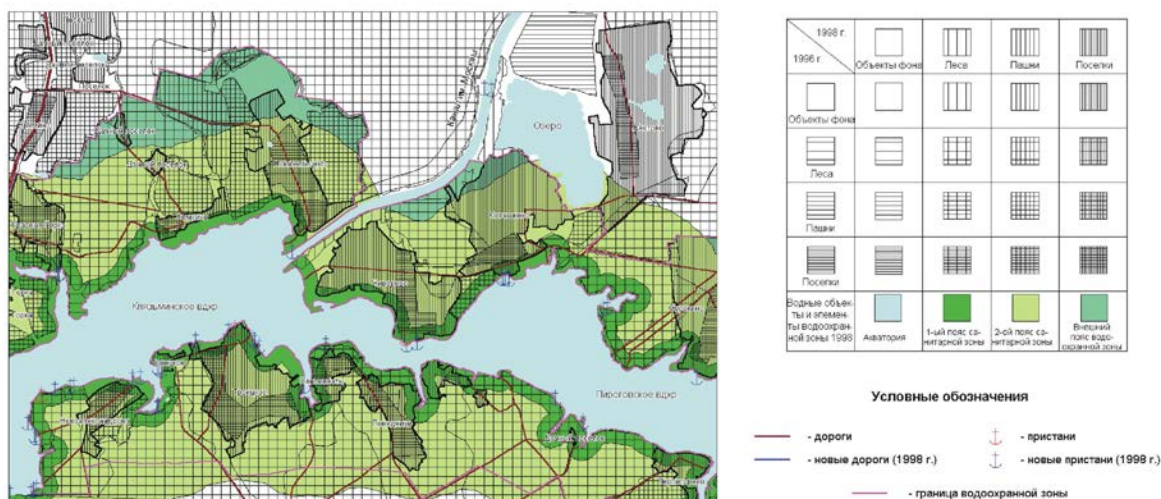


Рис.7. Карта динамики экологического состояния водохранной зоны Клязьминского водохранилища за период 1996 – 1998 гг.

Рис.7. Карта динамики экологического состояния водохранной зоны Клязьминского водохранилища за период 1996–1998 гг.

распространить ГИС «Флора» на свою территорию. В настоящее время эта работа близка к завершению. Открылась перспектива создания общегосударственной ГИС зеленых насаждений на единой государственной картографической основе с разделением на зоны ответственности по организациям. Она может стать базовой для наполнения ее другой информацией в интересах городского планирования, прокладки коммуникаций и т.д.

В регионах условия жизнеобитания во многом определяются состоянием источников питьевого водоснабжения. Изучая эту проблему, мы вышли на создание экологических ГИС водохранных зон подмосковных водохранилищ – Клязьминского (рис. 7) и Химкинского. Эти геоинформационные системы служат методической основой для разработки по заказу Миннауки и образования ГИС Ивановского водохранилища — самого крупного источника питьевого водоснабжения Москвы и Московского региона. Будут привлечены данные аэро- и космосъемки, дополненные собранными на местах совместно с Институтом водных проблем РАН наземными материалами о природной и хозяйственной ситуации в зоне водохранилища.

В рамках Федеральной целевой программы «Возрождение Волги» Научный геоинформационный центр РАН совместно с Гидрометцентром РФ разработал

геоинформационную методику прогнозирования объемов паводкового стока на реках России. Она позволяет на основе компьютерного картографического анализа информации об основных стокоформирующих факторах и изучения космических снимков территории водосбора получать прогнозы стока в створах реки, на которых не производятся наблюдения. Примером применения описываемой технологии стали прогнозные данные объема стока за половодье 1999 г. для 10 рек бассейна р. Москвы. Оправдалось около 80 % прогнозов (допустимая ошибка – 30 %).

Геоинформационное пространство многогранно, здесь сходятся интересы разных отраслей техники, науки и производства. Создатели геоинформационных систем должны обладать широким кругозором, уметь вести диалог с представителями смежных профессий, участвующих в проекте. Разработчикам систем космического мониторинга необходимы знания из областей приложения материалов дистанционного зондирования Земли, они должны владеть основами методических подходов в технологии обработки данных, чтобы учитывать, оценивать и координировать запросы и требования пользователей. А те, в свою очередь, должны знать возможности техники, характеристики бортовой аппаратуры, наземных средств приема и обработки данных, организацию сеансов связи и доступа к данным.

Сегодня подготовка специалистов в областях, связанных с дистанционным зондированием Земли и разработкой геоинформационных систем, ведется в отрыве от перечисленных требований. Учитывая это обстоятельство, специалисты Научного геоинформационного центра РАН организовали в Московском авиационном институте курс лекций «Проектирование систем космического мониторинга», подготовили пособие для обучения специалистов, ориентирующее их на работу в современных условиях.

Формирование единого геоинформационного пространства России обеспечит новое качество управления на всех уровнях за счет упорядочения и оперативного обновления информации, укрепит связи «центр – регионы» и между регионами, откроет доступ массовому пользователю к информации в науке, образовании, производстве и сфере услуг. Тогда Россия, став хозяином в своем доме, войдет в глобальное информационное пространство как равный партнер.



Информация об авторе

Лебедев Валентин Витальевич, директор, доктор технич. наук, член-корреспондент РАН
Научный геоинформационный центр РАН
119019, Москва, Российская Федерация, Новый Арбат, 11
E-mail: mail@ngic.ru

Information about author

Lebedev Valentin Vitalevich, the Director, Doctor of Techn. Sciences, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences
Scientific Geo-Information Center RAS
119019, Moscow, Russian Federation, Novy Arbat st., 11
E-mail: mail@ngic.ru

В.В. Лебедев

директор, доктор технич. наук, член-
корреспондент РАН
Научный геоинформационный центр РАН
Москва, Российская Федерация
E-mail: mail@ngic.ru

ОПЫТ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ПРИРОДНО- ТЕХНОГЕННЫМИ СИСТЕМАМИ В РАЗВИТИИ КОНЦЕПЦИИ СОЗДАНИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ

Представлены основные принципы создания региональных геоинформационных комплексов (РГИК), их структура и схема функционирования на примерах решения крупных тематических задач регионального уровня на основе аэрокосмической и наземной информации. Описаны технология автоматизированного составления синтезированных карт динамики экосистем и геоинформационные системы прогноза весеннего паводка в бассейне р. Волги, а также выполнены оценки транспортных потоков центра Москвы, экологического состояния территорий, прилегающих к Московской кольцевой автодороге, и водоохранных зон водохранилищ. Решение указанных задач формирует новый взгляд на организацию информационной среды, требования к информации и источникам ее получения.

Ключевые слова: региональный геоинформационный комплекс; аэрокосмическая информация.

V.V. Lebedev

the Director, Doctor of Techn. Sciences,
Corresponding Member of the Russian
Academy of Sciences
Scientific Geo-Information Center RAS
Moscow, Russian Federation
E-mail: mail@ngic.ru

EXPERIENCE IN SOLVING PROBLEMS OF THE CONTROL AND MANAGEMENT OF NATURAL AND MAN-MADE SYSTEMS IN THE DEVELOPMENT OF THE CONCEPT OF CREATING REGIONAL GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS (RGIK)

Basic principles of creation of regional Geoinformation complexes (RGIK) are presented here, their structure and functioning scheme based on the examples of solving complex tasks of solving complex tasks of monitoring of large regional and interregional objects.

Demonstrated technology of automatic creation of synthesized maps of ecosystem dynamics and geoinformation systems of spring floods volume in Volga basin, evaluation an ecological condition of water conservation of reservoir zones, territories near the Moscow circle highway, Moscow center traffic. The solution of listed tasks forms a new look on the organization of the information environment requirements and sources of its obtaining.

Keywords: regional geoinformation complex; aerospace information.

Экономическая самостоятельность и сопряженное с нею усиление ответственности за дальнейшее развитие регионов приводит глав администраций к пониманию дефицита информации. Причем этот дефицит вызван не столько недостатком первичной информации, сколько невозможностью сопоставить все объемы

разнородных данных, необходимых для решения задач комплексного анализа в условиях тесного переплетения процессов различных сфер развития регионов – от природных до социально-экономических.

Для России характерно, что ее регионы занимают огромные пространства, а сеть

сбора информации, которую обычно связывают с крупными городами, крайне неравномерна и, естественно, не охватывает всей территории, а, следовательно, и не учитывает всего разнообразия необходимых для анализа данных, оставляя тем самым много пробелов и вызывая сомнение в надежности этой информации.

Осознание информационной недостаточности идет параллельно с изменением категории «потребителя информации» и диапазона его требований. До недавних времен основными ее аккумуляторами в стране были ведомства, информационные потоки в которых, прежде чем попасть в регионы, фильтровались, корректировались и нередко искажались. По мере развития процессов децентрализации главными субъектами, заинтересованными в совершенствовании информационного обеспечения, становятся регионы вместе со всей своей инфраструктурой, контролирующими и управляющими органами власти, предприятиями и организациями. Такое изменение категории потребителя является принципиальным, т.к. приводит к пониманию значения и стоимости информации. Система информационного обеспечения, действовавшая ранее, не рассматривала вопрос окупаемости информации, не ставила во главу угла оценку экономической эффективности использования аэрокосмических данных, а значит, и не реализовывались предлагаемые ею возможности. Система полностью финансировалась из бюджета. При этом встречная заинтересованность регионов в их информатизации не только не стимулировалась, но и прерывалась на уровне достаточности выполнения требований центра, не учитывая интересы тех, кто готов был платить за развитие и пользование услугами такой системы.

Анализ сложившейся схемы получения информации на базе средств аэрокосмического мониторинга показывает, что эта схема обладает рядом принципиальных недостатков: не обеспечивает широкого и оперативного использования информации потребителями в силу труднодоступности последней; не дает потребителям возможности влиять на формирование комплекса бортовых средств получения аэрокосмической информации

и ее обработки; не формирует механизма возврата затраченных средств, ориентируясь исключительно на финансирование за счет госбюджета.

Все сказанное требует иного подхода к развитию наземного информационного обеспечения, при котором средства приема и обработки информации должны быть приближены к основным потребителям – регионам [1]. Это в свою очередь приведет к новому уровню постановки и решения широкого спектра природных и хозяйственных задач с учетом множественных взаимосвязей между ними. Задачи такой сложности приведут к неизбежной интеграции аэрокосмических и наземных источников информации, слиянию их в едином информационном пространстве. Решение этой проблемы видится в необходимости создания РГИК, которые должны располагать средствами, обеспечивающими прием дистанционной и получение наземной информации, их автоматизированную обработку, моделирование процессов изменения окружающей среды, компьютерный синтез тематических карт и анализ природоресурсных материалов с комплексным изучением территории, оценкой направленности ее изменений (рисунок).

Такой подход к решению сложившейся проблемы открывает широкие возможности развития сети региональных геоинформационных комплексов в стране. На их базе возможно решение всего комплекса задач, в том числе оценки состояния окружающей среды, прогноза негативных процессов, накопления и анализа материалов по изучаемой территории. Региональные геоинформационные комплексы станут саморазвивающимися структурами, способными аккумулировать насущные потребности регионов, постоянно совершенствуя свои возможности, объединив с помощью программно-аппаратных средств разнородные информационные потоки, увязывая в рамках общей концепции. По мере своего становления региональные комплексы включаются в федеральную сеть при их соответствующем техническом оснащении, достижении определенного уровня достоверности данных, надежности функционирования. При этом стандарты информационного обмена должны отвечать

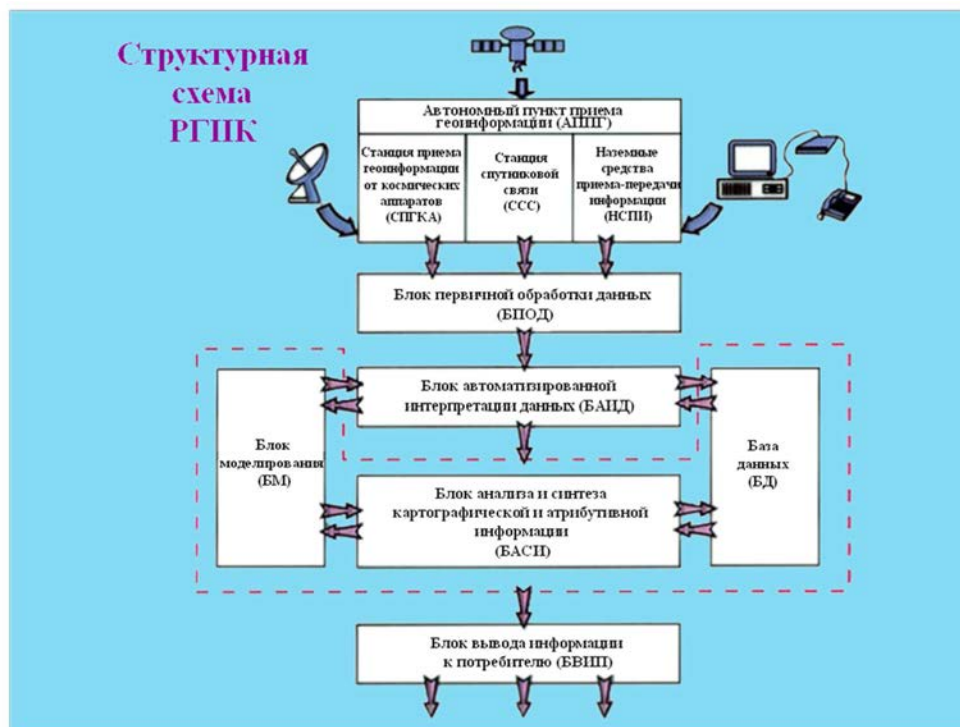


Рис. 1 Схема функционирования регионального геоинформационного комплекса

Схема функционирования регионального геоинформационного комплекса

требованиям задач, решаемых как по государственным, так и по международным программам.

Таким образом, РГИК могут стать ядром формирования информационной среды регионов, объединив изначально природные и техногенные информационные поля с пересекающимися информационными структурами (социальными, экономическими, здравоохранения и т.д.), и унифицируя их.

Одной из задач в рамках РГИК, решаемых НГИЦ РАН, является мониторинг природно-хозяйственных объектов, расположенных в пределах как одного, так и нескольких регионов. Для этой цели была разработана автоматизированная технология составления синтезированных карт состояния и динамики экосистем. Она представляет собой основу решения таких фундаментальных задач по оценке природно-антропогенных процессов с изучением причинно-следственных связей между ними, как формирование геоэкологического прогноза. Функционально технология включает в себя операции предварительной обработки аэрокосмической информации и создания тематических карт,

их сканирование и оцифровку, сшивку и трансформирование растровых изображений с объемом более 300 Мб. Технология также подразумевает создание графоматематических моделей синтезированных карт в векторном формате; синтез на единой плановой основе растровых изображений с векторизованными; многопараметрическую картометрию, проведение расчетов параметров экосистем; формирование цифровых и картографических баз данных. Программное обеспечение учитывает специфику геоинформационных систем (ГИС) и разработано на ГИС-ориентированном языке.

Реализация указанных возможностей позволила создать открытую унифицированную геоинформационную систему инструментального класса, применимую для решения разнообразных тематических задач. Она допускает расширение своих возможностей за счет включения в ее состав специальных средств обработки и дешифрирования данных зондирования Земли. Это довольно широкий набор пакетов программ, осуществляющих операции – от коррекции изображений (оптической, геометрической)

до обработки стереопар с выдачей результатов в виде актуализированного топоплана.

На основе этой технологии, совместно с Гидрометцентром и Министерством природных ресурсов РФ, по Федеральной программе «Возрождение Волги» был разработан способ прогноза объема весеннего паводка в бассейне Волги, суть которого состоит в составлении водного баланса водосбора за период формирования паводка с его представлением в виде картографических слоев стокообразующих факторов, формирующих при их наложении результирующую карту прогноза объема стока с исследуемого водосбора.

Созданный в НГИЦ способ визуализации синтезированных карт дает хороший аналитический материал, позволяющий видеть условия формирования паводка в отдельных частях водосбора. Главное достоинство данного способа прогнозирования объемов паводка в отличие от традиционных подходов – получение прогнозных величин в любом створе всей гидрографической сети (данный подход апробирован для бассейна р. Москвы).

Представленная разработка весьма актуальна в связи со значительным сокращением в России за последнее десятилетие численности гидрометеопостов. С учетом этой ситуации и был разработан способ, основывающийся не на локальных прогностических схемах, а на территориально общих методах. Именно в таком контексте найдено решение указанной проблемы.

Важная задача, решаемая РГИК, – оценка экологического состояния водоохранных зон водохранилищ – источников водоснабжения. Она обеспечивает научно-обоснованное установление границ и рациональную организацию водоохранных зон с поддержанием экологически безопасного состояния водного объекта. В этой связи необходимо полное знание природно-хозяйственной структуры водоохранных зон, состава объектов и процессов, влияющих на качество воды. Системный подход в рамках РГИК позволяет обеспечить контроль состояния водоохранных зон с учетом всех взаимосвязей

компонентов природной среды и хозяйственной деятельности.

Эта задача решена на примере водоохранной зоны Химкинского водохранилища, на территории которого были получены материалы аэро- и космической съемки высокого разрешения (лучше 2 м) и необходимые для дешифрирования наземными материалами. Анализ проведен по созданной нами многопараметрической синтезированной карте состояния водоохранной зоны водохранилища с использованием карт рельефа, геоморфологии, растительного и почвенного покрова, линейно-протяженных объектов (дороги, трубопроводы и др.), зданий, рекреационных объектов, свалок, территорий промышленных предприятий, водосбросов и водозаборов, стоянок судов и пр. Для составления многопараметрической карты использована легенда, являющаяся оригинальным средством, формирующим и считывающим синтезированную карту. С помощью этой легенды содержание карты отражается цветом и густотой штриховок. Легенда составлена таким образом, что по характеру штрихов можно выявлять ухудшение условий формирования почв, растительного покрова, их трансформацию, а также геологические, геоморфологические и гидрогеологические особенности. При совмещении штриховок и цвета выявляются экологически разнообразные участки. Такая визуализация синтезированной многопараметрической карты позволяет увидеть причины ухудшения природных условий. Предложенный вид анализа дает возможность наиболее рационального установления границ водоохранных зон с учетом реальных естественных и хозяйственных условий прибрежных территорий.

Примером решения крупной региональной задачи с интеграцией множества информационных слоев, в совокупности их сложных взаимосвязей – созданная для «Москомприроды» в рамках программы «Наука – Москве» экологическая геоинформационная система Московской кольцевой автодороги (ГИС ЭкоМКАД) [2]. Систему такого уровня можно рассматривать как базовую в РГИК.

МКАД – мощная техногенная система со сложной инфраструктурой, которая тесно соприкасается с жилыми районами Москвы

и пригорода и значительно влияет на их экологию. Сложившаяся ситуация в районе МКАД требует ведения экологического мониторинга [2]. ГИС ЭкоМКАД, созданная при участии МГУ, Федерального центра «Земля» и ИПУ РАН, является средством реализации этого мониторинга. Она создавалась по архивным и оперативным материалам аэрокосмических съемок.

Структура ГИС ЭкоМКАД отражает природно-территориальный подход при формировании основных тематических слоев, составляющих базу данных геоинформационной системы. В целом эта ГИС предназначена для осуществления информационной и технологической поддержки центрального аппарата «Москомприроды» и ее территориальных отделов с помощью методов и средств сетевой компьютерной обработки экологических данных.

Технические особенности разработанной экологической геоинформационной системы состоят в том, что структура накопления, обработки и хранения информации позволяет развивать ее как территориально, так и тематически. В настоящее время система охватывает 2 км полосу вдоль трассы МКАД и ориентирована на решение задач обработки информации на различных административных уровнях. Степень ее детализации определяется масштабом картографических материалов. Используются электронные карты масштабов от 1:5 000 до 1:200 000.

ГИС ЭкоМКАД позволяет решать следующие основные задачи: введение и хранение цифровых карт местности различных масштабов; редактирование и дополнение характеристик объектов (земной поверхности, дорожной сети, коммуникаций, наименования и др.); хранение, редактирование и дополнение процедур обработки и отображения информации; внесение (удаление) объектов и формирование интегрированных слоев в виде электронных карт, связь объектов карты с внешними базами данных; решение расчетных и справочно-информационных задач; формирование графических и текстовых документов и т.д.

В ГИС ЭкоМКАД реализована ориентированная на пользователя система генерирования рабочей среды, которая состоит из набора

функциональных модулей, выполняющих функции ведения атрибутивных баз данных и представления специфической информации, необходимой для решения конкретных экологических задач как на территории Москвы, так и в административных и муниципальных округах. С использованием этих модулей организуются автоматизированные рабочие места (АРМ) и формируются базы данных (БД). Они используются в единой информационной среде с общими информационными базами. Для связи между собой применяется не требующая больших материальных средств обычная локальная сеть на базе Windows TP. Для связи удаленных АРМ используются специально разработанные системные средства автоматизированного обмена с помощью модемной связи.

Модульная структура ГИС ЭкоМКАД позволяет легко ее расширять, изменять рабочую конфигурацию, адаптировать к изменяющимся условиям эксплуатации, характеру поступающей информации, реорганизации структур управления и изменению распределения функциональных обязанностей персонала.

Все разработанные и проектируемые компоненты системы строятся на базовых информационных фондах; цифровые карты местности, административно-территориальное деление, объекты природоохранной деятельности.

Обеспечение единого информационного пространства для всех компонентов системы позволяет организовать рабочий интерфейс взаимодействия как с вышестоящими организациями, так и с территориальными городскими службами, предприятиями и фирмами, проводящими исследования по интересующей Москомприроду тематике. Дополнительные возможности обеспечиваются подсистемой генерирования меню пользователя, парольной защитой базы данных, организацией работы с текстовыми файлами.

Крупной территориальной задачей, общей для всех городов, является разработанная НГИЦ РАН в 1999 г. по заданию Управления транспорта и связи правительства Москвы система дистанционного мониторинга транспортных потоков, выполненная в целях информационного обеспечения организации дорожного движения в центре городе. Для ее достижения

была разработана новая технология, охватывающая все этапы получения и обработки дистанционной информации, начиная от проведения экспериментальной аэрофотосъемки до создания ГИС транспортных потоков.

В дистанционный мониторинг вошли: проведение экспериментальной аэрофотосъемки центра Москвы, изготовление цифровых фотопланов, компьютерное дешифрирование транспортных потоков – распознавание стоящих и движущихся транспортных средств, расчет основных параметров транспортных потоков (средняя скорость, плотность потока, интенсивность движения).

Научное обеспечение мониторинга состояло в разработке методики проведения многократной маршрутной аэрофотосъемки высокого разрешения двумя квазисинхронно

работающими аппаратами с привязкой GPS, создании программно-вычислительного комплекса обработки снимков и расчета характеристик транспортных потоков. С применением персональных компьютеров на базе процессоров Intel (использовались компьютеры Pentium-III 450 МГц с оперативной памятью 126 Мб и видеокарты с памятью 16 Мб). Это позволило определить: плановое положение движущихся транспортных средств в потоках с разделением по типу, направлению движения и полосам; вектор и величину перемещения движущихся транспортных средств за выбранный интервал времени и оценку средних скоростей потока с его плотностью и интенсивностью движения.

Абсолютные погрешности определяемых параметров не превышают: для планового положения автомобилей – 0,5 м, для времени съемки – 0,0001 с, для скорости автомобиля – 0,3 км/ч.

Использование ГИС-технологий диктовалось тем, что поиск автомашин приходилось вести на снимках, занимающих 300–350 Мб каждый (сканирование производилось с разрешением 15 мкм на комплексе технических средств InterGraf). Для уменьшения размерности обрабатываемых файлов было разработано оригинальное программное обеспечение экспонирования застройки и прилегающих территорий с целью выделения дорожной сети.

В результате выполненной работы была впервые создана технология проведения столь масштабных исследований, которые включали в себя организацию и объединение многих соисполнителей (ЦИТИ, ФКЦ «Земля», НПП «Аэросъемка», МосгортрансНИИпроект, ИМАШ РАН и т.д.). Она позволила получить огромный документально подтвержденный исследовательский материал в интересах различных служб города и разработать исходные данные для совершенствования организации дорожного движения, определить перечень задач по развитию дорожной сети и автоматизации управления движением, выявить места перегрузок дорожно-уличной сети с исследованием причин их возникновения. Эти данные являются опорными для перехода от жесткой схемы управления транспортом к гибкой настройке в зависимости от интенсивности транспортных потоков, времени суток, погодных условий и других обстоятельств.

В октябре–ноябре 1999 г. Правительство Москвы поручило НГИЦ РАН продолжить работу по выполнению дистанционного мониторинга транспортных потоков на всех основных магистралях города. Результаты обследования необходимы для решения задачи совершенствования организации дорожного движения в Москве на основе передовых технологий и использования при формировании программы научно-технического развития транспортного комплекса Москвы, ориентированной на реализацию в XXI в.

Рассмотренные в статье примеры представляют собой решения научно-прикладного значения, которые позволили по-новому взглянуть на источники информации, расширив представления о них, и предъявить требования к аэрокосмической информации, вытекающие из задач такого уровня и опыта их авторского сопровождения выполняемых работ, обеспечить ее заказ и подбор.

Эти работы следует рассматривать как базовые по формированию единой упорядоченной информационной среды региона, которая в своем развитии, поднявшись до уровня организации регионального геоинформационного комплекса с использованием наземной и аэрокосмической информации, должна стать

потенциальным заказчиком систем и информационных ресурсов, которыми располагает Российская космическая отрасль.

Список литературы

1. Гаврилов В.И., Горохова И.Н., Харитонов В.А. Оценка засоления орошаемых почв на Генеральской и Светлоярской оросительных системах Волгоградской области с использованием многопараметрического анализа // *Почвоведение*.
2. Лебедев В.В. и др. Экологическая геоинформационная система Московской кольцевой автодороги // *Известия РАН, серия географическая*. 1999. № 5. 20 с.
3. Гаврилов В.И. и др. Оценка засоления орошаемых почв на Генеральской и Светлоярской оросительных системах Волгоградской области с использованием многопараметрического анализа // *Почвоведение*. 1999. № 5.

References

1. Gavrilov V.I., Gorokhova I.N., Kharitonov V.A. Otsenka zasoleniya oroshaemykh pochv na General'skoy i Svetloyarskoy orositelnykh sistemakh Volgogradskoy oblasti s ispolzovaniem mnogoparametricheskogo analiza [Evaluation of salinization of irrigated soils in General'sky and Svetloyarsky irrigation systems of Volgograd region using multiparameter analysis]. *Pochvovedenie* [Edaphology].
2. Lebedev V.V. et al. Ekologicheskaya geoinformatsionnaya sistema Moskovskoy koltsevoy avtodorogi [Environmental GeoInformation System of the Moscow Ring Road]. *Izvestiya RAN, seriya geograficheskaya* [Izvestiya RAS series geographer]. 1999. № 5. 20 p.
3. Gavrilov V.I. et al. Otsenka zasoleniya oroshaemykh pochv na General'skoy i Svetloyarskoy orositelnykh sistemakh Volgogradskoy oblasti s ispolzovaniem mnogoparametricheskogo analiza [Evaluation of salinization of irrigated soils in General'sky and Svetloyarsky irrigation systems of Volgograd region using multiparameter analysis]. *Pochvovedenie* [Edaphology]. 1999. № 5.



Информация об авторе

Лебедев Валентин Витальевич, директор, доктор технич. наук, член-корреспондент РАН
Научный геоинформационный центр РАН
119019, Москва, Российская Федерация, Новый Арбат, 11
E-mail: mail@ngic.ru

Information about author

Lebedev Valentin Vitalevich, the Director, Doctor of Techn. Sciences, Corresponding Member
of the Russian Academy of Sciences
Scientific Geo-Information Center RAS
119019, Moscow, Russian Federation, Novy Arbat st., 11
E-mail: mail@ngic.ru

И.Н. Гансвинд

ведущий инженер лаборатории Систем
космического мониторинга
Научный геоинформационный центр РАН
Москва, Российская Федерация
E-mail: mail@ngic.ru

О ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМ КОСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Представлена структура космического мониторинга и его возможности применительно к решению различных прикладных и научных задач. Показаны причины того, что на российский рынок информационные продукты космического мониторинга поставляются в основном зарубежными компаниями. Предлагаются пути ликвидации отставания в области дистанционного зондирования Земли. Характеризуется процесс инженерного проектирования систем космического мониторинга и задачи, стоящие перед проектантами, даны рекомендации по их решению.

Ключевые слова: космический мониторинг; структура и возможности; мировой космический рынок геоинформации; проблемы проектирования систем космического мониторинга.

I.N. Gansvind

Leading engineer of laboratory space
monitoring systems
Scientific Geo-Information Center RAS
Moscow, Russian Federation
E-mail: mail@ngic.ru

REMOTE SENSING DESIGN

The remote sensing is defined structurally in terms of building blocks and from inherent potentialities in the realm of nature management and earth sciences. Revealed the reasons why the primary source of remote sensing products in internal market are foreign. The way cleared toward resolving problem of disadvantages in the field of remote sensing. Characteristic features of research and development in area of remote sensing systems and guidelines for overcoming the main difficulties encountered in reaching the goal of project are presented.

Keywords: structure and potentialities of remote sensing; global space market of geo-information; problems of detailed engineering works in remote sensing systems design.

В 2006 г. в издательстве МАИ вышла книга В.В. Лебедева, И.Н. Гансвинда «Проектирование систем космического мониторинга» допущенная Учебно-методическим объединением высших учебных заведений Российской Федерации по образованию в области авиации, ракетостроения и космоса в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки дипломированного специалиста «Ракетостроение и космонавтика» и специальности «Космические летательные аппараты и разгонные блоки». Это учебное пособие выросло из курса лекций, прочитанных сотрудниками НГИЦ РАН студентам Московского авиационного института в весеннем семестре 2004 г. на кафедре «Космические системы и ракетостроение».

В 2010 г. в издательстве «Наука» вышла монография «Проектирование систем космического мониторинга» тех же авторов. Хотя

преимущество с ранее вышедшей книгой с тем же названием существует, по содержанию они существенно различаются, поскольку монография предназначена для использования в двух областях: как вводный курс для проектантов природно-ресурсных спутников и как пособие для широкого круга практиков, использующих в своей работе геопро пространственную информацию.

Слово «мониторинг» происходит от латинского monitor, в переводе – наблюдающий, предостерегающий. На парусных судах так называли впередсмотрящего матроса, поставленного, чтобы уберечь корабль от опасностей – мелей, рифов, столкновений с другими судами и увидеть на горизонте землю.

Космический мониторинг – комплексная система сбора, обработки, архивации и обеспечения пользователей информацией об объектах, явлениях и процессах на земной поверхности,

в атмосфере и околоземном пространстве, получаемой с помощью технических средств, установленных на космических аппаратах дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Система космического мониторинга состоит из космического и наземного сегментов.

Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) ведется десятками спутников, оснащенных разнообразными съемочными системами и инструментами наблюдения, что позволяет использовать имеющиеся и растущий год от года потенциал данных ДЗЗ для систематического и оперативного слежения за состоянием природной и природно-техногенной среды в глобальном масштабе.

Орбиты спутников ДЗЗ формируют исходя из следующих требований – обеспечить:

- сплошное покрытие поверхности Земли полосами обзора бортовой съемочной аппаратуры при минимально возможной продолжительности глобального обзора;
- заданную периодичность обзора любых участков земной поверхности;
- неизменные условия освещенности подстилающей поверхности в подспутниковых точках при съемке на восходящих/нисходящих витках во все время активного существования спутника.

За последние сорок лет сложился непрерывный глобальный мониторинг суши, океана и атмосферы, создавший основу для изучения Земли как целостной системы в ее динамике.

Стимулом для создания инфраструктуры наблюдений являются социально-экономические проблемы, связанные с опасными природными явлениями и стихийными бедствиями – засухами, наводнениями, ужесточение которых относят к изменениям климата. Наряду с практическими нуждами глобальные наблюдения по международным программам служат потребностям наук о Земле.

Ряд глобальных международных программ наблюдения Земли, такие как GEOSS (Global Earth Observation System of Systems), GMES (Global Monitoring for Environment and Security), направленные на получение оперативных данных о климате, водных и энергетических ресурсах, сельском хозяйстве, биоразнообразии, как и научные программы принесли значимые

результаты благодаря систематически пополняемым специализированным и комплексным спутниковым группировкам при сохранении преемственности наблюдений и совершенствовании наблюдательных средств.

На спутниках ДЗЗ, размещенных преимущественно на солнечно-синхронных орбитах, используется съемочная и исследовательская аппаратура, системы сбора, обработки и передачи данных наблюдений по высокоскоростным радиопередачам непосредственно на наземные станции приема или через спутник-ретранслятор. Спутники ДЗЗ оснащены системами управления и навигации, электроснабжения, терморегулирования, обеспечивающими нормальные условия для работы целевой аппаратуры, а также телеметрическими системами, позволяющими наземным службам контролировать состояние бортовых систем. В наземный сегмент входят пункты приема спутниковой информации и программно-аппаратные средства в специализированных центрах, позволяющие формировать информационные продукты космического мониторинга для использования в интересах наук о Земле и в практической деятельности. Другой составной частью наземного сегмента являются программные средства автоматизированного дешифрирования космоснимков. Реализуя объектно ориентированные методики распознавания изображений во многом имитирующие восприятие, свойственное человеку, они используют при классификации растров помимо спектральных характеристик объектов их пространственные свойства (метрику, близость, связность и т.п.) и, кроме того, позволяют интегрировать информацию в геоинформационные системы в векторной форме.

Космические снимки дают целостную картину объектов и явлений на поверхности Земли в конкретных условиях их существования на регулярно наблюдаемых обширных территориях. Один и тот же снимок может служить источником информации для разных областей деятельности: сельское хозяйство, землепользование, лесное хозяйство, контроль водных ресурсов, климатология, экология, геология и поиск полезных ископаемых, океанология, мониторинг чрезвычайных ситуаций. При всем разнообразии интересов пользователей и изменчивости

состояний объектов, привлекающих их внимание, требования к регулярности съемки территорий и оперативности доставки материалов заказчикам можно отнести к трем основным классам:

- плановое картографирование для составления топографических, тематических и специальных карт – на интервале от нескольких недель до одного-двух месяцев;
- обнаружение изменений состояния объектов, изучение динамики процессов на поверхности Земли, экологических ситуаций – на интервале от нескольких дней до недели;
- оперативное наблюдение объектов на угрожаемых территориях с целью предупреждения чрезвычайных ситуаций и оценки последствий стихийных бедствий – на интервале одних или двух суток.

Космические снимки несут первичные фактические данные. Прежде чем на их основе будет сформирована информация, пригодная для использования в научных целях или для принятия управленческих решений, снимки подвергаются целенаправленной переработке с помощью компьютерных технологий. Вначале проводится предварительная обработка для устранения помех и искажений, вызванных условиями наблюдения поверхности Земли, калибровка, радиометрическая и геометрическая коррекция изображений, привязка к регистрационным данным (дата съемки, номер витка, параметры орбиты, точное время, высота Солнца на момент съемки, характеристики съемочной системы, индекс спектрального канала и т.д.). Дальнейшая работа со снимками выполняется специалистами, владеющими данными о районе исследований полученными на местах, свойствах изучаемых объектов, что позволяет им формировать дешифровочные признаки состояния природных объектов, классифицировать их, изучать распределение по территории и т.д.

Для работы с материалами ДЗЗ используются геоинформационные системы (ГИС), предназначенные для объединения, отображения и анализа информации относящейся к земной поверхности. Для представления данных об объектах ДЗЗ и хранении информации кроме электронных карт используются базы данных. Сопоставление информации из разных

источников с привлечением средств анализа и моделирования позволяет изучать территорию как комплекс взаимодействующих и взаимосвязанных объектов.

Архивирование – непрерывное накопление и систематизация данных ДЗЗ – открывает возможность на больших временных интервалах проследить эволюцию лика Земли, динамику экосистем, вести учет ресурсов биосферы и прогнозировать изменения климата.

Информационные продукты космического мониторинга используются в различных областях практической деятельности, поэтому существует коммерческий спрос на них и рыночные механизмы распространения материалов космической съемки, программных комплексов для их обработки и других услуг – от приема до тематической обработки данных.

Объектами мирового космического рынка являются продукты и услуги, создаваемые как в сфере космической деятельности, так и в использовании ее результатов вне этой сферы. Объем совокупной выручки на мировом коммерческом космическом рынке достигал в 2009 г. 150 млрд \$ и к 2014 г. по прогнозу мог составить 200 млрд \$. В сегменте ДЗЗ объем коммерческого рынка составляет не более 20 % от общих объемов коммерческой деятельности с учетом сегментов космической индустрии, связи и навигации. Основной объем рынка ДЗЗ приходится на:

- услуги по национальной безопасности;
- оценку природных катастроф;
- наблюдения за климатом;
- предоставление карт через интернет для программных приложений;
- решение задач по планированию инфраструктурных проектов;
- решение задач по добыче полезных ресурсов и прокладке магистральных газо- и нефтепроводов.

Доля России на рынке ДЗЗ не превышает 1–2 %, что вызвано общим состоянием отечественной группировки КА ДЗЗ. Даже на внутреннем рынке (10 % от мирового) отечественные источники информации занимают не более 10 %.

В России действует ряд компаний-поставщиков пространственных данных

с зарубежных спутников ДЗЗ, которые выступают в качестве дистрибьютеров космических материалов и пакетов программ для их обработки, имея лицензии на прямой прием данных и распространение информационных продуктов. По данным ГИС-Ассоциации на 2006 г. этот рынок составлял 5 млн долларов и рос на 20–25 % в год. Сфера использования данных охватывала недропользование, лесопользование, землеустройство, кадастр недвижимости, градостроительное проектирование, комплексное территориальное управление и экологию. Наибольшим спросом на российском рынке пользуются данные с разрешением 2–10 м со спутников ALOS, SPOT-5, IRS 1C/1D, IRS-P6, с разрешением от 10 до 100 м – со спутников SPOT 2/4, RADARSAT и ALOS (как в оптическом, так и в радиолокационном диапазонах спектра) и снимки высокого разрешения (до 2 м) спутников Quick Bird и Ikonos. Космическая техника не может развиваться и совершенствоваться, не имея обратной связи с потребителями информации через влияние их требований на состав технических средств съемки земной поверхности, выбор и расстановку спектральных каналов съемочной аппаратуры, периодичность обзора, пространственное разрешение и точность привязки к планово-высотной основе.

Проектанту космической техники необходимы знания областей приложения информационного продукта космического мониторинга, технологий получения и обработки данных. Нужны не просто базовые знания о поверхности Земли и ее биосфере (например, основ географии, геологии, океанологии, экологии), но умение вести диалог со специалистами, в чьих интересах создаются системы космического мониторинга, учитывать, оценивать и координировать запросы пользователей и переводить их на язык технических требований к съемочным системам, спутниковой платформе и наземному комплексу управления, приема и обработки информации.

Сложившаяся в СССР и существующая до сих пор схема организации космического мониторинга и централизованного информационного обеспечения на основе бюджетного финансирования (в наше время в рамках федеральных целевых программ) ориентирована на ведомственные интересы и не учитывает потребности

широкого круга пользователей в пространственных данных. Отрицательную роль играет также практика разработки средств космического мониторинга не как целостной системы, а в виде набора не увязанных между собой по решаемым задачам КА при неразвитом наземном комплексе приема, сбора, обработки данных. Этот подход привел к существенному отставанию отечественного космического мониторинга, поэтому рынок данных ДЗЗ в России захвачен зарубежной продукцией. В связи с этим в большинстве организаций и учебных заведений, специализирующихся в геоинформатике, как и в федеральных и региональных органах власти получили распространение зарубежные ГИС с присущими им форматами данных и структурами основных файлов. В стране возникла проблема стандартизации данных для эффективного обмена между информационными системами и обеспечения качества информационных продуктов стандартами на структуру, содержание и протоколы передаваемой информации.

Для решения этих проблем и ликвидации отставания в области ДЗЗ проекты систем космического мониторинга должны опираться на потребности экономически самостоятельных регионов России, заинтересованных в информационном обеспечении управления территориями. В сети наземных средств приема и обработки информации необходимо создание региональных геоинформационных комплексов (РГИК) как ядра формирования информационной среды регионов, объединяющего другие информационные структуры и унифицирующего их на основе общих требований. Региональные геоинформационные комплексы, располагая средствами приема дистанционной информации, автоматизированной интерпретации материалов ДЗЗ, моделирования процессов изменения окружающей среды, компьютерного синтеза тематических карт, будет способствовать выработке стратегии и программ развития региона. В обмен на обязательства разработчиков проекта обеспечить поставку средств автономного приема и обработки данных ДЗЗ, гарантийное сервисное обслуживание, научно-техническое и методическое сопровождение использования этих данных широкий круг потребителей в регионах России сможет обеспечить финансовую

поддержку проекта. Развитая среда региональных пользователей в качестве внутреннего рынка информационного продукта станет опорой космической отрасли и даст импульс разработке средств космического мониторинга и геоинформационных технологий с преобладанием отечественных интересов.

На начальной стадии проектирования проектант средств космического мониторинга поставлен перед выбором типа космического аппарата, состава и основных характеристик съемочной системы, структуры сети наземных пунктов приема, обработки и архивации, способов передачи цифровых данных ДЗЗ от космического аппарата. Чтобы избежать просчетов, которые могут отрицательно повлиять на конкурентоспособность проекта, необходимо следить за тенденциями в дистанционном зондировании Земли.

Благодаря новым технологиям в приборостроении, материаловедении, двигателестроении, получили развитие малогабаритные космические аппараты с массами от 50 и менее до 100 кг, что позволяет сократить расходы за счет стоимости запуска, используя легкие ракеты-носители или выводя малогабаритные КА в кластерных пусках на тяжелых РН.

Существуют разные возможности использования таких спутников ДЗЗ: для отработки экспериментальных технологий съемки; в качестве многоспутниковой группировки однотипных КА с взаимодополняющими съемочными системами; в составе смешанной группировки для повышения периодичности обзора и экономии ресурса тяжелых спутников. Организация баллистического построения и управления многоспутниковыми группировками представляет довольно сложную научно-практическую задачу обеспечения оперативных наблюдений, управления полетом и обслуживания каналов передачи данных с минимальными эксплуатационными затратами.

Однако в отличие от оптикоэлектронных съемочных систем радиолокационные средства размещать на малых спутниках крайне затруднительно из-за большого энергопотребления и крупногабаритных антенн. Активные локационные средства на борту влекут за собой систему энергоснабжения с ёмкими аккумуляторными

батареями и многосекционными солнечными батареями. Большинство регионов России доступны для наблюдения с орбиты в оптическом диапазоне преимущественно в летний период, т.к. состояние облачного покрова и длительность темного времени суток в другие сезоны не позволяют проводить съемку поверхности Земли в коммерческих целях. Географические и климатические условия России создают предпосылки для развития всепогодных космических радиолокационных съемочных систем. Особенно актуальны космические радиолокационные системы для северных регионов, нуждающихся в оперативной информации о волнении и ледовых полях на морских путях для планирования маршрутов ледокольных и других судов. Освоение Арктического шельфа потребует обеспечения безопасности поисково-разведочных работ на нефть и газ и танкерных перевозок, а для этого необходим мониторинг ледовой обстановки, миграции ледовых полей.

Оперативное наблюдение территории России, простирающейся в западно-восточном направлении на 10 000 км с необходимой пространственной частотой и временной регулярностью можно обеспечить с солнечно-синхронных орбит, разнесенных по долготе восходящего узла. Радиолокационные съемочные системы имеют здесь перед оптикоэлектронными преимущество в широте полосы охвата без ухудшения разрешения на местности, что позволяет обойтись сравнительно небольшой спутниковой группировкой. Перспективы использования космических радиолокаторов с синтезированием апертуры антенны (РСА) связаны с высокой точностью привязки изображений благодаря активному характеру зондирования, возможностью подповерхностного проникновения в земной покров для исследования геологических структур, с многопозиционным приемом отраженного сигнала на две или несколько бортовых антенн для построения цифровых моделей рельефа. Дополнительное преимущество дает возможность определения скорости движения объектов по поверхности Земли или на море на интервале наблюдения.

Российский рынок радиолокационных данных ДЗЗ не столь перегружен информационными продуктами зарубежных компаний,

как рынок оптикоэлектронных данных, но и в этом сегменте продвижение материалов ДЗЗ на рынок сопровождается и стимулируется распространением программных пакетов для обработки данных, позволяющих выполнять геометрическую и радиометрическую коррекцию радиолокационных изображений, текстурный анализ, фильтрацию и преобразование форматов. Изучая запросы потенциальных потребителей, необходимо учитывать их предпочтения в форматах данных ДЗЗ, сопряженных с распространяемыми программно-аппаратными средствами их обработки. В конечном счете, такая работа должна привести к стандартизации форматов данных ДЗЗ, протоколов их передачи и созданию единой национальной инфраструктуры пространственных данных.

Диапазон приложений данных ДЗЗ можно значительно расширить, если система космического мониторинга будет сочетать возможности оптикоэлектронной и радиолокационной съемки в рамках комплекса аппаратуры, размещенной в одной многоспутниковой группировке или на одном космическом аппарате, как, например, на японском спутнике ALOS.

Для пользователей космоснимков важными характеристиками съемочных систем являются разрешение на местности и точность привязки объектов на поверхности Земли к планово-высотной основе. Предъявляя требования к разрешению на местности, пользователи исходят из специфики своих задач. Телекоммуникационные, транспортные, строительные и проектные компании для планирования городской застройки, прокладки коммуникаций, трубопроводов, дорог используют снимки с особо высоким разрешением, позволяющим различать на них объекты с размерами меньше метра. Высокоточные данные востребованы также землеустроителями и при оперативном поступлении незаменимы для обеспечения поисково-спасательных операций. Спутники особо высокого разрешения служат средством видовой разведки и являются спутниками двойного назначения.

Принятая в 2003 г. директива президента США, определяющая государственную политику в области коммерческих данных ДЗЗ, вменяет в обязанность государственных структур

для решения своих задач использовать данные коммерческих спутников ДЗЗ, создавая условия, благоприятствующие окупаемости дорогостоящих КА. Снимки с американских коммерческих спутников используются как в топографических целях, так и для оценки эффективности боевых действий.

Снимки среднего пространственного разрешения (от 10 м до нескольких десятков метров) – основной источник данных для мониторинга природной среды. Так, снимки французских спутников SPOT с разрешением 10 м при панхроматической съемке и 20 м – при многозональной широко используются для изучения состояния растительного покрова и прогноза продуктивности сельскохозяйственных культур; в период вегетации агропромышленный комплекс Франции имеет наиболее высокий приоритет в проведении съемок. Оперативная и детальная информация о состоянии выращиваемых культур необходима для планирования и оценки эффективности агротехнических мероприятий и позволяет получать высокие урожаи. Многозональная съемка со спутника Landsat (аппаратура TM-5) с разрешением 30 м использовалась, в частности, для картографирования болотных угодий Европейского севера России с разделением их по типам. Спутниковый мониторинг Минсельхоза России использует главным образом бесплатно распространяемые данные спектрорадиометра MODIS, входящего в состав съемочных систем американских спутников Terra и Aqua. Пространственное разрешение в зависимости от спектрального канала составляет 250 м, 500 м и 1 км.

Снимки очень низкого пространственного разрешения (от 500 до 1 000 м) спутников с такой съемочной аппаратурой, как радиометрические камеры Vegetation (SPOT) или AVHRR (NOAA) используются для глобального космического мониторинга урожайности сельскохозяйственных культур, выявления типов растительного покрова, для мониторинга лесных пожаров, в метеорологии. Данные этого типа с широкой полосой захвата (около 2 500 км) обеспечивают ежедневную съемку любого участка суши. Пространственное разрешение дополняется радиометрическим, от которого зависит различимость деталей на ярчайших

или самых темных участках снимка. Благодаря широкому диапазону градаций яркости радиометра AVHRR (уровень квантования сигнала 10 бит на пиксель по сравнению с обычными шестью-восемью битами) и точной радиометрической калибровке, такая съемка позволяет идентифицировать, например, очаги пожаров с диаметром 30 м, хотя на один пиксель AVHRR приходится примерно 4 356 пикселей системы ASTER спутника Terra с разрешением на местности 15 м.

Задача определения состава бортового комплекса съемочной аппаратуры является наиболее ответственной во всем проекте, но его коммерческий успех существенно зависит и от готовности наземного сегмента мониторинга к оперативной обработке и распространению данных. Существует несколько типов приемных станций. Большие станции с антеннами диаметром 8–10 м отличаются универсальностью и могут принимать данные со всех типов космических аппаратов дистанционного зондирования, в том числе высокоскоростные потоки со спутников высокого разрешения. Средние станции обычно предназначены для приема данных с определенных спутников ДЗЗ, как, например, комплекс для приема метеорологических данных со спутников типа «Метеор» с диаметром антенны 7 м.

Малогабаритные приемные станции весьма разнообразны и широко распространены, поскольку оперативно обслуживают широкий круг потребителей. Такие станции комплектуются аппаратурой для предварительной обработки данных и управления антеннами с диаметром от 3 до 4 м.

Средние и большие станции в России разрабатывают НИИТП и РНИИ КП, малогабаритные – инженерно-технологический центр (ИТЦ) СканЭкс. В серию малогабаритных станций ИТЦ СканЭкс входят станции УниСкан для приема данных со скоростью 100 Мбит/с от спутников IRS 1C/1D, Radarsat, «Метеор-3М», а также ЕОСкан (КА Terra, Aqua), СканЭр – со скоростью до 15, 36 Мбит/с и многочисленные (около 80) станции типа «Лиана» и СканЭкс для приема данных низкой скорости от метеорологических спутников NOAA. На базе технологии УниСкан разработан также мобильный автономный

комплекс для приема, хранения и обработки информации с пространственным разрешением от 1 000 до 5,8 м со спутников Terra, Aqua, «Метеор-3М», IRS 1C/1D. Время подготовки комплекса с мобильной разборной площадкой для установки антенной системы и передвижной лабораторией на базе прицепа «Купава» – не более четырех часов. Наземные станции приема в составе унифицированных пунктов приема и обработки информации двух типов с антеннами ПС-137 (137 МГц) и ПС-1,7-8,2 (1,7 ГГц и 8,2 ГГц) созданы в НПО «ОПТЭКС» («Оптикоэлектронные комплексы и системы», Зеленоград). Первая из них предназначена для работы со спутниками «Метеор», NOAA, «Океан», а вторая может обслуживать все проектируемые российские КА ДЗЗ («Аркон», «Кондор», «Монитор» всех модификаций), а также многие зарубежные. Югорский НИИ информационных технологий располагает универсальным пунктом приема и обработки информации, оснащенным антенной ТНА-9П диаметром 9 м, разработанной НИИ КП для приема информации со скоростью до 320 Мбит/с в X-диапазоне частот. Кроме того, используя антенну диаметром 3,7 м, комплекс ведет прием информации в двух диапазонах частот S(1,65–1,75 ГГц) и X(8,00–8,40 ГГц) со скоростью до 128 Мбит/с. Для приема данных низкой скорости в X-диапазоне служит антенна Скан Экс диаметром 0,9 м. Наведение антенн, оперативный просмотр, регистрация, обработка и архивация информации проводятся на базе кластера из восьми компьютеров и суперкомпьютера SMP Sun Fire 1500.

Компании-операторы спутников ДЗЗ размещают наземные приемные пункты (НПП) в районах с наибольшим количеством потребителей, а съемка поверхности Земли сочетается с одновременной передачей данных. Так, наземный сегмент спутниковой системы SPOT состоит из 19 НПП, которые вводились в строй с 1986 г. Канадская компания-оператор RSI (Radar Sat International) располагает сетью из 23 НПП, что позволяет вести оперативную радиолокационную съемку со спутника Radarsat-1 около трех четвертей суши и ежедневно обновлять базу данных о ледовой обстановке вблизи северного побережья Канады. Использование северных НПП обеспечивает доступ к радиолокационным

изображениям ледовых полей через 2–4 ч после получения данных от КА Radarsat-1. Среди заказчиков RSI, кроме Службы ледовой обстановки Канады, Метеорологический институт Дании, правительство Финляндии, Космический центр Норвегии и Министерство обороны США.

Технико-экономическое обоснование выбора типа космического аппарата, съемочной системы и структуры сети наземных пунктов приема должно опираться на исследование состояния и перспектив отечественного рынка данных ДЗЗ и основываться на определенных технических преимуществах проектируемой системы космического мониторинга. Первый этап разработки системы заканчивается, когда четко определены цель и требования, которым должен отвечать проект в целом. Вслед за этим следует уяснить конкретные задачи, которые необходимо решить для достижения цели, и определить соответствующие средства.

На этапе эскизного проектирования систем космического мониторинга обосновывается техническая реализуемость проекта и его основных характеристик, таких как покрытие территории, периодичность ее обзора, срок активного функционирования космического аппарата, надежность, автономность, оперативность доставки данных потребителям. Необходимо определить потребные скорости передачи данных и способы передачи в наземные пункты обработки и архивации (через КА-ретранслятор; с записью данных в бортовое запоминающее устройство и последующим воспроизведением в зоне радиовидимости НПП; съемка с одновременной передачей данных на НПП), а также скорости передачи команд и программ управления на спутник.

Состав съемочной аппаратуры определяет требования к точности ориентации, динамике режимов съемки, параметрам орбиты и орбитальному маневрированию, к системам энергоснабжения, терморегулирования, бортовому радиокомплексу, алгоритмам бортовой и наземной обработки данных, программному обеспечению и структуре бортового цифрового вычислительного комплекса, средствам управления и планирования сеансов съемки поверхности Земли.

Планируя размещение аппаратуры ДЗЗ, следует отдать предпочтение зарекомендовавшим себя в натурных испытаниях универсальным

космическим платформам, если существует возможность их адаптации к съемочной системе. Конструкция платформы и посадочные места для аппаратуры должны удовлетворять требованиям отсутствия затенений полей зрения со стороны внешних элементов конструкции, бликов и световых помех, обеспечивать возможность юстировки осей визирования аппаратуры со строительными осями платформы, ограничивать возможные механические колебания конструкции по амплитудам и частотам. Кроме этого, необходимо предусмотреть возможность демонтажа и замены блоков аппаратуры при ее доработке и для обеспечения ремонтпригодности. Требования к служебным системам космической платформы сводятся к обеспечению нормального функционирования КА. Если же использовать существующие платформы для реализации возможностей съемочной системы невозможно, возникает задача проектирования спутника ДЗЗ в расчете на располагаемые средства выведения.

Проектант систем космического мониторинга может многое почерпнуть из опыта авиастроения. Михаил Симонов, создавший самый известный российский истребитель Су-27, в одном из интервью (газета «Известия» от 12.10.2004 г.) сказал: «Боюсь быть неправильно понятым, но самолет создается как бы сам по себе. Мы знаем, какие характеристики и размеры должен иметь радиолокатор, за ним должен стоять комплект электронного оборудования, показывающего положение машины в полете, затем пилотская кабина с катапультным креслом, электронный отсек – здесь сосредоточена вся электроника, управляющая самолетом. Вот первая часть самолета и обрисовалась. Дальше мы должны обеспечить преимущество над противником – лучшие летные характеристики, лучшие углы атаки. Решаем, какие крылья должны быть. Вот так потихоньку и формируется самолет. И после того как это произойдет, надо еще придумать, куда ракеты разместить, двигатели поставить, налить керосин. «Если бы мы рисовали самолет сразу, а потом в него все впихивали, то ничего туда бы не влезло».

Процесс инженерного проектирования не дорога с односторонним движением от одного этапа к другому, движение может происходить

с возвратом к уже пройденному на новом уровне осознания и глубины понимания проблемы. Этот процесс складывается из получения ряда вариантов, основанных на новых идеях, детального изучения этих вариантов и выбора одного из их числа. Проектант связан временными, финансовыми, производственными и технологическими ограничениями. К тому же в большинстве случаев принимать решение приходится в условиях неопределенности, т.к. многие из существенных факторов, которые влияют на выбор, не поддаются количественному анализу, и компромисс достигается путем минимизации рисков проекта. Для оценки надежности технических систем существуют стандартные методики расчета, основанные на математических моделях отказов элементов с вероятностями, полученными из опыта испытаний и эксплуатации. Но эти методики не могут учесть человеческий фактор, недостатки организации процесса проектирования, которые могут проявиться в несогласованности исходных данных и требований для разных групп разработчиков, в просчетах на стыках зон их ответственности, в недоработках программ моделирования и испытаний. Особенно критичны ошибки в программном обеспечении, чреватые серьезными последствиями для всего проекта. Поэтому необходимо изучать причины аварий технических систем и обобщать их, накапливая опыт.

Проектируемая система может занять достойное место на рынке ДЗЗ, если с самого начала рассматривается как часть глобального проекта и требования к ней соотнобразуются с международными стандартами качества, если обеспечивается сопоставимость и взаимодополняемость данных, согласованность форматов основной

и служебной информации в рамках международной кооперации.

Информационный продукт космического мониторинга привязан к Земле как к источнику всех жизненно важных ресурсов. Технологии дистанционных наблюдений дают объективные свидетельства для разрешения межгосударственных конфликтов в сфере экологии. Оценка количественных и качественных характеристик ресурсов определяет перспективы экономического развития, владение этой информацией дает преимущества в конкурентной борьбе. Проектант систем космического мониторинга, если он хочет преуспеть в своей профессии, не должен ограничиваться решением только технических проблем, сколь сложны они ни были бы, а подниматься на уровень глобального мышления в экологическом, экономическом, социальном и политическом планах.

В целях интеграции и обновления данных о состоянии территорий необходимо создать геоинформационную инфраструктуру – единую сеть региональных и ведомственных геоинформационных центров. Ведущую роль в ее создании призваны играть грид-технологии, позволяющие объединить вычислительные мощности и ресурсы геоинформационных центров для обработки потоков данных большого объема и обмена дистанционной и наземной информацией с использованием общих стандартов.

Создание геоинформационного пространства России позволит комплексно оценивать степень устойчивости развития по всем составляющим, включая экономический потенциал, экологическую и демографическую ситуации, качество жизни в регионах, взвешенно принимать управленческие решения на всех уровнях.



Информация об авторе

Гансвинд Игорь Николаевич, ведущий инженер лаборатории Систем космического мониторинга
Научный геоинформационный центр РАН
119019, Москва, Российская Федерация, Новый Арбат, 11
E-mail: mail@ngic.ru

Information about author

Gansvind Igor Nikolaevich, Leading engineer of laboratory space monitoring systems
Scientific Geo-Information Center RAS
119019, Moscow, Russian Federation, Novy Arbat st., 11
E-mail: mail@ngic.ru

А.М. Бадалян

И.Е. Бруни

старший научный сотрудник

А.Ю. Воробьев

научный сотрудник

В.М. Еремин

В.В. Лебедев

руководитель отдела Инновационных проектов

В.А. Харитонов

канд. техн. наук, заведующий лабораторией

Научный геоинформационный центр РАН

Москва, Российская Федерация

E-mail: mail@ngic.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ В ГОРОДАХ ПО МАТЕРИАЛАМ ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА

Представлены методика и результаты дистанционного мониторинга транспортных потоков, проведенного в Москве в ноябре 1999 г. по методике Научного геоинформационного центра РАН, с использованием геоинформационных технологий. Эти исследования включали в себя ряд последовательно проводимых операций: выполнение специальной аэрофотосъемки улично-дорожной сети, компьютерное дешифрирование транспортных потоков, определение по снимкам скорости движения автомобилей, расчет основных параметров транспортных потоков. По материалам аэросъемки произведен расчет загрязнения воздуха автотранспортом для участка Проспекта Мира, по методике НИИ автомобильного транспорта и Министерства охраны окружающей среды и природных ресурсов РФ. Полученные в результате исследования данные могут являться опорными для гибкого управления перераспределением транспортных потоков в зависимости от времени суток и погодных условий с целью регулирования интенсивности движения и экологической ситуации в крупном городе.

Ключевые слова: аэрофотосъемка; транспортные потоки; компьютерное дешифрирование; Москва.

A.M. Badalyan

I.E. Bruny

Senior Researcher

A.Y. Vorobyev

Researcher

V.M. Eremin

V.V. Lebedev

Head of Innovative Projects

V.A. Charitonov

Cand. of Tech. Sciences, Head of the deciphering

materials Laboratory

Scientific Geo-Information Center RAS

Moscow, Russian Federation

E-mail: mail@ngic.ru

SIMULATION OF ENERGY AND ECOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE TRAFFIC FLOW IN CITIES BASED ON REMOTE MONITORING

The paper presents the methodology and results of remote monitoring traffic flows, held in Moscow in November 1999, according to the procedure of Geoinformation Scientific Center, RAS, using geographic information technologies. These studies included several series of operations: some special aerial photography of the road network, computer decryption of traffic flows, definition images on vehicle speed, the calculation of basic parameters of traffic flows. Based on materials from aerial survey calculated the air pollution from vehicles to the site of Prospect Mira, based on the procedure of the Research Institute of Road Transport and on the Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of the Russian Federation. The resulting study data could be support for flexible management of the redistribution of traffic flows depending on time of day and weather conditions with the aim to control traffic and environmental situation in the big cities.

Keywords: aerial photography; traffic flows; computer decoding; Moscow.

Введение

В последнее десятилетие одной из важнейших проблем Москвы стала транспортная проблема. По сведениям, полученным из Управления транспорта и связи Правительства Москвы, ежегодный прирост транспорта в столице составляет 15 %. Структура городской транспортной сети и ее несоответствие современным условиям вызывают образование многочисленных пробок, снижение скорости движения и соответствующий уровень загрязнения окружающей среды. Улучшение организации дорожного движения может увеличить пропускную способность городских магистралей только на 15–20 % за счет перераспределения автотранспорта. Существенно изменить ситуацию может только комплекс мероприятий по реконструкции улично-дорожной сети (УДС) города и переход на новый уровень технической оснащенности системы организации и управления движением.

С этой целью в ноябре 1999 г. впервые были проведены исследования по мониторингу транспортных потоков основных магистралей и центра Москвы совместно наземными и дистанционными средствами. Наземные обследования проводились по традиционной методике – поминутной записи номерных знаков проезжающих автомобилей. Для этого было задействовано более 1 500 человек и 40 подвижных лабораторий. В результате работы были определены: загрузка транспортной сети, интенсивность и структура транспортных потоков.

Вторая часть исследования по обработке и анализу материалов о характере транспортных потоков производилась с помощью методов дистанционного мониторинга и геоинформационных технологий. Она включала в себя ряд последовательно проводимых операций: выполнение специальной аэрофотосъемки (АФС) улично-дорожной сети Москвы, компьютерное дешифрирование транспортных потоков (распознавание движущихся и стоящих транспортных средств на улицах города), определение по снимкам скорости движения автомобилей, расчет основных параметров транспортных потоков (средняя временная

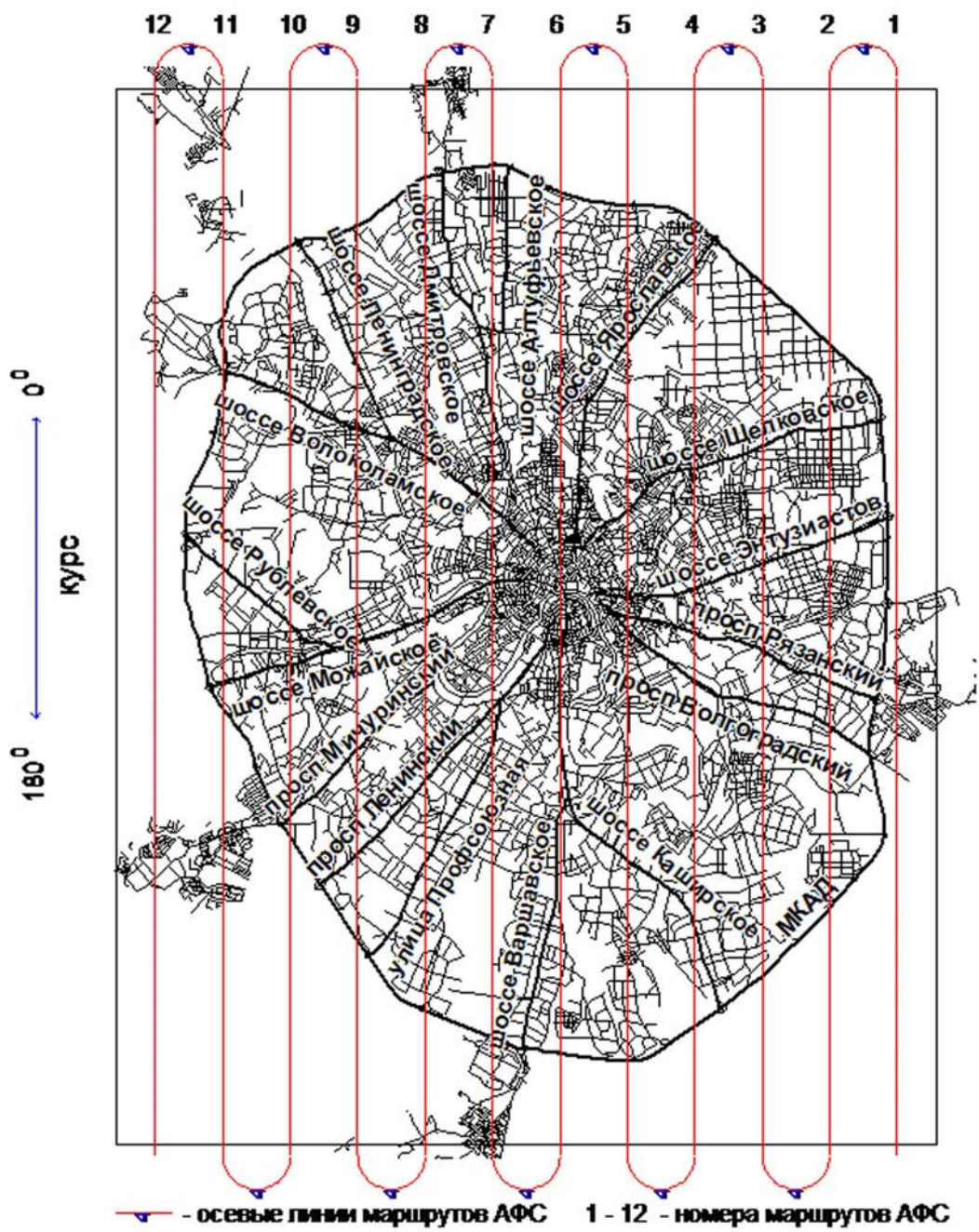
скорость, средняя пространственная скорость, плотность потока, интенсивность движения).

1. Дистанционный мониторинг транспортных потоков Москвы

1.1. Постановка задачи

Аэрофотосъемка Москвы выполнена 26.11.99 г. в пределах МКАД с охватом окружающей территории и жилых массивов: Солнцево, Митино, Ново-Косино, Бутово с самолета аэрофотосъемщика АН-30 в период с 11 до 13 ч московского времени по 12-ти перекрывающимся маршрутам, ориентированным в направлении север – юг – юг – север, с высоты 4 800 м в масштабе 1:15 700 (рис. 1). Затем, с 13 до 13.30 ч дополнительным отдельным маршрутом была заснята трасса Московской кольцевой автомобильной дороги. Съемку всех маршрутов проводили аэрофотоаппаратом LMK-1000 (Карл Цейсс Йена) с фокусным расстоянием объектива 305 мм на черно-белую панхроматическую аэрофотопленку Кодак 2405 высокого разрешения. Аэрофотоаппарат включался через каждые 4 с. Время съемки каждого кадра регистрировалось с точностью 1 с таймером АФА и с точностью 0,0001 с космической навигационной аппаратурой GPS. Впервые съемку Москвы проводили практически в зимних условиях при углах Солнца не более 14° в полдень, которые сложны слабой освещенностью территории и образованием больших теней в городской застройке.

Задача определения характеристик транспортных потоков решалась на персональных компьютерах (процессор Intel Pentium-III 500 МГц, оперативная память 128 Мб) с использованием ГИС технологий в среде MapInfo. При этом было разработано специализированное программное обеспечение на ГИС ориентированном языке MapBasic. Созданная технология позволила определить плановое положение движущихся и припаркованных транспортных средств с их разделением по типу, направлению движения и по полосам. Кроме того, для выделенных транспортных средств (более 10 000 автомобилей) определялись вектор и величина перемещения (в метрах) за выбранный интервал времени (в секундах). Пример



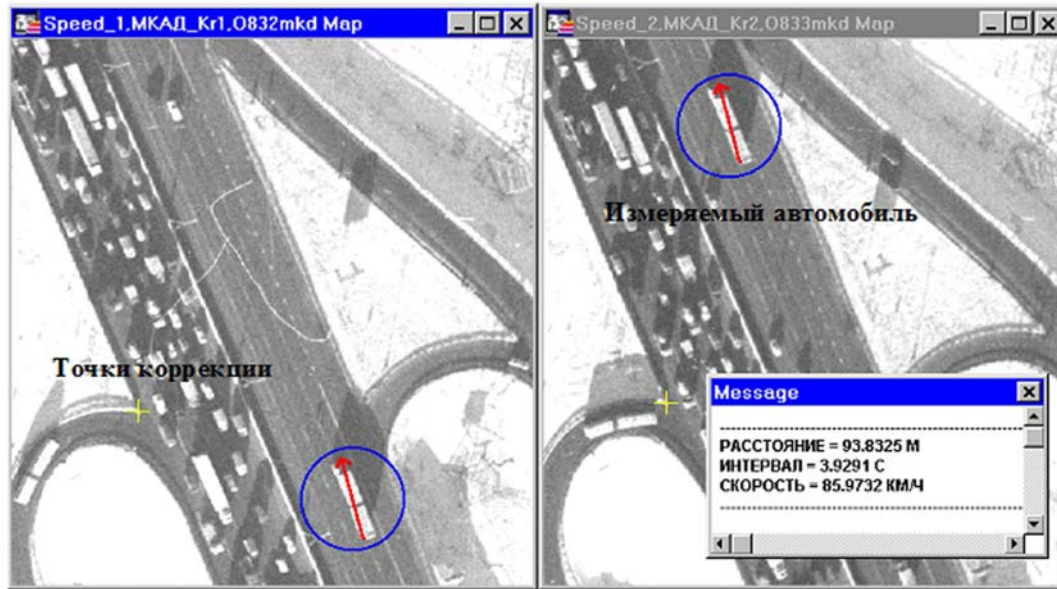


Рис. 2. Пример определения скоростей автотранспортных средств-

определения скоростей автомобилей представлен на рисунке 2. Для УДС, разбитой на отдельные участки от перекрестка к перекрестку, вычислялись средние пространственная и временная скорости (км/ч), плотность транспортного потока (шт./км) и интенсивность движения (шт./ч) (см. таб. 1). Абсолютные погрешности, допущенные при проведении расчетов: 0,5 м – для планового положения автомобилей и 0,3 км/ч – по скорости.

Топографическая аэрофотосъемка масштаба 1:10 000 является наиболее востребованной и используется для обновления картографической основы и ведения земельного кадастра Москвы. Основным отличием специальной АФС от топографической АФС является большая величина перекрытия соседних снимков (90 % против 60 %).

1.2. Итоги дистанционного мониторинга транспортных потоков

По результатам обработки материалов аэрофотосъемки были созданы базы данных по всем крупным магистралям и центру Москвы. Каждая из них представляет собой индексированный набор отобранных цифровых фотопланов в формате TIFF с соответствующей атрибутивной информацией, включающей в себя (рис. 3):

- время, высоту и скорость съемки, номер маршрута, номер снимка в маршруте;
- плановое положение выделенных движущихся в потоке транспортных средств с их разделением по типу, направлению движения и по полосам;
- вектор и величину перемещения (в метрах) за выбранный интервал времени (в секундах) и оценку скорости (км/ч) – для выделенных движущихся транспортных средств.

Как было отмечено ранее, мониторинг дорожного движения проводился как по традиционной методике наземными средствами, так и дистанционно – с использованием специальной аэрофотосъемки. Получаемые при использовании наземных методов параметры транспортных потоков являются усредненными за промежуток времени от нескольких часов до нескольких дней. В результате дистанционного мониторинга фактически получаем мгновенные значения параметров транспортных потоков, которые они могут меняться во времени в достаточно широких пределах. В связи с этим сравнивать результаты дистанционного и наземного обследований допустимо на достаточно больших улицах, магистралях или в центре города в целом, где временная динамика не столь существенна.

На основании приведенной таблицы можно сделать вывод о том, что пространственное

Таблица

Код	Наименование	Количество транспортных средств												Характеристики участка						
		припаркованных				стоящих				движущихся				Итого	L, м	Кол. авт.	Vs, км/ч	Vt, км/ч	P, шт/км	N, шт/ч
94	Тверская	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4							
Нечетная сторона (№ №)																				
928	д. 3–5	13	2	0	0	3	1	0	0	4	2	0	0	25	165,5	4	15,6	35,2	60	937
937	д. 7–7	8	1	0	0	3	0	0	0	8	2	0	0	22	108,6	5	6,5	39,7	119	768
875	д. 9–9	6	1	0	0	0	0	0	0	12	7	0	0	26	145,6	10	40,6	42,4	130	5 283
876	д. 11–11	18	2	0	0	1	0	0	0	14	4	0	0	39	111,0	11	37,9	40,2	171	6 479
877	д. 13–13	0	0	0	0	1	1	0	0	8	0	0	0	10	57,9	3	30,1	37,8	172	5 169
874	д. 15–15	0	0	0	0	5	0	0	0	5	4	0	0	14	97,9	5	20,6	52,6	142	2 921
Итого		45	6	0	0	13	2	0	0	51	19	0	0	136	686,5	38	20,5	37,7	206	4 230
Четная сторона (№ №)																				
928	д. 4–4	46	4	0	0	0	0	0	0	50	9	0	0	109	165,5	25	12,7	21,5	356	4 520
937	д. 4–4	0	0	0	0	4	0	0	0	6	8	0	0	18	108,6	9	19,2	32,3	165	3 162
875	д. 6–6	42	0	0	0	1	1	0	0	30	14	0	0	88	145,6	11	8,1	18,9	316	2 558
876	д. 6–6	23	3	0	0	2	1	0	0	21	11	0	0	61	111,0	11	6,3	14,8	315	1 999
877	д. 6–8	0	0	0	0	1	0	0	0	3	1	0	0	5	57,9	3	19,8	25,3	86	1 705
874	д. 8–8	1	0	0	0	0	0	0	0	7	2	0	0	10	97,9	5	37,3	43,4	91	3 399
Итого		112	7	0	0	8	2	0	0	117	45	0	0	291	686,5	64	17,0	30,0	252	4 279
Всего		157	13	0	0	21	4	0	0	168	64	0	0	427	1 716,2	128	18,75	33,85	229	4 255

Условные обозначения: 1 – легковые, микроавтобусы; 2 – грузовые, «Газель»; 3 – автобусы, троллейбусы; 4 – мотоциклы; L – длина участка, м; Vs – средняя пространственная скорость (км/ч); Vt – средняя временная скорость (км/ч); P – плотность потока (шт/км); N – интенсивность движения (шт./ч).

и временное усреднение параметров транспортных потоков для больших участков УДС дает близкие результаты. Это указывает на возможность совместного использования результатов наземных и дистанционных методов. Достоинством последних является высокая точность, т.к. они базируются на фактическом материале аэрофотосъемки. Это обусловлено возможностью точного измерения скоростей транспортных средств, а также исключением погрешностей, свойственных счетчикам. Достоинством наземных методов является возможность исследования протяженной во времени динамики дорожного движения. Поэтому комплексное исследование транспортных потоков должно включать в себя как наземные, так и дистанционные методы [1, 2].

2. Расчет загрязнения воздуха автотранспортом по материалам аэросъемки

2.1. Методика расчета

Данные о параметрах движения транспортных потоков вдоль каждой улицы, магистрали Москвы и их разделение по типам машин

позволили перейти к решению одной из важнейших задач – расчету уровней загрязнения атмосферы выбросами автотранспорта. Для этой цели была использована методика, разработанная специалистами НИИ автомобильного транспорта и Министерства охраны окружающей среды и природных ресурсов РФ.

Методика позволяет проводить расчет объемов выбросов загрязняющих веществ транспортными потоками при движении автомобилей по городским магистралям с оценкой их воздействия на окружающую среду и разработкой архитектурно-планировочных решений и мероприятий по совершенствованию организации дорожного движения (ОДД), осуществлять поиск вариантов по реконструкции УДС с проведением обоснования их технико-экономических показателей.

Далее представляем суть использованной методики, которая учитывает выбросы следующих загрязняющих веществ:

- оксид углерода – CO;
- углеводороды – CH₄;
- оксиды азота – NO_x (в пересчете на NO₂);
- твердые частицы (сажа) – С;
- диоксид серы – SO₂;

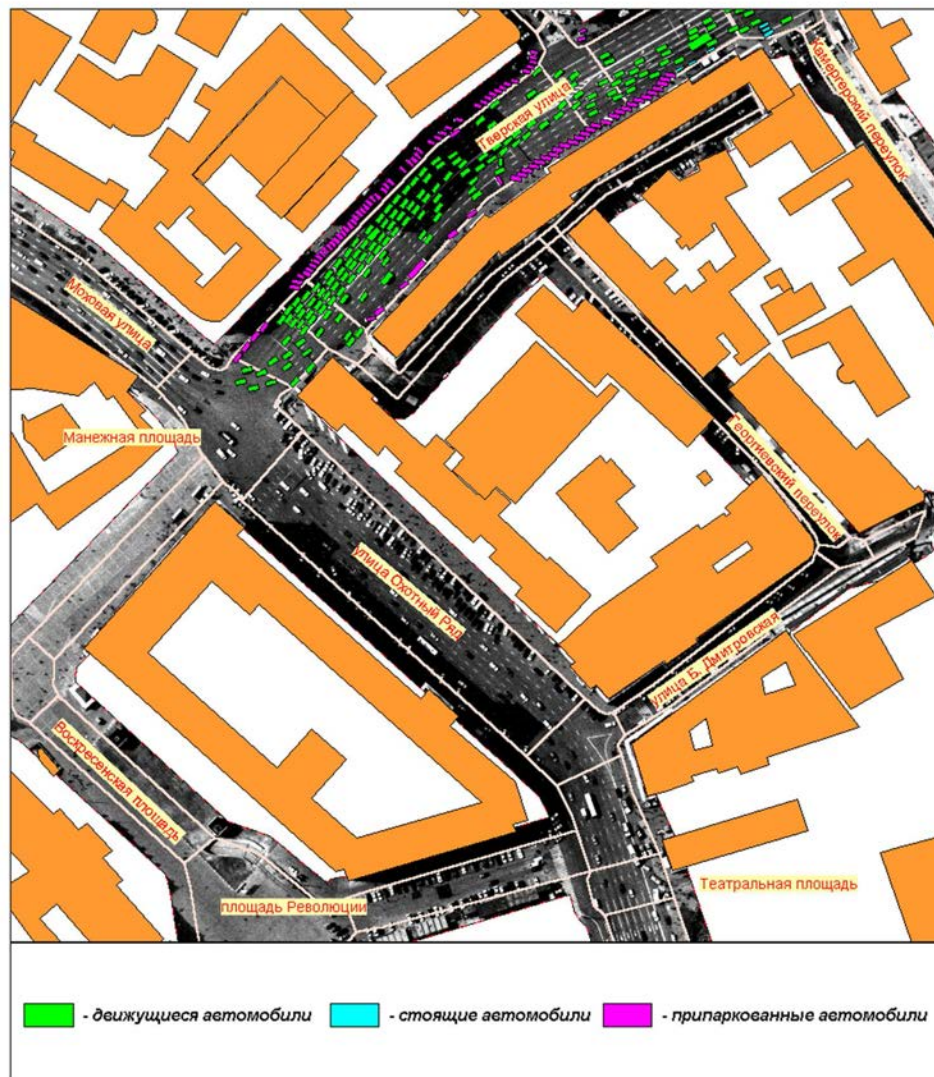


Рис. 3. Выборка из картографической базы данных по фрагменту ул. Тверская (в базе данных разделение машин – движущихся, стоящих и припаркованных выражено цветом, что на черно-белом снимке контрастом выделит не возможно)

– соединения свинца – Pb.

При расчете выбросов загрязняющих веществ автомобилей в транспортном потоке учитывается наличие установившихся и неустановившихся режимов движения автотранспорта. Поэтому, в общем виде величина выброса i -го загрязняющего вещества M_i на участке улицы длиной l за единицу времени может быть определена по формуле

$$M_i = M_{li} + D_i$$

где M_{li} – выброс i -го загрязняющего вещества при непрерывном движении транспортного потока, г/ч; D_i – дополнительный выброс i -го загрязняющего вещества, связанный с задержкой транспортных средств, г/ч.

Величина M_{li} отражает неизбежный выброс, определяемый техническими характеристиками и состоянием транспортных средств, скоростью движения, интенсивностью движения и дорожными условиями. Величина D_i отражает увеличение выброса, связанное с неустановившимися режимами движения транспортных средств (торможение и разгон, работа двигателя на холостом ходу).

В реализации данного подхода участок транспортной сети города представляется в виде отдельных элементов УДС: перегонов и перекрестков. Выброс загрязняющих веществ M_{li} определяется для каждого перегона, исходя из направления движения, протяженности данного участка, числа полос и интенсивности и скорости движения в каждом направлении.

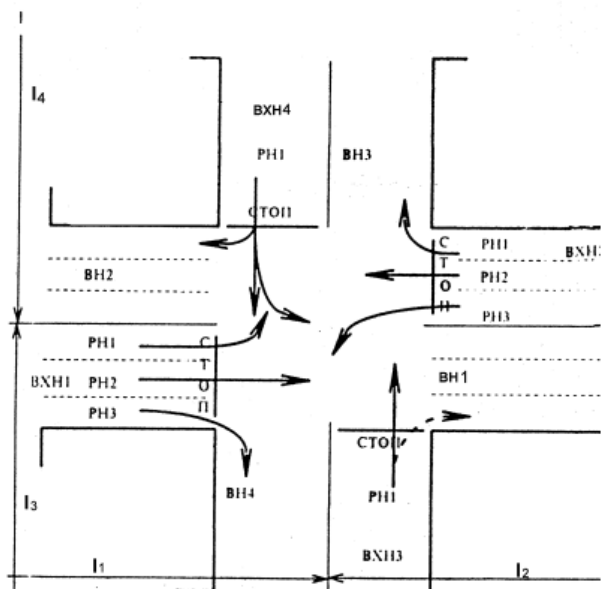


Рис. 4. Перекресток как совокупность регулируемых направлений

Дополнительный выброс D_i рассчитывается для каждого регулируемого и нерегулируемого перекрестка, который представляется в виде совокупности регулируемых направлений (РН) (рис. 4).

Регулируемое направление включающее в себя одно или несколько геометрических направлений движения транспортных средств на подходе к перекрестку, имеющих общую полосу движения и управляемых общим сигналом светофора. Каждое РН характеризуется количеством остановок автомобилей, временем работы двигателя на холостом ходу и скоростью движения на входном и выходном участках.

При расчетах транспортный поток подразделяется на пять групп расчетных автомобилей:

- расчетный легковой автомобиль (РЛА);
- расчетный грузовой автомобиль с бензиновым двигателем (РГАБ);
- расчетный грузовой автомобиль с дизельным двигателем (РГАД);
- расчетный автобус с бензиновым двигателем (РАБ);
- расчетный автобус с дизельным двигателем (РАД).

Каждая из указанных групп представляет собой модель соответствующего транспортного средства, усредненную по различным его модификациям.

Для крупных городов России доля РГАБ составляет 71 %, РГАД – 29 % из общего количества грузовых автомобилей, а для РАБ – 37 %, РАД – 63 % из общего количества автобусов в потоке.

Согласно данной методике, выброс i -го загрязняющего вещества для входного и выходного направлений M_{li} определяется по формуле

$$M_{li} = \sum_{k=1}^5 m'_{lik} l_n N_{kn}, \text{ г/ч}$$

где m'_{lik} – пробеговой выброс i -го загрязняющего вещества автомобилем k -й расчетной группы, г/км; l_n – длина n -го перегона входного или выходного направления, км; N_{kn} – интенсивность движения автомобилей k -й расчетной группы на n -м перегоне, авт/ч.

Дополнительный выброс i -го загрязняющего вещества D_i для соответствующего РН определяется по формуле

$$D_i = \sum_{k=1}^5 (m'_{sik} + m''_{sik} S + m_{xxik} t_{xx}) N_{ok}, \text{ г/ч}$$

где m'_{lik} – дополнительный выброс i -го загрязняющего вещества на остановку автомобилем k -й расчетной группы; m_{xxik} – выброс i -го загрязняющего вещества при работе двигателя автомобиля k -й расчетной группы на холостом ходу, г/мин; t_{xx} – время работы двигателя на холостом ходу для соответствующего РН, мин; N_{ok} – количество остановленных автомобилей k -ой расчетной группы на соответствующем РН, авт/ч; m''_{sik} – дополнительный выброс i -го загрязняющего вещества на остановку автомобилем k -й расчетной группы при промежуточных остановках, г; S – количество промежуточных остановок при разъезде очереди.

Расчет выбросов загрязняющих веществ на Проспекте Мира от Садового кольца до Рижской площади производился на основе математического моделирования распространения загрязнителей в атмосфере с учетом климатических условий на момент съемки (скорость и направление ветра), аэродинамики улиц и этажности застройки.

Особенностью полученных данных является то, что они носят мгновенный характер, т.е. характеризуют процесс воздействия транспортного потока на приземный слой атмосферного

воздуха в момент съемки. В следующий момент времени выбросы на отдельном перегоне улицы могут существенно измениться из-за неустойчивости движения транспортного потока. Поэтому большей информативностью обладают не мгновенные, а усредненные значения выбросов загрязняющих веществ. Для их вычисления следует использовать статистически значимый материал по структуре и интенсивности транспортных потоков и уровню загрязнения за определенный промежуток времени (сутки, неделя, месяц, сезон, год).

Альтернативным вариантом расчета выбросов загрязняющих веществ в атмосферу является использование имитационного моделирования транспортных потоков, описание которого будет приведено далее.

2.2. Семейство имитационных моделей транспортных потоков

В настоящее время уже прочно утвердился взгляд на процесс движения автомобилей как на функционирование сложной системы «водитель – автомобиль – дорога – окружающая среда» (ВАДС), который предполагает системный подход к исследованию важнейших характеристик качества ее функционирования, в частности, выбросов вредных веществ автомобилями.

Интересные в прикладном отношении показатели функционирования ВАДС, как правило, отражают ее системные свойства, определяемые макрохарактеристиками процесса ее функционирования, представляющими собой осредненные за определенный период времени значения определенных параметров ее элементов. В частности, макрохарактеристиками являются интенсивности выбросов вредных веществ транспортными потоками. Описание в макропоказателях процесса функционирования ВАДС или, что то же самое, построение макротеорий ВАДС отражает взаимодействие многих ее элементов, при этом поведение отдельных из них часто становится существенным.

Реальной системе ВАДС присущи следующие признаки:

– наличие многообразия влияющих факторов;

- стохастичность поведения;
- нестационарность;
- невоспроизводимость натуральных экспериментов;
- многокритериальность.

Указанные признаки приводят к необходимости построения макротеорий ВАДС [3, 4], суть которых заключается в следующем. На основе априорной и эмпирической информации строится микроописание системы ВАДС (имитационная модель системы), т.е. набор моделей поведения отдельных элементов системы, механизмов их взаимодействия между собой и их реакций на поступающие извне сигналы. Затем с заданным микроописанием (имитационной моделью) проводятся серии компьютерных экспериментов, на основании которых и строятся макротеории исследуемой системы. Таким образом, макротеории системы являются по существу следствием ее исходного микроописания.

Моделируемая реальная система ВАДС представляет собой открытую динамическую систему, состоящую из конечного числа элементов (автомобилей), движущихся в некоторой заданным образом организованной области (улично-дорожная сеть, схема организации движения и т.д.). Извне в систему могут поступать входные сигналы (в частности, новые элементы, управляющие сигналы). Времена поступления и вид поступающих в систему входных сигналов подчиняются определенным (обычно, вероятностным) законам (законы влияния внешнего мира).

Каждый элемент характеризуется конечным набором атрибутов, которые изменяются во времени. Так, автомобиль в каждый момент времени описывается следующими параметрами: положением на дороге (координаты определенных точек), курсовой угол, линейная скорость, ускорение (замедление), скорость и направление поворота рулевого колеса, номер передачи коробки передач и др. Другими словами, каждый элемент представим в виде вектора конечной длины, каждая компонента которого может изменяться в заданных пределах. Совокупность возможных значений вектора, характеризующего данный элемент, определяет пространство состояний данного элемента.

Пространство состояний системы в целом в данный момент времени – есть прямое произведение пространств состояний находящихся в системе элементов.

В качестве основной рабочей гипотезы при разработке микроописания ВАДС принята следующая: в процессе функционирования системы функция изменения любого параметра любого элемента изменяется скачкообразно в дискретные моменты времени и остается непрерывной в промежутках между скачками. Суть данной гипотезы заключается в том, что скачкообразное изменение параметров системы не является спонтанным, а обусловлено определенной причиной. Поэтому системное микроописание ВАДС должно давать ответы на два типа вопросов:

1) Что именно является причиной скачка функции параметра?

2) Что представляет собой скачок и как ведут себя функции параметров после скачка, если известна предыстория процесса?

Ответ на первый вопрос дескриптивно представляет собой перечень особых ситуаций, возникающих в процессе движения, которые вынуждают водителей изменять режим движения своих автомобилей. В разработанные модели включено большинство таких ситуаций, которые встречаются в реальном процессе движения. Все особые ситуации поделены на три категории.

К первой категории относятся ситуации, определяющие условия и характер взаимодействия элементов с окружающей средой (включая дорогу и придорожное пространство). Примеры такого рода ситуаций:

- автомобиль достиг участка дороги с изменившимися геометрическими параметрами;
- автомобиль достиг участка дороги с изменившейся схемой организации движения и т.д.

Ко второй категории относятся ситуации, определяющие условия и характер взаимодействия автомобилей между собой. Примеры таких ситуаций:

- автомобиль догнал впереди идущий по своей полосе движения;
- автомобиль, претендент на обгон, поравнялся с автомобилем на встречной полосе движения и т.д.

К третьей категории относятся ситуации, определяющие характер влияния входных сигналов. Примеры таких ситуаций:

- на входе рассматриваемого участка дороги появился новый автомобиль;
- на заданном участке моделируемой дороги ухудшилась видимость из-за спустившегося тумана и т.д.

Формально особые ситуации или (что то же самое) причины, вызывающие скачки функции какого-либо параметра, можно представить в виде некоторого уравнения

$$F(z_1, z_2, \dots, z_n) = 0,$$

где $z_1, z_2, \dots, z_n$ – компоненты вектора состояния системы.

Различным особым ситуациям соответствуют различные уравнения. Эти уравнения определяют набор гиперповерхностей в пространстве состояний системы.

Итак, пространство состояний системы поделено на области набором гиперповерхностей трех категорий. Гиперповерхности первой категории определяют условия и характер взаимодействия элементов с окружающей средой (включая дорогу и придорожное пространство), гиперповерхности второй категории определяют условия и характер взаимодействия элементов системы между собой, гиперповерхности третьей категории определяют характер влияния входных сигналов на элементы системы.

Ответ на второй вопрос представляет собой перечень алгоритмов вычисления скачков, соответствующих наступлению каждой особой ситуации. Рассмотрим пример (в упрощенном виде) определения скачка для одной из особых ситуаций.

Пусть водитель одиночного автомобиля, движущегося с некоторой постоянной скоростью движения, выезжает на участок со знаком ограничения скорости движения. Если скорость автомобиля меньше ограничения, то изменение режима движения не происходит (нулевой скачок). Иначе, если водитель недисциплинирован и не собирается выполнять требования знака, то изменения режима не происходит. В противном случае водитель придает автомобилю замедление (скачок параметра «ускорение автомобиля»), значение которого зависит

от разности скорости автомобиля и ограничения скорости, состояния покрытия, типа автомобиля и водителя и т.д. При этом влияние указанных факторов на выбор замедления носит случайный характер с заданными законами распределения.

Такого рода алгоритмы вычисления скачков в формализованном виде определены для каждой особой ситуации. При этом для описания многих из них требуются десятки операторов алгоритмического языка высокого уровня.

Итак, формальное функционирование имитационной модели ВАДС происходит следующим образом. Пусть в начальный момент времени состояние системы задано и не лежит ни на одной из гиперповерхностей (впрочем, это не принципиально). Движение вектора системы в пространстве состояний будет происходить по заданным законам движения до тех пор, пока он не достигнет одной из заданных гиперповерхностей. Функции, определяющие изменения компонент вектора каждого элемента (законы движения), являются решениями заданных дифференциальных уравнений, определяемых теорией движения автотранспортных средств. В момент достижения гиперповерхности состояние системы совершает скачок, определяемый некоторым заданным вероятностным законом (закон отражения). После этого состояние системы вновь изменяется по заданным законам движения до тех пор, пока не достигнет очередной гиперповерхности, после чего опять происходит скачок и т.д.

Задание конкретных законов движения и отражения, законов влияния внешнего мира и конкретных гиперповерхностей зависит от конкретной моделируемой ВАДС. Отметим, что при использовании данного подхода к моделированию определены реакции любого элемента системы на изменение состояния системы для всех возможных состояний системы. Примененный к математическому описанию ВАДС подход в последнее время получил название динамической системы с джокером.

Варьируемыми факторами в разработанных имитационных моделях являются следующие:

1) дорожные факторы (геометрические параметры продольного и поперечного профиля дороги, тип пересечения дорог, геометрические

характеристики пересечения, характеристики дорожного покрытия, расстояние видимости и др.);

2) схема организации дорожного движения (наличие различных дорожных знаков, дорожной разметки, светофоров и др.);

3) параметры транспортного потока (интенсивность движения, состав транспортного потока);

4) характеристики отдельных автомобилей в составе транспортного потока (тип и марка автомобиля, параметры двигателя и трансмиссии, габаритные и весовые параметры, возраст автомобиля, коэффициенты обтекаемости, сопротивления качению шин и др.);

5) характеристики водителей (тип водителя – осторожный, нормальный, агрессивный, время реакции водителя, дисциплинированность водителя по отношению к соблюдению тех или иных правил дорожного движения, желаемая скорость и др.).

В настоящее время для оценки адекватности моделей ВАДС принято применять синкретический подход [3]. Разработанные модели прошли все этапы этой проверки, которая показала, что они адекватно отражают реальный процесс.

2.3. Исходные данные о работе энергоустановок

В основе алгоритмов оценки пробеговых выбросов энергоустановок (ЭУ) в разных фазах движения транспортных средств (ТС) (разгон, замедление, движение с постоянной скоростью, холостой ход) лежат системы уравнений движения одиночных автомобилей с механической трансмиссией и гидромеханической передачей по дороге реального профиля [5].

Оценка удельных выбросов вредных веществ и расхода топлива производилась при моделировании: разгона и замедления одиночных ТС по внешней скоростной характеристике двигателя с переключением передач при учете влияния неустановившихся режимов работы двигателя на количество выбросов вредных веществ. Двигатель определяется следующими исходными данными: марка, тип, диаметр цилиндра; ход поршня; число цилиндров;

тактность; момент инерции вращающихся масс, приведенный к маховику; скоростная и не менее трех нагрузочных характеристик с зависимостями от частоты вращения вала двигателя и нагрузки крутящего момента, расхода топлива, воздуха, концентраций CO , C_xH_y , NO_x , CO_2 , твердых частиц (ГОСТ 18148–91).

Результаты таких испытаний, выполненных в МАДИ, НАМИ, на Автополигоне НАМИ, Институте двигателей Технического университета г. Брауншвейга (ФРГ), на заводах-изготовителях (КамАЗ, ЗИЛ, ВАЗ, ЗМЗ, ЯМЗ), а также сведения из опубликованных исследований обобщены и сведены в базу данных. Эти многопараметровые характеристики (с полями концентраций нормируемых токсичных веществ) 41-го двигателя (двигатели с искровым зажиганием и дизели) используются в качестве исходных данных при оценке удельных выбросов вредных веществ ЭУ в разных фазах движения ТС.

Транспортные средства описывались следующими исходными параметрами: марка и назначение; полная и снаряженная масса; передаточные числа и КПД коробки передач, передаточной коробки, главной передачи; статический радиус колеса; габаритная длина, высота и ширина; коэффициент аэродинамического сопротивления; коэффициент сопротивления качению; режим управления коробкой передач при разгоне (возможны три варианта: переключение по достижении двигателем заданной частоты вращения, переключение по достижении автомобилем заданной скорости, переключение по прошествии заданного времени от начала движения); режим управления подачей топлива при разгоне (возможны два варианта: разгон по внешней скоростной характеристике и разгон с заданным ускорением на каждой передаче).

В сформированной базе данных имеются технические данные по 74-м ТС отечественного и зарубежного производства. Полученные результаты оценки пробеговых выбросов в разных фазах движения одиночных ТС были обобщены для отдельных групп ТС по классификации ЕС, предусматривающей разбиение автомобилей по назначению (пассажирские и грузовые), полной массе (три категории), а также

по виду используемого топлива (бензиновые, дизельные, на сжиженном нефтяном газе, сжатом природном газе и газодизельные).

Результаты оценки удельных (на единицу пробега) расходов топлива и выбросов вредных веществ одиночных ТС в различных фазах движения обобщены в виде средневзвешенных оценок выбросов, образующих 23 группы в классификации ЕС, для которых построены достоверные регрессионные зависимости [6]. Именно эти зависимости являются исходной информацией для оценки выбросов вредных веществ ТС, движущихся в составе транспортных потоков.

2.4. Компьютерные эксперименты для оценки выбросов вредных веществ транспортными потоками

В настоящее время сложилась следующая практика оценки выбросов вредных веществ транспортными потоками в городах. Исследуемая УДС города или некоторый ее фрагмент разбивается на элементы двух типов: узлы (различные типы перекрестков и примыканий), которые считаются точечными источниками генерации вредных веществ, и перегоны (улицы и магистрали), которые считаются линейными источниками генерации вредных веществ. Такое разбиение оправдано, с одной стороны, достаточной точностью данного приближения, а с другой – удобством использования моделей распространения вредных веществ в приземном слое атмосферы. Единицами измерения вредных выбросов для узлов является кг/ч , для перегонов – $\text{кг/ч} \times \text{км}$.

Постановка компьютерных экспериментов с описанными имитационными моделями для оценки выбросов вредных веществ транспортными потоками заключается в следующем. Исследуемая УДС разбивается на элементы описанных двух типов. Затем для каждого элемента проводятся имитационные эксперименты по пропуску транспортных потоков (такие эксперименты можно проводить последовательно на одном компьютере или параллельно на нескольких). Для этого на входах рассматриваемого элемента генерируются входные сигналы (вновь появляющиеся ТС),

интенсивность появления и вид которых соответствуют интенсивности движения и составу транспортного потока на каждом входе. Эти характеристики, а также геометрия элемента и схема организации движения на нем определяют режимы движения по нему каждого отдельного ТС в составе транспортного потока (скорость, ускорение, номер передачи и т.д.).

Каждому режиму движения ТС с учетом его типа соответствует определенный режим работы его ЭУ, а, следовательно, и интенсивности расхода топлива и выбросов вредных веществ. Компьютерная модель отслеживает для каждого ТС длительность его нахождения в том или ином режиме движения и моменты перехода с одного режима на другой. Эти данные суммируются по всем типам ТС, находившимся на исследуемом элементе в течение определенного периода (длительность имитационного эксперимента). Затем на основании приведенных ранее данных вычисляются оценки удельных выбросов вредных веществ транспортными потоками на данном элементе.

Данный подход успешно применялся для оценки и прогнозов выбросов вредных веществ транспортными потоками для опорной УДС Москвы [7], включающей в себя основные магистрали и улицы общегородского значения, протяженность которых составляет 763,4 км (3 979,05 км в расчете на одну полосу движения), что составляет около 1/4 протяженности всей сети. На этой опорной УДС одновременно в светлое время суток находились от 57 до 80 тыс. единиц ТС и потреблялось примерно 3/4 объема моторного топлива.

Данный подход представляется особенно перспективным для проведения прогнозов и оценки влияния тех или иных мероприятий, связанных с перераспределением транспортных потоков, на изменение экологической обстановки в городах.

2.5. Расчет выбросов вредных веществ транспортным потоком на участке МКАД

Расчет выбросов вредных веществ транспортным потоком проводился по данным аэросъемки 26 ноября 1999 г. с 11.00 до 12.00

часов дня. Был выбран участок МКАД между Щелковским и Горьковским шоссе длиной 4 122 м. По четной стороне движения интенсивность движения составляла 4 607 авт/ч. Состав потока по четной стороне движения: легковые автомобили – 69,53; грузовые автомобили – 29,30; автобусы – 1,17 %. Интенсивность по нечетной стороне движения составляла 3857 авт/час; состав потока: легковые автомобили 66,66; грузовые автомобили – 32,34; автобусы – 1,00 %.

Данный состав автотранспортных средств делился на группы согласно европейской классификации, которая выглядит следующим образом.

По типу используемого топлива:

- В – автомобили с бензиновыми двигателями;
- D – ТС с дизельными двигателями;
- СНГ – ТС, работающие на сжиженном нефтяном газе;
- СПГ – ТС, работающие на сжатом природном газе.

По назначению:

- М - ТС, приводимые двигателем внутреннего сгорания и используемые для перевозки пассажиров;
- М1 – ТС для перевозки пассажиров, имеющие не более восьми мест, исключая место водителя, максимальная масса которого не превышает 2,5 т;
- М2 – ТС для перевозки пассажиров с числом мест более восьми и максимальной массой до 5 т;
- М3 – ТС для перевозки пассажиров с числом мест более восьми и максимальной массой более 5 т;
- N – ТС, приводимые двигателем внутреннего сгорания и используемые для перевозки грузов;
- N1 – ТС, используемые для перевозки грузов и имеющие максимальную массу до 3.5 тонн;
- N2 – ТС, используемые для перевозки грузов и имеющие максимальную массу от 3,5 до 12 т;
- N3 – ТС, используемые для перевозки грузов и имеющие максимальную массу более 12 т.

Из этих трех сценариев «бензиновый» отражает реальное распределение ТС внутри приведенной классификации в Москве в настоящее время. Варианты «дизельный» и «газовый» являются гипотетическими и соответствуют транспортным ситуациям с преобладанием ТС с дизельными и газовыми двигателями соответственно.

Компьютерные эксперименты с моделями транспортных потоков проводились в соответствии с рассмотренной методикой для каждого направления (четная и нечетная сторона движения) для указанных значений интенсивности и состава движения (три базовых варианта). Длительность экспериментов соответствовала одному часу реального времени движения транспортного потока.

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы. Имитационное моделирование транспортных потоков может быть проведено на базе результатов дистанционного мониторинга. Результатами подобного моделирования являются расходы различных видов топлива, кислорода воздуха и выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. Ценность разработанной технологии состоит в том, что она позволяет прогнозировать объем выбросов загрязняющих веществ и экологическую ситуацию в результате принятия управленческих решений, таких как запрет проезда грузового транспорта через центр, перевод части общественного транспорта на дизельное и газовое топливо, установка нейтрализаторов и т.д.

Заключение

Анализ всего изложенного показывает, что впервые разработанная и примененная НГИЦ РАН технология проведения столь масштабных исследований дистанционными методами дала возможность получить огромный научный материал в интересах различных служб города. Данные дистанционного мониторинга о транспортных потоках могут использоваться как при выполнении проектных работ, связанных с реконструкцией УДС, совершенствовании управления дорожным движением, так и при расчетах уровней загрязнения атмосферы выбросами автотранспорта. Накопленная информация

позволяет проводить как имитационное моделирование расхода различных видов топлива, кислорода воздуха и выбросов загрязняющих веществ, так и математическое моделирование распространения загрязнителей в атмосфере с учетом климатических условий (давление, влажность, скорость и направление ветра) и аэродинамики улиц на момент времени съемки.

На основе имеющегося в НГИЦ РАН опыта расчета влияния крупных магистралей на экологию прилегающих территорий (ГИС «ЭкоМКАД») представляется возможным оценить воздействие транспортных потоков на атмосферу, почву, поверхностные и подземные воды, растительность и здоровье населения.

Полученные в результате исследования данные могут являться опорными для гибкого управления перераспределением транспортных потоков в зависимости от времени суток и погодных условий с целью регулирования интенсивности движения и экологической ситуации в городе.

Список литературы

1. Лебедев В.В. Создание геоинформационных систем в крупных природно-территориальных комплексах // *Промышленность России*, 2000. № 1.
2. Лебедев В.В. Опыт решения задач контроля и управления природно-техногенными системами в развитии концепции создания региональных геоинформационных комплексов // *Исследование Земли из космоса*, 2000. № 2.
3. Еремин В.М. Теория имитационного моделирования транспортных потоков в проектировании дорог и организации движения // *Повышение транспортных качеств автомобильных дорог и безопасности движения: Сб. науч. трудов*. МАДИ. 1986.
4. Еремин В.М. *Имитационное моделирование сложных систем*. НТИ, Серия 2, № 6, 1999.
5. Трофименко Ю.В., Шелмаков С.В. Оценка токсичности и топливной экономичности автотранспортных средств в ездовых циклах. Транспорт: наука, техника, управление // *ВИНИТИ*, 1994. № 3.
6. Трофименко Ю.В., Еремин В.М., Тонконоженков О.И., Бадалян А.М. Методика оценки энергоэкологических характеристик транспортных потоков в крупных городах // *Научные труды НИИ энергоэкологических проблем автотранспортного комплекса*. Вып. 1. Ч. 1. М.: МАДИ (ТУ), 1997.
7. *Методика расчетов выбросов в атмосферу загрязняющих веществ автотранспортом на городских магистралях*. М.: НИИАТ, 1996.

References

1. Lebedev V.V. Sozдание geoinformatsionnykh sistem v krupnykh prirodno-territorialnykh kompleksakh [Creation of geoinformation systems in large natural-territorial complexes]. *Promyshlennost Rossii* [Industry of Russia], 2000. № 1.
2. Lebedev V.V. Opyt resheniya zadach kontrolya i upravleniya prirodno-tekhnogennymi sistemami v razvitie kontseptsii sozdaniya regionalnykh geoinformatsionnykh kompleksov [Experience solving problems of control and management of natural and man-made systems in the development of the concept of creating regional geographic information systems]. *Issledovanie Zemli iz kosmosa* [Study the Earth from space]. 2000. № 2.
3. Eremin V.M. Teoriya imitatsionnogo modelirovaniya transportnykh potokov v proektirovanii dorog i organizatsii dvizheniya [Theory of traffic flow simulation in the design of roads and traffic]. *Povyshenie transportnykh kachestv avtomobilnykh dorog i bezopasnosti dvizheniya: Sb. nauch. trudov* [Increasing transport characteristics of automobile roads and traffic safety: Coll. scientific. tr.]. MADI. 1986.
4. Eremin V.M. *Imitatsionnoe modelirovanie slozhnykh sistem* [Simulation modeling of complex systems]. STI, Series 2. № 6. 1999.
5. Trofimenko Y.V., Shelmakov S.V. Otsenka toksichnosti i toplivnoy ekonomichnosti avtotransportnykh sredstv v ezdovykh tsiklakh. Transport: nauka, tekhnika, upravlenie [Evaluation of the toxicity and fuel efficiency of vehicles in driving cycles. Transport: science, technology, management]. VINITI, 1994. № 3.
6. Trofimenko Y.V., Eremin V.M., Tonkonozhenkov O.I., Badalyan A.M. Metodika otsenki energoekologicheskikh kharakteristik transportnykh potokov v krupnykh gorodakh [Methods of assessing the energy and ecological characteristics of traffic in major cities]. *Nauchnye trudy NII energoekologicheskikh problem avtotransportnogo kompleksa* [Proceedings of the Research Institute of Energy Efficient motor complex problems]. Issue 1, Part 1. M.: MADI (TU), 1997.
7. Metodika raschetov vybrosov v atmosferu zagryaznyayushchikh veshchestv avtotransportom na gorodskikh magistralyakh [Method of calculation of emissions of pollutants by autotransport to the city highways]. M.: JARI, 1996.



Информация об авторах

А.М. Бадалян

Бруни Инна Евгеньевна, старший научный сотрудник, исполняющий обязанности заведующего лабораторией Геоинформационных систем

Воробьев Андрей Юрьевич, научный сотрудник лаборатории Дешифрирования материалов аэрокосмической съемки

В.М. Еремин

Лебедев Виталий Валентинович, руководитель отдела Инновационных проектов

Харитонов Владимир Александрович, канд. техн. наук, заведующий лабораторией Дешифрирования материалов аэрокосмической съемки

Научный геоинформационный центр РАН

119019, Москва, Российская Федерация, Новый Арбат, 11

E-mail: mail@ngic.ru

Information about authors

A.M. Badalyan

Brunyi Inna Yevgenevna, Senior Researcher, Acting Head of the Laboratory of Geographic Information Systems

Vorobev Andrey Yurevich, Researcher, Laboratory deciphering materials Aerospace Survey

V.M. Yeremin

Lebedev Vitaliy Valentinovich, Head of innovative projects

Kharitonov Vladimir Aleksandrovich, Cand. of Tech. Sciences, Head of the deciphering materials Laboratory, Aerospace Survey

Scientific Geo-Information Center RAS

119019, Moscow, Russian Federation, Novy Arbat st., 11

E-mail: mail@ngic.ru

Д.В. Филиппов

канд. техн. наук, старший научный сотрудник
Научный геоинформационный центр РАН
Москва, Российская Федерация
E-mail: mail@ngic.ru

ПРИМЕНЕНИЕ АЭРОСЪЕМКИ С БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Среди существующих методов информационного обеспечения эксплуатации автодорог и развития транспортной инфраструктуры одним из наиболее действенных является дистанционное зондирование состояния дорожного покрытия и окружающей среды с использованием ГИС-технологий для анализа крупномасштабных аэроснимков.

Ключевые слова: геоинформационные системы; дистанционный мониторинг; беспилотные летательные аппараты; аэрофотосъемка; дорожные дефекты; состояние автодорог.

D.V. Filippov

Cand. of Tech. Sciences, Senior Researcher
Scientific Geo-Information Center RAS
Moscow, Russian Federation
E-mail: mail@ngic.ru

APPLICATION OF AERIAL PHOTOGRAPHY FROM AERIAL DRONES TO STUDY THE STATE OF AUTOMOBILE ROADS

Among the existing technologies to support road and transportation infrastructure one of the most efficient is remote sensing of road conditions and GIS approach to analyze the spatial data of very large-scale aerial photographs.

Keywords: Geographic information systems; remote sensing; unmanned airborne Vehicles (UAV); aerial photography; pavement surface defects; road condition.

За последние годы ситуация по управлению транспортными потоками в городах и регионах в целом заметно ухудшилась. Наглядным примером этого являются автодороги вблизи населенных пунктов. Условия передвижения осложняются ростом числа транспортных средств, недостаточной пропускной способностью магистралей, появлением новых объектов притяжения (например, таких как рынки, торговые комплексы, складские терминалы), нехваткой парковочных мест и т.д. В результате

сложившейся ситуации мы имеем: постоянно возрастающее число дорожно-транспортных происшествий (ДТП); ухудшение экологического состояния атмосферы, гидросферы; повышение уровня шума; постоянный стресс людей, проводящих неопределенное количество времени в «пробках».

Одной из основных причин обострения проблем является неудовлетворительное состояние автомобильных дорог. Так, по данным межрегионального общественного центра

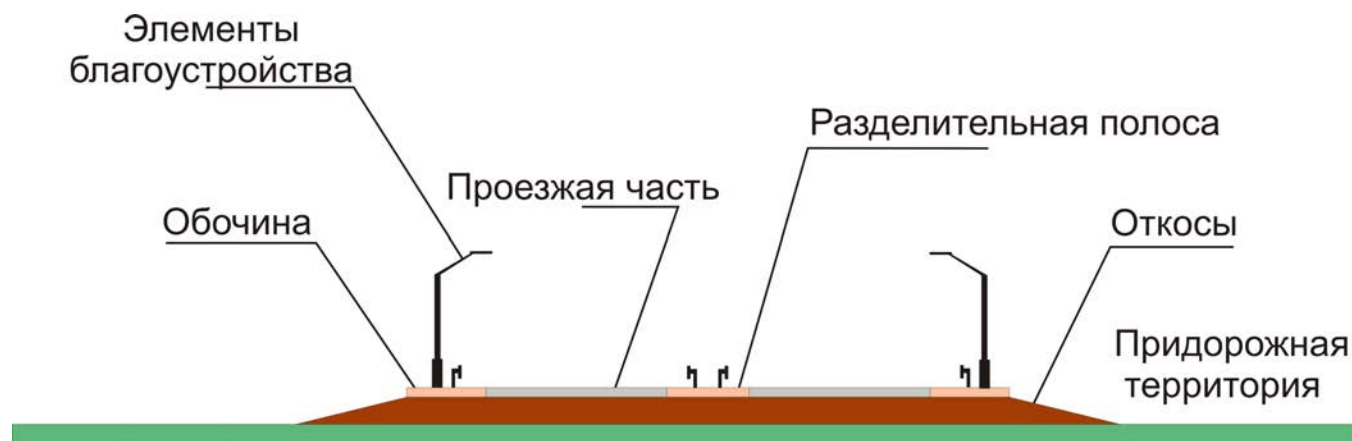


Рис. 1. Структура участка местности с автомобильной дорогой

«За безопасность российских дорог», с 2007 по 2010 гг. доля ДТП, связанных с неудовлетворительным состоянием улиц и магистралей в Московской области, выросло на 9,9, а в Москве – на 12,9 %. Для решения этой задачи необходимо оперативно получать полную информацию о состоянии дорожного полотна, а также ряда объектов дорожной инфраструктуры для дальнейшего принятия решений.

На сегодняшний день основным средством сбора информации о состоянии автодорог являются подвижные лаборатории [1], оснащенные видеокамерами (в том числе бокового обзора), системой глобального позиционирования и оборудованием для диагностики дорожного полотна (сканерные системы, георадары и пр.). Однако их недостатком является узкая полоса обзора, получаемая в пределах видимости регистрирующей аппаратуры, из-за чего нередко не фиксируются природно-антропогенные процессы, являющиеся причинами разрушения дорожного полотна. Также этот комплекс не предусматривает создание целостной информационной базы, содержащей ортофотоплан дорожного полотна и придорожной территории одновременно, что затрудняет работу с полученными данными. Все это зачастую не позволяет произвести комплексную оценку места возникновения

дефектов и однозначно установить причину их возникновения.

Для проведения комплексной оценки предстояло разработать принципиально новую технологию исследования автомобильных дорог и разработать методику применения передвижной автолаборатории с БПЛА. Теоретические исследования показали, что получать оперативную и наиболее емкую информацию для оценки состояния дорожного полотна можно использовать «связку», состоящую из автолаборатории и комплекса БПЛА, оборудованного приборами для дистанционного зондирования (таблица).

Применение комплекса БПЛА позволяет производить оперативный дистанционный мониторинг как собственно автомобильных дорог, так и прилегающих территорий (рис. 1) для получения данных высокого и сверхвысокого разрешения. С помощью информации, получаемой с БПЛА, координируется работа наземного комплекса: основываясь на материалах крупномасштабной съемки, появляется возможность его целенаправленного применения в местах обнаружения значительных нарушений. Возможность применения БПЛА для исследования состояния дорог была подтверждена практическими исследованиями, проводившимися на тестовых участках в Московской

№	Наименование оборудования
1	Система глобального позиционирования (GPS/ГЛОНАСС)
2	Цифровая фотокамера ($f = 50$ мм)
3	Цифровая видеокамера
4	ИК камера

Таблица. Оборудование, устанавливаемое на БПЛА



Рис. 2. Беспилотный летательный аппарат Птрео-Е, применявшийся для выполнения экспериментальных съемок тестовых участков

области (участок федеральной трассы М-2 «Крым» в сентябре 2011 г. и пос. Курилово июль-август 2012 г.).

Для определения оптимальных параметров АФС было сделано три экспериментальных съемки автомобильных дорог с разных высот с применением БПЛА «Птеро-Е» (рис. 2).

Первая и вторая съемки проводились в условиях открытой местности при нормальном освещении с высоты 150 и 680 м. При съемке с высоты 150 м обеспечивалась полоса захвата на местности шириной ~120 м, а при съемке с высоты 680 м. – ~500 м при этом разрешение снимков составило 2 и 15 см соответственно. Объектом аэрофотосъемки являлась федеральная автомобильная трасса М-2 «Крым». Протяженность участка съемки составила ~22 км – от г. Серпухова в сторону Тульской области. На каждой высоте выполнялась площадная съемка [2] двумя маршрутами. При съемке обеспечивалось продольное перекрытие снимков ~80–85 и поперечное ~55–60 % [3]. Избыточное поперечное перекрытие было необходимо для возможности определения параметров транспортного потока по аэрофотоснимкам. Большое продольное перекрытие компенсировало возможные отклонения БПЛА от заданного курса, обусловленные сильным боковым сносом и обеспечивало более надежное построение ортофотоплана. В результате АФС было получено 14 900 снимков с разрешением ~2 см (рис. 3 а) и 1 200 снимков с разрешением ~15 см (рис. 3 б). Во время проведения съемки

использовалась бортовая GPS аппаратура с точностью ~10 м.

Третья съемка проводилась в условиях городского поселения Курилово с высоты 300 м и разрешением ~4 см (рис. 3 в). Съемка проводилась в несколько маршрутов с величинами перекрытий аналогичными первым двум съемкам и охватывала участок 2'2 км.

Используемая на БПЛА цифровая камера имеет матрицу размером 36'24 мм, размер изображения при этом 5 616'3 744 pix. Для обеспечения максимальной ширины полосы захвата съемочная камера устанавливалась так, чтобы длинная сторона матрицы камеры была расположена перпендикулярно траектории полета БПЛА.

Полученные цифровые фотоснимки были привязаны в координатном пространстве, и на их основе составлялись фотопланы участков автомобильной дороги. Фрагменты ортофотопланов представлены на рисунке 4.

Съемка с высоты 680 м (рис. 4 а) обеспечивает достаточно широкую полосу захвата вдоль автодороги с получением изображений развязок, придорожной полосы и прилегающих к трассе объектов муниципальной инфраструктуры. Однако в данном случае разрешение снимков не соответствует требованиям детального дешифрирования дефектов дорожного покрытия и мелких эрозионных форм, расположенных вблизи дорожного полотна. Эту проблему решает съемка с высоты ~150 м с пространственным разрешением снимков порядка 2 см на один пиксел (рис. 5).

Но и в этом случае имеются свои особенности. Помимо меньшей полосы захвата, съемка с низкой высоты предполагает выполнение нескольких маршрутов, чтобы свести к минимуму вероятность непопадания дороги в кадр (из-за возможных неточностей прокладки курса, сноса БПЛА боковыми ветровыми потоками и др.) и обеспечить получение избыточной информации для автоматизации обработки. Компромиссным вариантом стала съемка с высоты 300 м, позволившая получить достаточную полосу захвата в сочетании с приемлемой детальностью изображения.

По результатам дешифрирования материалов аэрофотосъемки были получены

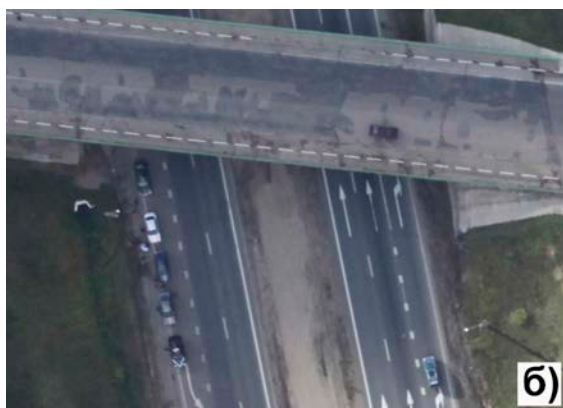
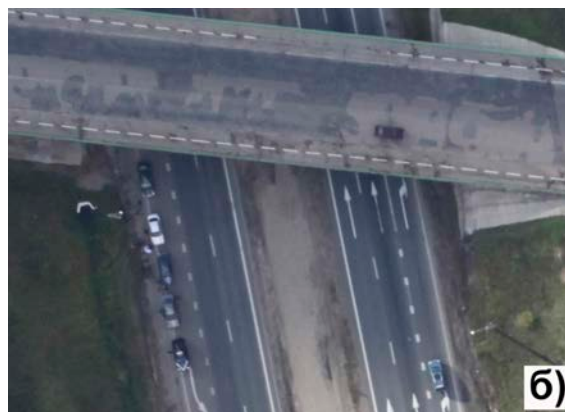


Рис. 3. Фрагменты снимков, полученных с разных высот: а) высота ~150 м, разрешение ~2 см; б) высота ~680 м, разрешение ~15 см; в) высота ~300 м, разрешение ~4 см



Рис. 4. а) фрагмент фотоплана с высоты 680 м; б) фрагмент фотоплана с высоты 150 м; в) фрагмент фотоплана с высоты 300 м.

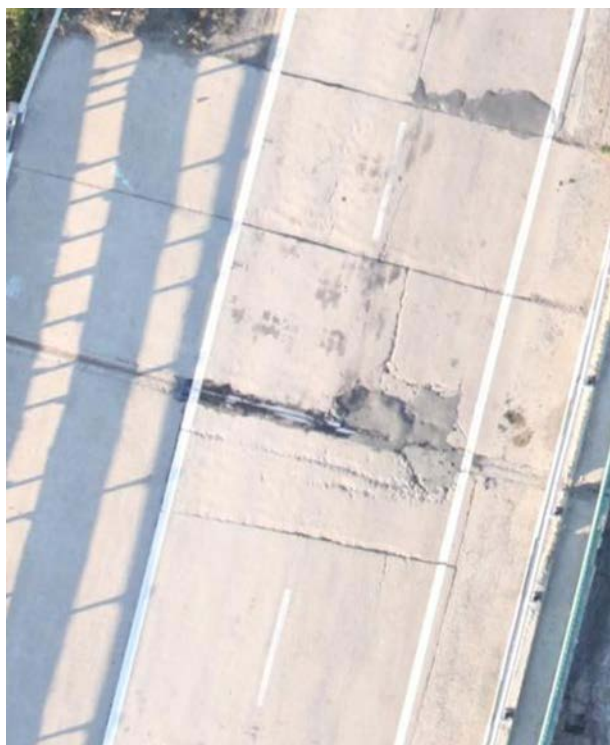


Рис. 5. Дефекты покрытия путепровода на снимке с высоты ~150 м

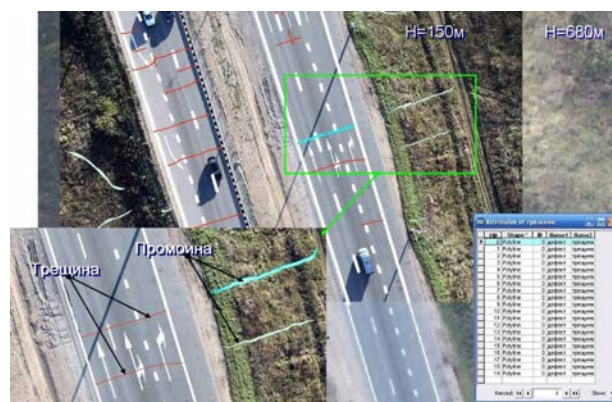


Рис. 6. Карта поперечных дефектов дорожного полотна

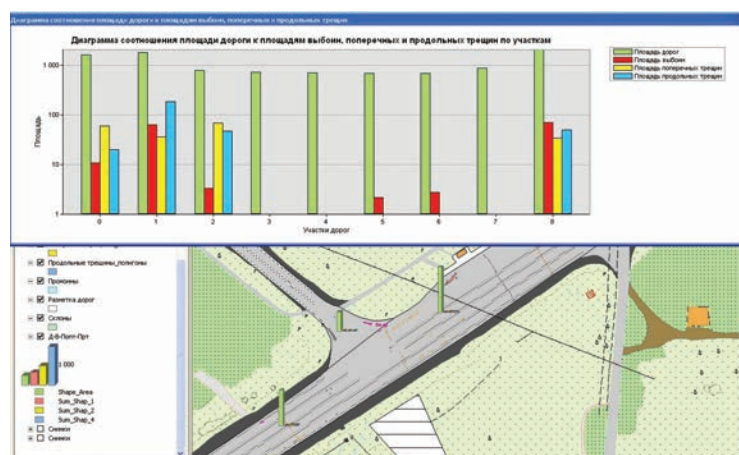


Рис. 7. Карта-схема соотношения площадей дефектов к площади дорожного полотна (красный – выбоины, желтый- поперечные трещины, голубой- продольные трещины, зеленый – дорожное полотно)

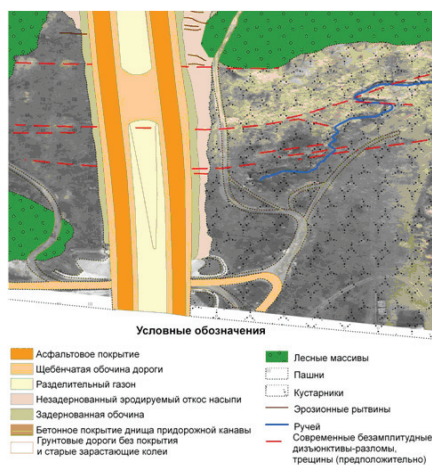


Рисунок 8. Карта инженерно-геологических процессов возле путепровода на федеральной трассе М2 «Крым» (выполнена Орлянкиным В.Н., НГИЦ РАН)

фотосхемы автодорог и ряд тематических карт: площадных дефектов, экзогенных процессов и др. (рис. 6).

По материалам аэросъемки достоверно определяются площадные, линейные и точечные дефекты размером от 2 см и крупнее. Однако выполнение съемки дорожного полотна после дождя, позволило обнаружить и более мелкие дефекты, за счет изменения яркостных характеристик асфальта скопившейся в дефекте влагой. Скопление влаги в дефекте создает эффект визуального увеличения его размера.

Согласно методическим указаниям, для проведения обследования дорожного покрытия была создана структура атрибутивных данных для дешифрирования площадных, точечных и линейных форм дефектов дорожного полотна, придорожной инфраструктуры и современных экзогенных процессов.

Созданные тематические карты, а также схемы дорожного полотна позволяют средствами ГИС оперативно получать статистические данные распределения плотностей дефектов дорожного полотна на определенный участок трассы (рис. 7).

Одним из перспективных направлений для использования аэросъемки с БПЛА является оперативный мониторинг и прогнозирование состояния дорожного полотна. По материалам аэрофотосъемки хорошо дешифрируются экзогенные процессы, протекающие в районе расположения автомобильной дороги. Постоянный мониторинг с БПЛА и применение ГИС позволяют оценить скорость развития и направление экзогенных процессов, а в ряде случаев – установить причины их возникновения. Экзогенные процессы, а также причины их возникновения являются серьезной угрозой для состояния дорожного покрытия (рис. 8).

На рисунке 6 видно, что к поперечным трещинам на дорожном покрытии подходят эрозионные формы. В данном случае эрозионные процессы представлены промоинами. Эрозионные формы хорошо дешифрируются на снимках с большой площадью, т.к. при малых площадях и высокой детализации очертания эрозионных форм маскируются текстурами растительного покрова.

На базе тематических картографических материалов средствами ГИС планируется составление прогнозных карт рисков появления дефектов и разрушения дорожного полотна, а также изучение динамики их изменения в связи с развитием экзогенных процессов. Структура ГИС предполагает хранение данных дистанционного мониторинга, цифровых карт по годам, оперативное их обновление и статистическую обработку по заданным интервалам времени.

Проведенные исследования показали, что предлагаемая технология применения БПЛА является современным и экономически эффективным средством для решения следующих задач:

- ведение оперативного мониторинга состояния дорожного полотна;
- получение материалов и формирование банка данных цифровой съемки в видимом и инфракрасном (ИК) диапазонах;
- получение информации о состоянии дорожного полотна, в том числе определение геометрических параметров (продольные и поперечные уклоны, радиусы кривых в плане и профиле, высотные отметки, видимость);
- фиксация объектов инженерного обустройства;
- контроль за строительными и ремонтными работами на дорогах;
- определение параметров транспортного потока.

Список литературы

1. Днд МО–016/2011. *Методика оценки технического состояния и разработки предложений по планированию на ближайшую и среднесрочную перспективу работ по Реконструкции, капитальному ремонту и ремонту с оценкой стоимости необходимых ремонтно-строительных работ для сети автомобильных дорог общего пользования регионального или межмуниципального значения Московской области.*
2. Михайлов В.Я. *Аэрофотография и общие основы фотографии.* М., 1959.
3. Лаврова Н.П., Стеценко А.Ф. *Аэрофотосъемка. Аэрофотосъемочное оборудование.* Недра, 1981. С. 296.

References

1. Dnd MO–016/2011. *Metodika otsenki tekhnicheskogo sostoyaniya i razrabotki predlozheniy po planirovaniyu na blizhayshuyu i srednesrochnuyu perspektivu rabot po Rekonstruktsii, kapitalnomu remontu i remontu s otsenkoy stoimosti neobkhodimyykh remontno-stroitelnykh rabot dlya seti avtomobilnykh dorog obshchego polzovaniya regionalnogo ili mezhmunitsipalnogo znacheniya Moskovskoy oblasti* [Methods of assessing the technical condition and the development of proposals for planning in the short and

medium-term reconstruction overhaul and repair services with an estimate of the cost of the necessary construction works for the network of public roads of regional or inter-municipal significance of the Moscow region].

2. Mikhailov V.Y. *Aerofotografiya i obshchie osnovy fotografii* [Aerophotographing and the general principles of photography]. Moscow. 1959.

3. Lavrova N.P., Stetsenko A.F. *Aerofotosemka. Aerofotosemnoye oborudovanie* [Aerophotography. Aerophotography equipment]. Core. 1981. P. 296.



Информация об авторе

Филиппов Дмитрий Викторович, канд. техн. наук, старший научный сотрудник лаборатории Геоинформационных систем
Научный геоинформационный центр РАН
119019, Москва, Российская Федерация, Новый Арбат, 11
E-mail: mail@ngic.ru

Information about author

Filippov Dmitriy Viktorovich, Cand. of Tech. Sciences, Senior Researcher, Laboratory of Geographic Information Systems
Scientific Geo-Information Center RAS
119019, Moscow, Russian Federation, Novy Arbat st., 11
E-mail: mail@ngic.ru

И.Н. Горохова

канд. техн. наук, старший научный сотрудник
 Научный геоинформационный центр РАН
 Москва, Российская Федерация
 E-mail: mail@ngic.ru

ВЫЯВЛЕНИЕ ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ НА ОСНОВЕ ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА

Представлены научно-методические основы почвенно-экологического мониторинга крупных городов с использованием материалов аэрокосмических съемок и современных геоинформационных технологий на примере ключевых участков «Нововладыкино», «Лианозово» и «Курилово» в Москве, охватывающие промышленную, жилую, лесопарковую и парковую зоны мегаполиса. Научно-методические основы включают в себя рекомендации по использованию материалов различных дистанционных съемок и эталоны дешифровочных признаков почвенно-растительного покрова и их экологического состояния. Создана геоинформационная система, включающая в себя дистанционные материалы, комплексные экологические карты за 2000 и 2010–2012 гг. и результаты наземных исследований на ключевых участках. Мониторинг ситуации показал, что произошли существенные изменения: сократилась площадь зеленых насаждений в отдельных частях лесопарков за счет строительства жилых домов и большой рекреационной нагрузки; произошло загрязнение почв в различных функциональных зонах города.

Ключевые слова: почвенно-экологический мониторинг; аэрокосмические материалы; геоинформационные технологии.

I.N. Gorokhova

Cand. of Tech. Sciences, Senior Researcher
 Scientific Geo-Information Center RAS
 Moscow, Russian Federation
 E-mail: mail@ngic.ru

THE SOLID-ECOLOGICAL PROBLEM OF URBAN TERRITORIES DETECTION BASED ON REMOTE MONITORING

The methodological bases of large cities soil-ecological monitoring are presented with use aerospace materials and modern geoinformation technologies on the example of the «keys» area «Novovladykino», «Lianozovo» and «Kurilovo» in Moscow. This area includes industrial, housing, forest-park and park zones of the megalopolis. The methodological bases include the references of using different remote materials and soil-ecological cover decoding sign standard. The geoinformation system including remote material, complex ecological maps (2000 and 2010–2012) and key areas ground researches results was created. Situation monitoring for 10–12 years (2000–2012) has shown that the tree-bush area was reduced in forest parks after expense of such constructions, the big recreational loading; and besides there was considerable pollution of soils in different functional zones of city.

Keywords: soil-ecological monitoring; aerospace information; geoinformation technologies.

Введение

Москва – самый крупный северный мегаполис мира, где около трети площади занимают лесопарки и парки. Однако в последние 10–15 лет процесс озеленения происходит медленнее, чем рост численности населения города и обеспеченность горожан зелеными насаждениями постоянно снижается. В начале 70-х годов

на каждого москвича приходилось 20 м² зеленых насаждений, а в настоящее время – около 16 м² (при рекомендации ВОЗ – 50 м² на человека). Практически все зеленые насаждения Москвы имеют искусственное происхождение, их структура не соответствует региональным типам естественной растительности, поэтому они особо подвержены жесткому техногенному и антропогенному прессингу, что снижает

их жизнестойкость и площади распространения. Растения невозможно рассматривать в отрыве от почвы, которая в условиях города подвергается загрязнению и интенсивной эрозии. Поэтому для сохранения зеленой зоны мегаполиса крайне важным является дистанционный мониторинг почвенно-растительного покрова, обеспечивающий постоянный контроль сложившейся ситуации для организации оптимальных мероприятий по улучшению ее состояния.

Во многих странах мира и у нас применяются методы дистанционного мониторинга городов, отслеживающие чрезвычайные ситуации [1, 2], рост городской застройки [3, 4], состояние зеленых насаждений [5–8] и др.

В последние годы активно развивается новое направление в исследовании экосистем – использование материалов с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Беспилотные технологии существуют давно в военных целях, но в течение последнего десятилетия в этой области произошел серьезный прорыв: миниатюризация вычислительных систем и развитие спутниковой навигации (GPS/ГЛОНАСС) позволили создавать БПЛА, у которых габариты, масса, а главное, стоимость работ на порядок меньше прежних, поэтому сейчас развитие гражданских беспилотных систем имеет высочайший темп. Наиболее широкий практический опыт применения БПЛА имеет при изучении нефте- и газопроводов, ЛЭП, лесов и лесных пожаров [9], охране границ, обеспечении телекоммуникаций. В научной сфере – это изучение Арктики и Антарктики [10], охрана природы [11], изучение растительности в труднодоступных районах [12] и др.

Методы исследований

В течение ряда лет [13–24] нами по дистанционным материалам разрабатывались научно-методические основы мониторинга для оценки экологического состояния городской экосистемы на примере почвенно-растительного покрова, как наиболее динамично изменяющегося в городских условиях компонента ландшафта на примере ключевых участков «Нововладыкино», «Лианозово» в Москве

и «Курилово» – в Новой Москве [13; 19, 20; 23, 24].

Для решения поставленной цели использовались: крупномасштабная цветная аэрофотосъемка (1:10 000, сентябрь, 2000), спектральная космическая съемка высокого разрешения (QUICK BIRD, разрешение – 0,6 м, август, 2010), цветная съемка с беспилотного летательного аппарата «Птеро-Е» (высота съемки – 300 м, разрешение – 4 см, август, 2012) и современные геоинформационные технологии.

Было определено оптимальное время съемок – август–начало сентября, когда хорошо проявляется жизненность (экологическое состояние) деревьев, изучены информационные возможности каждого вида снимков, их достоинства и ограничения (таблицы 1, 2); созданы эталоны дешифровочных признаков (табл. 2), которые подтверждались маршрутными наземными исследованиями. Наземные маршруты охватывали территории с различными формами рельефа и дополняли базу данных информацией, которую невозможно получить дистанционно. В результате по материалам аэрокосмических съемок были созданы экологические карты на территории ключевых участков «Нововладыкино» и «Лианозово» за 2000 и 2010–2012 гг., «Курилово» – за 2012–2013 гг. (рисунок). При создании базовых карт использовались аэрофотоснимки как более детальные и четкие, обновленные по материалам космической съемки высокого разрешения через десятилетний период. Для мониторинга небольшого по площади, но важного по значению объекта, рекомендуется использовать съемку с беспилотных летательных систем. В нашем случае разрешение на проведение съемки с БПЛА было получено только для территории Новой Москвы, где был выбран характерный для южной части города участок (пос. городского типа Курилово и его окрестности).

Карты создавались путем прямого и косвенного контурного визуального дешифрирования ортофотоплана, составленного по аэро- и космоснимкам. Такой подход связан с тем, что способности человека анализировать изображение пока существенно лучше возможностей

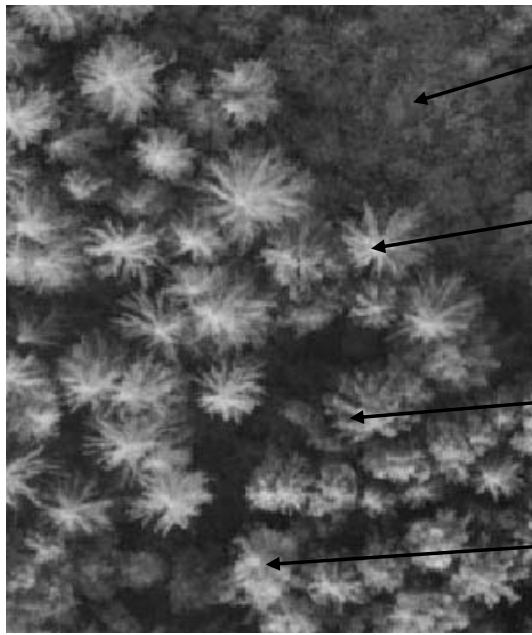
Таблица 1. Методические основы использования дистанционной информации для почвенно-экологического мониторинга крупных городов

№	Вид съемки	Разрешение (м)	Назначение	Период съемки	Достоинства	Ограничения	Информативность
1	Аэрофотосъемка цветная, черно-белая 1:10000	0,5	Для ортофотоплана (основы карты) и начала ведения мониторинга	Авг-сент.	Наиболее подходящий материал для создания ортофотоплана с опорными наземными точками привязки	Требует высоких экономических затрат, что приводит к повышению стоимости конечной продукции	Определяются границы, структура, площади, балансы всех объектов; динамика изменения состояния почвенно-растительного покрова за исследуемый период. В лесопарках выделяются основные геоморфологические и геохимические сопряженные ландшафты (водоразделы, склоны, долины малых рек, овраги, болота) с характерными для них видами растительности и почвами; участки с доминированием мелколиственных, широколиственных и хвойных пород деревьев; определяются такие экологические параметры, как сомкнутость верхнего полога древесного яруса, наличие полей, проталин, рекреационная нагрузка (площадь дорожно-тропичной сети).
2	Космическая мультиспектральная съемка высокого разрешения - синтезированная спектральная и многоканальная (КС)	0,5-1,0	Для ежегодного мониторинга	Авг-сент..	По информативности и приближается к аэрофотосъемке; оперативна (снимки можно получать от одного до нескольких раз в год); доступна и дешева	Недостаточна для крупномасштабного картоирования; не всегда есть безоблачные снимки; в случае съемки под заказ теряется оперативность получения данных.	Для городских кварталов возможно выделение древесной, кустарниковой и газонной растительности, антропогенных и техногенных групп почв и их комплексов, выявление участков сильного загрязнения почв под свалками и на открытой поверхности, участков переуплотненных, механически разрушенных, запечатанных под водонепроницаемой и водопроницаемой поверхностью почв. Видовой состав растительности определяется как вероятностный, исходя из знания ассортимента посадок деревьев и кустарников в городе. Измененное состояние листвы (хлороз, некроз, сухостойность) фиксируется только для значительных по площади групп и куртин зеленых насаждений (10-15 шт. и более).
3.	Съемка с беспилотного летательного аппарата (БПЛА)-фотографическая, цветная	0,05	Для ежегодного мониторинга по небольшим площадям территорий (особо охраняемые территории, контроль санитарного состояния)	Авг-сент.	Рентабельность, возможность съемки с небольших высот и вблизи объектов, получение снимков высокого разрешения, оперативность	Большое количество снимков для обработки, съемка ограничена небольшими по площади территориями, не на все участки города	В лесу возможно подсчитать количество деревьев верхнего яруса, определить их происхождение (естественный, искусственный, производный), возраст, видовой состав, состояние (вырубки, сухостойность, снеголом, ветровалы, поражение хвойных деревьев жуком-типографом и др.) практически для каждого дерева. В местах вырубки определяется видовой состав подроста. Не определяется количество и вид второго яруса деревьев и подроста, кустарников, травянистой растительности. В городских кварталах определение видового состава растительности требует еще дальнейших исследований.
			территорий промышленных предприятий и др.).		получения данных	дается разрешение на съемку	Поскольку фотосъемка с БПЛА позволяет определить вид дерева в лесу и привязать его по координатам к многозональному космическому снимку высокого разрешения, становится возможным построить по нему спектральную кривую данного вида, необходимую для автоматического распознавания.

Таблица 2

Таблица 2. Сравнение информационных свойств материалов с беспилотного летательного аппарата (БПЛА) (высота съемки 300 м) и со спутника высокого разрешения QUICK BIRD (0,6 м) (КС)

№	Сравнительная характеристика	БПЛА (цветная)	КС (спектрозональная)
1.	Лес вдоль федеральной трассы А107, расположенный к северу от поселка Курилово. На снимках выглядит как большой неоднородный контур зеленого цвета с ячеистой структурой рисунка, отображающей кроны деревьев лесного массива. По материалам с БПЛА можно пересчитать деревья и определить их видовой состав, состоящий из березы с примесью дуба. Береза отличается зеленовато-белесым цветом кроны (1), а дубы (2) имеют более яркую окраску. В лесу видны березы с сухими макушками (суховершинность) (3). На космическом снимке очаги суховершинности не определяются. Усыхание макушек березы служит индикатором для определения избыточного увлажнения почвогрунтов. Почвы под таким лесом диагностируются как дерново-глеватые, тяжелосуглинистые.		

2	Лес, переходящий в кустарник (1), представлен еловыми деревьями (2) с примесью березы (3). На снимке БПЛА ель распознается по характерному рисунку кроны (в виде звездочки с расходящимися лучами ветвей). Часть еловых поражена жуком-типографом (4). Участки объедания насекомыми определяются по изменению цвета крон деревьев в красновато-бурый тон на общем фоне леса. На КС лесопатологическая ситуация не отражена, хотя заражение жуком происходит столь стремительно, что на космоснимках такая ситуация могла быть просто не зафиксирована. Небольшие куртины берез также не распознаются.  
---	--

11	Карьер (1), подготовленный для хранения песчано-гравийных и антропогенных смесей, который стал использоваться как свалка бытовых отходов (БТО). В настоящее время ввоз БТО приостановлен, а мусор засыпан сверху грунтом (2). Определяется на снимках по белому с серыми разводами тоном и проложенной к нему дорожке. Вокруг карьера образовалась пустошь (3). Хорошо дешифрируется как по материалам БПЛА, так и по КС. Свалка БТО служит индикатором загрязнения почво-грунтов в сильной степени		
----	---	--	---



Рис.1. Фрагмент комплексной экологической карты ключевого участка «Курилово» (Новая Москва) масштаба ~ 1:2 500

Условные обозначения. Растительность: 1 – ельник (посадки возрастом около 20 лет); 2 – ельник (посадки возрастом до 50 лет) с примесью липы, березы; 3 – береза с примесью ели; 4 – болото низинное; 5 – рудеральная травянистая. Почвы: 6 – дерново-подзолистые глееватые и глеевые; 7 – перегнойно-глеевые; 8 – дерново-среднеподзолистые в комплексе с урбаноземами; 9 – интруземы; 10 – экраноземы с водонепроницаемой поверхностью; 11 – экраноземы под зданием. Экологическое состояние: 12 – деревья, поврежденные жуком-типографом; 13 – тропинки с переуплотнением почвы; 14 – дорожная насыпь

техники, что особенно актуально для Москвы с ее антропогенно-измененным и пестрым почвенно-растительным покровом. Результаты дешифрирования совмещались с единой государственной картографической основой (ЕГКО). При дешифрировании проводился анализ тона, структуры рисунка фотоизображения, формы и размера объектов, их расположение по отношению к инфраструктуре. Не меньшее внимание обращалось на косвенные дешифровочные признаки – выявление взаимных связей между различными объектами

(например, между элементами рельефа, растительностью и почвами). Созданные эталоны дешифрирования (табл. 2) представляют собой выделенные на снимке фрагменты, которые служат образцом для экстраполяции дешифровочных признаков.

Исследования, проведенные на ключевых участках, позволили: уточнить границы и определить площади всех изучаемых объектов; в жилой и промышленной зонах выделить древесную, кустарниковую, газонную растительность, естественные, антропогенные

и техногенные группы почв и их комплексы; определить состояние деревьев, кустарников, газонов, выявить места потенциального загрязнения почв под свалками, участки переуплотненных, механически разрушенных, запечатанных под асфальтовой и плиточной поверхностью почв. Вместе с тем по аэрокосмическим материалам оказалось невозможным определение видового состава конкретных групп деревьев городских посадок, плохого состояния единичного дерева или малочисленных куртин, а также точных причин изменения состояния зеленых насаждений и загрязнения почв.

Для лесопарков и парков по аэрокосмическим материалам возможно выделить геоморфологические и геохимически-сопряженные элементы ландшафта (водоразделы, склоны, долины малых рек, овраги, болота) с характерными для них видами растительности и почвами; участки с доминированием мелколиственных и широколиственных пород деревьев; определить такие экологические параметры, как сомкнутость верхнего полога древесного яруса, наличие полян, прогалин, участки с высокой рекреационной нагрузкой. Наземные маршрутные исследования дополнили информацию о видовом составе растительности, подтипах почв и их загрязнению.

Ко всем перечисленным возможностям аэросъемки и космической съемки высокого разрешения материалы с БПЛА позволяют подсчитать количество деревьев верхнего полога леса, определить его происхождение (естественный или искусственный), возраст, видовой состав и состояние практически каждого дерева.

По результатам проведенных работ была составлена специализированная ГИС и экологическая база данных, содержащая дистанционные и картографические материалы на все ключевые участки, наземные и лабораторные исследования почвенно-растительного покрова мегаполиса. При картографировании нами применялась классификация городских почв по М.Н. Строгоновой с соавторами [25].

В рамках исследований также опробован новый подход автоматического

дешифрирования многозонального космического снимка высокого разрешения с аппарата GeoEye-1 на территорию ключевого участка «Курилово». Для этого использовались материалы с БПЛА, которые благодаря высокой разрешающей способности позволяют определить вид дерева в верхнем пологом леса (например, дуб в массиве) и привязать данную точку к космическому снимку, что невозможно сделать напрямую, т.к. вид отдельного дерева на космическом снимке даже высокого разрешения не определяется. Далее, по целому ряду таких точек, соответствующих разным видам деревьев, по космическому многозональному изображению были построены спектральные кривые, необходимые для автоматического дешифрирования. Затем по спектрам проведено автоматическое распознавание фрагмента космоснимка. Таким образом, информация, полученная по снимку с БПЛА, как бы заменила наземные исследования. Однако несмотря на положительные результаты распознавания, данный эксперимент имел единичный случай и требует дальнейшей разработки [24].

Результаты исследований

Ключевые участки «Нововладыкино» и «Лианозово» по физико-географическим особенностям характерны для севера Москвы. Они расположены на южном пологом склоне Клинско-Дмитровской гряды, максимальные высоты которой составляют 170–180 м. Ведущую роль в формировании рельефа сыграл ледник, отложивший на поверхности безвалунные покровные суглинки. Относительно невысокие водоразделы чередуются с широкими понижениями, к которым приурочены долины малых рек. Через ключевые участки протекают реки Лихоборка и Сямотека.

На территории «Нововладыкино» расположены жилые кварталы, большой сквер, долина р. Лихоборки, частично занятая парком «Отрада», промышленная зона и Алтуфьевское шоссе, которые оказывают влияние на экологическое состояние территории. Общая площадь участка 177,6 га. По результатам исследований ключевого участка «Нововладыкино»

было выявлено, что за 10 лет произошли существенные изменения: на 2010–2011 гг. увеличилась площадь древесно-кустарниковой растительности в парке «Отрада» (с 6,26 до 6,51 га) и в сквере на ул. Хачатуряна (с 9,87 до 12,67 га), сократилась площадь переуплотненных и сильноуплотненных почв за счет сокращения тропинок и организации большого количества дорожек с плиточным покрытием в парке и сквере; на всей территории ключевого участка значительно улучшилось состояние газонов; на территории промышленных предприятий не осталось свалок. Вместе с тем увеличилась интенсивность транспортного потока и, как следствие, сократилась площадь газонов (строительство парковок) с 5,19 до 2,54 га, увеличилась доля больных деревьев и кустарников вдоль дорог и Алтуфьевского шоссе (с 3,68 до 6,49 га). Влияние автотрассы сказалось и на растительности долины р. Лихоборки, что проявилось в появлении растений-интродуцентов, прежде всего американского клена, который более вынослив к загрязнению и вытесняет естественную растительность, особенно на участках, примыкающих к шоссе. Площадь естественных дерново-подзолистых почв уменьшилась за счет расширения промышленной зоны (с 17,89 до 13,16 га), также увеличилась доля запечатанных асфальтом почв (с 119,63 до 133,68 га) и сократилась площадь зеленых насаждений на территории промышленных предприятий (с 4,84 до 3,79 га). Влияние мусоросжигательного завода оказывает отрицательное влияние на древесную растительность, которая проявляется в формировании групп деревьев с хлорозом листвы и голландской болезнью ильмовых (усыхание ветвей, некроз листьев). Почвенный покров представлен реплантоземами с газонной растительностью и экраноземами под асфальтом и зданиями, площадь которых увеличилась за счет строительства жилых домов, торговых центров, промышленных строений и автостоянок. Состояние реплантоземов удовлетворительное, хотя встречаются участки с загрязнением почв тяжелыми металлами, превышающими ПДК по цинку, кадмию, марганцу, что связано с завозом некачественной торфо-грунтовой смеси. Вода и донные отложения в р. Лихоборке и в ее притоке

загрязнены цинком, марганцем (их содержание превышает ПДК) и различными солями [19, 20].

Ключевой участок «Лианозово» расположен по обе стороны от Алтуфьевского шоссе и на севере примыкает к МКАД. Он охватывает лесопарковую и парковую зоны, в состав которой входят: Лианозовский парк культуры и отдыха (ПКиО), Лианозовский лесопарк, Алтуфьевский парк, Лианозовский питомник. Общая площадь участка – 242 га.

Мониторинг ситуации на ключевом участке показал, что за 10 лет (2000 и 2010–2012 гг.) на исследуемой территории выросло число строений с 283 до 306, площадь которых составила 22,0 и 24,2 га соответственно. Застройка выросла за счет жилых и административных зданий. Площадь древесно-кустарниковой растительности сократилась с 173,0 до 170,8 га, прежде всего в парках за счет их реконструкции – прокладки дорожек и строительства дополнительных павильонов, автостоянок. Площадь зеленых насаждений в лесопитомнике и лесопарке изменилась мало (с 54,4 до 54,3 и с 53,3 до 53,2 га соответственно), но если ее рассматривать по отдельным частям, то ситуация выглядит следующим образом: в лесопарке «Лианозово» значительно сократилась площадь древесно-кустарниковой растительности в северной части за счет строительства жилых домов и произошел прирост деревьев в центральной и южной частях, который как бы компенсировал данное снижение. Однако состояние лесопарков все-таки ухудшилось, о чем свидетельствует изменение величины сомкнутости верхнего полога деревьев и образование прогалин и полян в лесу.

В Лианозовском лесопитомнике сомкнутость полога в центральной и северо-западной частях снизилась с 0,67 до 0,47 и с 0,59 до 0,57 соответственно, а в лесопарке Лианозово в северной части – с 0,4–0,3 до 0,3–0,2 и в центральной части – с 0,58 до 0,45. Площадь открытых пространств в лесу (поляны, прогалины) увеличилась в лесопитомнике с 27,4 до 29,5 и в северной части лесопарка – с 4,9 до 5,7 га. Это результат усилившейся рекреационной нагрузки, одним из показателей которой является площадь дорожно-тропиночной сети,

которая увеличилась по всей территории ключевого участка и больше всего изменилась в лесопарке – с 1,7 до 2,5 га и в сквере у лесопитомника – с 0,8 до 1,6 га.

Наземные маршрутные исследования дополнили полученную информацию о том, что территория обследованных лесных массивов испытывает значительную антропогенную нагрузку, которая проявляется в снижении жизненности древостоя (поражение дубов мучнистой росой, мелколистность берез, суховершинность и дефолиация у вязов, ясеней), соотношении рудеральных и лесных трав в пользу первых, ослаблении деревьев ювенильной возрастной группы и подроста.

Почвенный покров лесопарков и парков представлен зональными дерново-подзолистыми почвами и дерново-глеевыми, перегнойно-глеевыми почвами понижений. Помимо зональных почв в лесах находятся их трансформированные аналоги: постагропочвы бывших пашен, а в скверах и парках повсеместно распространены реплантоземы. Изменение природного геохимического фона обусловлено как современной антропогенной нагрузкой (Лианозовский электромеханический завод, ТЭЦ, Алтуфьевское, Дмитровское шоссе, МКАД), так и прошлой антропогенной деятельностью (распашка). Почвы исследуемого участка характеризуются в основном слабокислой и кислой реакцией в лесу и нейтральной, слабощелочной – в парках и скверах; повышенным содержанием органического углерода (4–6,2 %), высокой обеспеченностью подвижным калием (28,5–66,5 мг K₂O на 100 г почвы), широким диапазоном варьирования подвижного фосфора (5–68 мг P₂O₅ на 100 г почвы), повышенным по сравнению с фоном содержанием валового цинка (90–180 мг/кг), и пониженным содержанием хрома (14–27 мг/кг). В почвах подчиненных ландшафтов происходит увеличение содержания подвижного цинка, временами превышающее ПДК (25,7 мг/кг).

Во время маршрутных работ в лесопарках было выявлено большое количество кострищ, в результате воздействия которых почва претерпевает значительные изменения. Химический анализ показал увеличение в грунте на месте бывших костров подвижного фосфора и калия

и повышение как валового содержания, так и подвижных форм цинка, свинца меди, кадмия, мышьяка, в ряде случаев, превышающих ОДК [22, 23].

Ключевой участок «Курилово» включает в себя поселок городского типа Курилово и прилегающие к нему территории. Он расположен у пересечения Московского автомобильного малого кольца с автодорогой «Подольск – А101», примерно в 13 км к юго-западу от г. Подольска. Общая площадь участка – 191,4 га, из которой 44 % – это массивы лесов. Остальная территория занята кварталами многоэтажной и личной застройки, промышленными предприятиями (лесопильный и рыбный заводы, лакокрасочный цех), гаражами, дорогами и др.

Ключевой участок характерен для юга Москвы и представляет собой полого-увалистую равнину с высотами до 115 м. Территория – равнинная, но не плоская и покрыта густой сетью балок. Согласно ботанико-географическому районированию [Растительность европейской части СССР 1980], ключевой участок входит в зону распространения широколиственно-еловых (подтаежных) лесов. В настоящее время широколиственно-еловые леса, как занимающие наиболее плодородные почвы, вырублены, на их месте сохранились небольшие по площади массивы, представленные, главным образом, длительнопроизводными березовыми и осиновыми лесами с участием широколиственных пород (преимущественно дуба). Значительные площади заняты искусственными посадками ели возрастом около 50 лет.

Почвенный покров сформировался на покровных суглинках. Наиболее распространены дерново-среднеподзолистые почвы, которые приурочены, главным образом, к водоразделам и слабопологим склонам. Однако строительство крупных автомобильных дорог вокруг пос. Курилово привело к подпору и выклиниванию на поверхность грунтовых вод, образованию многочисленных вторичных болот вдоль трасс и созданию условий для формирования переувлажненных почв.

Исследования 2012–2013 гг. показали, что территория ключевого участка хорошо озеленена за счет окружающих поселков лесов (84,65 га), городских (4,25 га)

и садово-огородных (12,56 га) посадок, и зеленые насаждения здесь составляют более половины всей площади. Леса состоят из производных березовых (с примесью дуба и осины, 67,6 га) и еловых одновозрастных посадок (с примесью липы, березы, 17,05 га), произрастающих на дерново-подзолистых глеевых и глееватых почвах. Имеется значительная по площади (4,0 га) вырубка леса (7–10 лет) с подростом из березы, ели, липы. Площадь балочных производных лесов из осины, березы и тополя на дерновых смыто-намытых почвах составляет 0,75 га.

Болота и перегнойно-глеевые почвы занимают небольшую площадь (0,69 га) и сосредоточены в лесу вдоль автомобильных дорог. Они заняты щучниками и осоковниками с единичными березами и ивами.

Почвы исследуемых лесных массивов – кислые, с низким содержанием подвижного фосфора (4,0–8,1 мг P_2O_5 на 100 г почвы) и высоким содержанием подвижного калия (16–23,5). Проведенный анализ валового содержания тяжелых металлов показал, что в почвах леса валовые содержания тяжелых металлов не превышают ОДК (цинк – до 62 мг/кг при ОДК – 110, свинец – 24–40 при ОДК – 110, медь – 24 при ОДК – 66, кадмий – 0,15–0,40 при ОДК – 1,0). В то же время, содержание подвижного свинца, переходящего в ацетатно-аммонийную вытяжку – повышенное и в некоторых случаях превышает ПДК (10,5 мг/кг свинца в почвах ельника у дороги, ПДК – 6), что является следствием загрязнения от потока автомобилей, проходящего по федеральным трассам.

Березовые древостои обследованной территории, как вторичные, сформировались еще до подтопления и в настоящее время испытывают угнетение. Часть их перешла в отпад. Общая площадь поваленных деревьев на участке составила 1,7 га. Суховершинность берез (1,19 га) также является следствием переувлажнения почв и грунтов.

Еловые леса исследуемой территории, как и многие еловые леса Подмоскovie, оказались поражены вредителем жуком-типографом, что вызвало уничтожение части из них (2,1 га). Снижающим фактором устойчивости еловых массивов является искусственное

происхождение и одновозрастность (рисунок). Наши исследования подтверждают, что чистые одновозрастные насаждения не обладают высокой устойчивостью к негативным природным и антропогенным факторам. Поэтому одной из главных задач должен стать возврат к смешанным многоярусным насаждениям с вертикальной сомкнутостью крон и разным соотношением возрастов ярусов.

Рекреационная нагрузка в лесах – незначительная (площадь дорожно-тропиночной сети составляет 0,48 га, открытых пространств – 0,13 га) и негативного влияния на почвенно-растительный покров не оказывает.

В почвенном покрове ключевого участка преобладают и сохранены ареалы естественных почв (123,76 га), расположенные в лесах, балках и на лугах вокруг поселка. Антропогенно-преобразованные группы почв (под застройкой, дорогами, промпредприятиями и др.) составляют 56,06 га, техногенные (газоны) – 4,73 га.

Почвы садово-огородных участков по агрохимическим показателям имеют такие общие свойства, как более высокие по сравнению с фоном значения pH (реакция среды близкая к нейтральной), высокие значения обменного кальция (до 44,3 мг-экв/100 г почвы), подвижного калия (до 48,5), очень высокие содержания подвижного фосфора, которые в некоторых случаях достигали 243 мг P_2O_5 на 100 г почвы, что вероятно связано с неумелым использованием удобрений. В почвах огородов, находящихся у дорог, зафиксированы повышенные концентрации (превышающие ПДК) подвижного свинца (6,4 мг/кг, ПДК – 6) и подвижного цинка (до 30,6, ПДК – 23).

В городских кварталах среди древесно-кустарниковой растительности (4,25 га) доминирующими породами являются тополя и вязы, набор выращиваемых кустарников характерен для городов Подмоскovie. Газоны (4,72 га) жилых кварталов заняты преимущественно рудеральной растительностью. Они созданы на насыпных грунтах (реплантоземах), которые обладают благоприятными почвенными условиями (нейтральная реакция среды, хорошая обеспеченность обменным кальцием, фосфором, калием). Содержание тяжелых металлов

в почвах газонов – нормальное (валовое содержание цинка в почвах газона – 71 мг/кг, ОДК – 220; свинца – 19, ОДК – 130; меди – 27, ОДК – 132; кадмия – 0,33, ОДК – 2,0). Концентрации подвижных форм также не превышают ПДК (цинка – 4,2 мг/кг, ПДК – 23; свинца – 2,6, ПДК – 6; меди – 1,8, ПДК – 3).

Значительную площадь исследуемой территории занимают карьеры (6,27 га), созданные для добычи строительных материалов, один из которых (3,07 га) стихийно был засыпан промышленно-бытовыми отходами и представляет собой угрозу для жителей поселка, загрязняя атмосферу, почвы, грунтовые воды. Загрязнение почв тяжелыми металлами вокруг свалки подтверждено лабораторными химическими анализами. Здесь обнаружено повышенное валовое содержание меди (68 мг/кг), превышающее ОДК для почв кислого ряда. Также зафиксированы повышенные содержания (превышающие ПДК) подвижных форм меди (3,5 мг/кг) и свинца (6–14 мг/кг). Отмечено уменьшение обменного кальция и подкисление почв окружающей территории, которое способствует увеличению миграции тяжелых металлов и усиливает вероятность загрязнения сопредельных сред. Небольшие промышленные свалки имеются и на территории промпредприятий (0,08 га).

Заключение

Разработанные научно-методические основы почвенно-экологического дистанционного мониторинга на примере ключевых участков Московского мегаполиса могут быть использованы для мониторинга любых крупных городов. Такой мониторинг позволяет оперативно оценить состояние городской экосистемы, проследить изменения за любой отрезок времени, сократить объемы наземных исследований, упростить процедуру картирования городской территории и вовремя принять необходимые управленческие решения.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 11-04-00356

Список литературы

1. Peckham R. Geographical information systems and decision support for environmental management. Decision Support Systems in Urban Planning. E & FN SPON. 2005. Pp. 56–64. (USA).
2. Borrego C., Humberto Amorim J. Risk and Emergency modeling for environmental security: general Aspects. Air, Water and Soil Quality Modelling for Risk and Impact assessment. Springer. 2007. Pp. 1–14. (Portugal).
3. Кругляк А.М., Антипов А.В., Скорохватов С.Н., Кузина Е.П., Зверев А.Т. и др. Возможности применения космических методов в целях осуществления мониторинга земель крупнейших городов (на примере Москвы) // *Известия высших учебных заведений*. 2005. № 2. С. 89–108.
4. Hardin P., Jackson M., Otterston S. Mapping, Measuring and Modeling Urban Growth. Geo-Spatial Technologies in Urban Environments. Springer, 2007. Pp. 141–176.
5. Сухих В.И. *Аэрокосмические методы в лесном хозяйстве и ландшафтном строительстве: учебное пособие для вузов*. Йошкар-Ола: МарГГУ. 2005. 392 с.
6. Жирин В.М., Лебедева Г.С. *Применение материалов аэрокосмических съемок для проведения мониторинга зеленых насаждений*. М.: НИА-Природа. 2006. 40 с.
7. Jensen R., Hardin D. Using Satellite Data to Estimate Urban Leaf Area Index. Geo-Spatial Technologies in Urban Environments. Springer, 2007. Pp. 93–108.
8. Лабутина И.А., Балдина Е.А. *Использование данных дистанционного зондирования для мониторинга экосистем ООПТ. WWF России*. Москва. 2011. 87 с.
9. *ИСДМ-Рослесхоз*.
10. *Новости из Антарктиды от 02.07.2010*.
11. *Новости Росприроднадзора от 27.12.2010*.
12. *GIM International, февраль, 2013*.
13. Горохова И.Н. Использование космической съемки высокого разрешения для ведения мониторинга городских экологических систем // *Почвоведение*. 2011. № 2. С. 250–260.
14. Gorokhova I. N. Application of High Resolution Satellite Observations to Monitor Urban Geosystem. Eurasian Soil Science, 2011, Vol. 44. Pp. 227–236.
15. Горохова И.Н. Дистанционный мониторинг в информационном обеспечении управления экосистемой мегаполиса // *Экологические системы и приборы*. 2011. № 11. С. 36–40.
16. Горохова И.Н. Применение космических снимков для изучения городских экосистем // *Земля из космоса – наиболее эффективные решения. Доклады 5-ой международной конференции*. М.: Бином. 2011. С. 71, 72.
17. Gorokhova I.N. Application of Satellite Photographs to Research Urban Ecosystem. Fifth international conference «Earth from Space the most effective solutions» 29 November-1 December 20011. М.: Binom. 2011. Pp. 288, 289.

18. Горохова И.Н., Филиппов Д.В., Великжанина К.Ю. Исследование и картографирование экологического состояния крупных городов с использованием материалов аэрокосмических съемок // *Геодезия и картография*. № 12. С. 125–127.

19. Горохова И.Н., Борисочкина Т.И., Шишконокова Е.А. Оценка состояния урбоэкосистем на основе материалов дистанционного зондирования // *Почвоведение*. 2013. № 4. С. 492–504.

20. Gorokhova I.N., Borisochkina T.I., Shishkonakova E.A. Assessment of the State of Urban Ecosystems on the Basis of Remote Sensing Data. *Eurasian Soil Science*, 2013. Vol. 46. № 4. Pp. 447–458.

21. Горохова И.Н. Состояние изученности городских экосистем // *Экологические системы и приборы*. 2013. № 7. С. 10–14.

22. Горохова И.Н., Борисочкина Т.И., Шишконокова Е.А. Экологический мониторинг урбоэкосистемы с использованием аэрокосмической информации // *Аэрокосмические методы и геоинформационные технологии в лесоведении и лесном хозяйстве – доклады V Всероссийской конференции (с международным участием)*. М. 2013. С. 119–121.

23. Горохова И.Н., Борисочкина Т.И., Шишконокова Е.А. Исследование городских экосистем на основе материалов дистанционного зондирования // *Геодезия и картография*. 2014. № 2. С. 97–101.

24. Зверев А.Т., Горохова И.Н., Фисенко Е.В. Изучение почвенно-растительного покрова городских экосистем по материалам с беспилотного летательного аппарата и космическим снимкам высокого разрешения // *Геодезия и картография*. 2014. № 3. С. 50–54.

25. Строганова М. Н., Мягкова А.Д., Прокофьева Т.В. Городские почвы: генезис, классификация, функции // *Почвы, город, экология*. Под общей ред. Г.В. Добровольского. М.: Фонд «За экономическую грамотность», 1997. С. 15–85.

References

1. Peckham R. Geographical information systems and decision support for environmental management. *Decision Support Systems in Urban Planning*. E & FN SPON. 2005. Pp. 56–64. (USA).

2. Borrego C., Humberto Amorim J. Risk and Emergency modeling for environmental security: general Aspects. *Air, Water and Soil Quality Modelling for Risk and Impact assessment*. Springer. 2007. Pp. 1–14. (Portugal).

3. Kruglyak A.M., Antipov A.V., Skorokhvatov S.N., Kuzina Ye.P., Zverev A.T. i dr. Vozmozhnosti primeneniya kosmicheskikh metodov v tselyakh osushchestvleniya monitoringa zemel krupneyshikh gorodov (na primere Moskvy) [Possible applications of space techniques for monitoring land's largest cities (by the example of Moscow)]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy* [Proceedings of the higher educational institutions]. 2005. № 2. Pp. 89–108.

4. Hardin P., Jackson M., Otterston S. Mapping, Measuring and Modeling Urban Growth. *Geo-Spatial*

Technologies in Urban Environments. Springer, 2007. Pp. 141–176.

5. Sukhikh V.I. *Aerokosmicheskie metody v lesnom khozyaystve i landshaftnom stroitelstve: uchebnoe posobie dlya vuzov* [Aerospace methods in forestry and landscape construction: a manual for schools]. Yoshkar-Ola: MarGGU. 2005. 392 p.

6. Zhirin V.M., Lebedeva G.S. *Primenenie materialov aerokosmicheskikh semok dlya provedeniya monitoringa zelenykh nasazhdeniy* [Application materials aerospace surveys for monitoring green plantations]. M.: NIA-Nature. 2006. 40 p.

7. Jensen R., Hardin D. Using Satellite Data to Estimate Urban Leaf Area Index. *Geo-Spatial Technologies in Urban Environments*. Springer, 2007. Pp. 93–108.

8. Labutina I.A., Baldina Ye.A. *Ispolzovanie dannykh distantsionnogo zondirovaniya dlya monitoringa ekosistem OOPT. WWF Rossii. Moskva* [Baldina The use of remote sensing data to monitor ecosystems protected areas. WWF Russia. Moscow]. 2011. 87 p.

9. *ISDM-Rosleskhoz* [ISDM-FFA].

10. *Novosti iz Antarktity ot 02.07.2010* [News from Antarctica on 02.07.2010].

11. *Novosti Rosprirodnadzora ot 27.12.2010* [News Rospotrebnadzor on 27.12.2010].

12. *GIM International, fevral, 2013* [GIM International, February 2013].

13. Gorokhova I.N. *Ispolzovanie kosmicheskoy semki vysokogo razresheniya dlya vedeniya monitoringa gorodskikh ekologicheskikh system* [Using high-resolution satellite imagery for monitoring of urban ecosystems]. *Pochvovedenie* [Soil Science]. 2011. № 2. Pp. 250–260.

14. Gorokhova I. N. Application of High Resolution Satellite Observations to Monitor Urban Geosystem. *Eurasian Soil Science*, 2011, Vol. 44. Pp. 227–236.

15. Gorokhova I.N. *Distsionnyy monitoring v informatsionnom obespechenii upravleniya ekosistemoy megapolisa* [Remote monitoring in information security management ecosystem metropolis]. *Ekologicheskie sistemy i pribory* [Ecological systems and devices]. 2011. № 11. Pp. 36–40.

16. Gorokhova I.N. *Primenenie kosmicheskikh snimkov dlya izucheniya gorodskikh ekosistem* [The use of satellite images to study urban ecosystems]. *Zemlya iz kosmosa – naibolee effektivnye resheniya. Doklady 5-oy mezhdunarodnoy konferentsii* [Earth from Space – the Most Effective Solutions. Reports of the 5th international conference]. M.: Bean. 2011. Pp. 71, 72.

17. Gorokhova I.N. Application of Satellite Photographs to Research Urban Ecosystem. Fifth international conference «Earth from Space the most effective solutions» 29 November-1 December 2001. M.: Binom. 2011. Pp. 288, 289.

18. Gorokhova I.N., Filippov D.V., Velikzhanina K.Yu. *Issledovanie i kartografirovaniye ekologicheskogo sostoyaniya krupnykh gorodov s ispolzovaniem materialov aerokosmicheskikh semok* [Research and mapping of the ecological state of the cities with the use of materials of

aerospace survey]. *Geodeziya i kartografiya* [Geodesy and Cartography]. № 12. Pp. 125–127.

19. Gorokhova I.N., Borisochkina T.I., Shishkonakova Ye.A. Otsenka sostoyaniya urboekosistem na osnove materialov distantsionnogo zondirovaniya [Assessment of urban ecosystems on the basis of remote sensing]. *Pochvovedenie* [Soil Science]. 2013. № 4. Pp. 492–504.

20. Gorokhovaa I.N., Borisochkinab N.I., Shishkonakova E.A. Assessment of the State of Urban Ecosystems on the Basis of Remote Sensing Data. *Eurasian Soil Science*, 2013. Vol. 46. № 4. Pp. 447–458.

21. Gorokhova I.N. Sostoyanie izuchennosti gorodskikh ekosistem [Status of knowledge of urban ecosystems]. *Ekologicheskie sistemy i pribory* [Ecological systems and devices]. 2013. № 7. Pp. 10–14.

22. Gorokhova I.N, Borisochkina T.I., Shishkonakova Ye.A. Ekologicheskiy monitoring urboekosistemy s ispolzovaniem aerokosmicheskoy informatsii [Environmental monitoring urboehkosistemy with aerospace information]. *Aerokosmicheskie metody i geoinformatsionnye tekhnologii v lesovedenii i lesnom khozyaystve – doklady V Vserossiyskoy konferentsii (s mezhdunarodnym uchastiem)* [Aerospace methods and

information technologies in forestry and forestry – Report V All-Russian Conference (with international participation)]. M. 2013. Pp. 119–121.

23. Gorokhova I.N., Borisochkina T.I., Shishkonakova Ye.A. Issledovanie gorodskikh ekosistem na osnove materialov distantsionnogo zondirovaniya [The study of urban ecosystem on the basis of remote sensing]. *Geodeziya i kartografiya* [Geodesy and Cartography]. 2014. № 2. Pp. 97–101.

24. Zverev A.T., Gorokhova I.N., Fisenko Ye.V. Izuchenie pochvenno-rastitelnogo pokrova gorodskikh ekosistem po materialam s bespilotnogo letatel'nogo apparata i kosmicheskimi snimkami vysokogo razresheniya [Study of land cover urban ecosystems on materials from unmanned aircraft and high resolution satellite images]. *Geodeziya i kartografiya* [Geodesy and Cartography]. 2014. № 3. Pp. 50–54.

25. Stroganova M.N., Myagkova A.D., Prokofeva T.V. Gorodskie pochvy: genezis, klassifikatsiya, funktsii [Urban soils: genesis, classification, function]. *Pochvy, gorod, ekologiya*. Pod obshchey red. G.V. Dobrovolskogo [Soils, city ecology. Under the general editorship. G.V. Dobrovolsky]. M.: Fund «for economic literacy», 1997. Pp. 15–85.



Информация об авторе

Горохова Ирина Николаевна, канд. техн. наук, старший научный сотрудник лаборатории Дешифрирования материалов аэрокосмической съемки

Научный геоинформационный центр РАН

119019, Москва, Российская Федерация, Новый Арбат, 11

E-mail: mail@ngic.ru

Information about author

Gorokhova Irina Nikolaevna, Cand. of Tech. Sciences, Senior Scientist Deciphering Aerospace Shooting Materials

Scientific Geo-Information Center RAS

119019, Moscow, Russian Federation, Novy Arbat st., 11

E-mail: mail@ngic.ru

В.В. Лебедев

директор, доктор технич. наук, член-корреспондент РАН

И.Н. Горохова

канд. техн. наук, старший научный сотрудник

Е.И. Куприянова

канд. геогр. наук, старший научный сотрудник

В.А. Харитонов

канд. техн. наук, заведующий лабораторией

Научный геоинформационный центр РАН

Москва, Российская Федерация

E-mail: mail@ngic.ru

РАЗРАБОТКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ МОСКОВСКОЙ КОЛЬЦЕВОЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ (ГИС ЭКОМКАД)

Статья посвящена экологическим аспектам территории, подвергающейся влиянию Московской кольцевой автодороги. Показано ее влияние на такие элементы ландшафта, как почвы, растительность, поверхностные воды. С целью контроля экологического состояния территории и выявления негативного влияния автодороги и ее инфраструктуры по заданию Москомприроды создана геоинформационная система. Представлена структура ее баз данных и характер функционирования.

Ключевые слова: экологический мониторинг; московская кольцевая автодорога; геоинформационные системы.

V.V. Lebedevthe Director, Doctor of Tech. Sciences,
Corresponding member of the Russian
Academy of Sciences**I.N. Gorokhova**

Cand. of Tech. Sciences, Senior Researcher

E.I. Kupriyanova

Cand. of Geographic Sciences, Senior Researcher

V.A. CharitonovCand. of Tech. Sciences, Head of the deciphering
materials Laboratory

Scientific Geo-Information Center RAS

Moscow, Russian Federation

E-mail: mail@ngic.ru

DEVELOPMENT OF ENVIRONMENTAL GEOINFORMATION SYSTEMS MOSCOW RING ROAD (GIS ECOMKAD)

The article is devoted to the environmental aspects of the territory, subject to the influence of the Moscow Ring Road. Its influence on the landscape elements such as soil, vegetation, surface water. In order to monitor the ecological state of the territory and to identify the negative impact of the road and its infrastructure on the instructions Moskomprirody established Geographic Information System. The article presents the structure of its database and the nature of the operation.

Keywords: environmental monitoring; the Moscow Ring Road; geographic information systems.

Московская кольцевая автодорога (МКАД) – мощная техногенная система со сложной инфраструктурой, тесно соприкасающаяся с жилыми районами Москвы и пригородов и серьезно влияющая на их экологию. Современное понимание остроты и важности наиболее значительных экологических проблем, к которым следует отнести и ситуацию

в районе МКАД, ставит задачу ведения здесь экологического мониторинга для постоянного контроля за состоянием экосистем и прогноза их развития, своевременного принятия управленческих решений по регулированию состояния окружающей среды. Для скорейшего и конкретного решения поставленной задачи НГИЦ РАН по заданию Москомприроды разработана

геоинформационная система – ГИС ЭкоМКАД, соответствующая требованиям экологического мониторинга зоны МКАД. Цель настоящей статьи – показать экологические особенности прилегающей к дороге территории, масштаб влияния инфраструктуры системы МКАД на элементы природы и условия жизнеобитания, необходимость ведения здесь экологического мониторинга и пути его реализации посредством созданной геоинформационной системы, показать аналитические, научные и технические возможности ГИС ЭкоМКАД.

Многогранность указанной цели основывается на большом объеме исследований, связанных с созданием ГИС и выполненными авторами системы с привлечением широкого круга ученых и специалистов из таких авторитетных организаций, как МГУ (географический и биологический факультеты), ИПУ РАН, Москомприроды, Федеральный кадастровый центр «Земля», Международная академия информатизации, Мосводоканалпроект, НИИ природы и др.

Московская кольцевая автомобильная дорога – крупное инженерное сооружение. Сама трасса МКАД, помимо основного транспортного назначения, выполняет многие другие косвенные функции с последующим экологическим эффектом. Она отделяет городские ландшафты от пригородных, жилые микрорайоны – от промышленных кварталов, лесные массивы парков – от сохранившихся лесов, разделяет речные долины. Почвы, прилегающие к трассе вплотную и трансформированные ею, используются подмосковными хозяйствами для выращивания сельскохозяйственной продукции. В зоне влияния МКАД организованы места отдыха для жителей близлежащих кварталов. Здесь расположены водопроводные станции, обеспечивающие Москву питьевой водой из поверхностных водоемов. Функционирование трассы с огромной транспортной нагрузкой, связывающей все районы и округа Москвы, активизирует рост инфраструктуры, «притягивает» новые промышленные и культурно-бытовые объекты – заводы по производству дорожных покрытий, автозаправочные и ремонтные станции, посты ДПС, авто- и железнодорожные развязки,

кафе и рестораны, парковки, пешеходные мосты и пр. В зоне МКАД расположены ТЭЦ, городские свалки и др.

В настоящее время МКАД реконструируется, приобретает очертания международной трассы, но вместе с этим возрастают антропогенные нагрузки в зоне ее влияния. Собрать информацию об этих нагрузках, проанализировать и подготовить обоснованное решение для стабилизации и улучшения экологической обстановки в зоне МКАД можно только с помощью созданной экологической геоинформационной системы.

ГИС ЭкоМКАД создавалась по архивным и оперативным материалам, включая данные 1996 г. Сформирован первый, основополагающий, экологический информационный слой мониторинга кольцевой дороги со всей инфраструктурой. Анализ его структуры и особенностей отдельных компонентов дает представление об экологической ситуации на территории зоны МКАД, показывающей необходимость ведения здесь постоянного экологического мониторинга на базе функционирования геоинформационной системы.

Рельеф местности, по которой проходит МКАД, весьма разнообразен. Отдельные участки дороги принадлежат четырем орографическим системам: долине р. Москвы, отрогам Смоленско-Московской гряды, Теплостанской возвышенности, Мещерской низменности. Само название систем говорит о большом различии условий рельефа на протяжении дороги. Рельеф – один из основных факторов формирования таких элементов ландшафта, как почвенный и растительный покров, гидрографическая сеть, положение горизонта грунтовых вод. В ГИС ЭкоМКАД рельеф представлен цветным цифровым аэрофотопланом 2-километровой полосы трассы масштаба 1:10 000 с горизонталями, проведенными через 2,5–5,0 м, и отметками высот исследуемой местности. Аэрофотосъемка трассы выполнена в августе 1996 г. в оригинальном масштабе 1:15 000.

Цифровой фотоплан воспринимается пользователем на экране монитора как высококачественное изображение с богатой цветовой гаммой и оптимальным для зрительного восприятия контрастом. На нем независимо

от квалификации оператора по прямым дешифровочным признакам – тону, цветовой гамме, структуре, текстуре изображения, форме, размерам, геометрическому очертанию и взаимному расположению объектов – однозначно распознаются зоны жилой и промышленной застройки вплоть до мелких отдельных строений, транспортные коммуникации, включая проспекты, улицы, мелкие проезды, грунтовые дороги, ЛЭП, гидросеть, лесные и сельскохозяйственные угодья и многие другие компоненты природно-техногенного ландшафта.

Основное назначение информационного слоя «Рельеф» в ГИС ЭкоМКАД – это высотная и координатная привязка картографических баз данных, информация для выявления путей транзита и зон аккумуляции загрязняющих веществ в почвах, поверхностных и грунтовых водах, исследования причинно-следственных связей между компонентами природно-техногенной среды и их свойствами [1].

Воздушная среда – наиболее динамичный компонент природы. Степень загрязнения атмосферного воздуха сильно колеблется во времени и в пространстве. В одной и той же точке территории МКАД в короткие промежутки времени могут появиться высокие концентрации загрязняющих веществ при относительно низких средних уровнях, что обусловлено микро- и мезоклиматическими особенностями территории.

Вероятность выпадения загрязнителей из атмосферы на поверхность суши или водоемов зависит от многочисленных мезоклиматических факторов, которые необходимо исследовать только в сочетании с анализом общей климатической характеристики территории.

Московская автомобильная кольцевая дорога, опоясывающая город, находится в зонах с различными мезоклиматическими характеристиками атмосферного воздуха. Перепады высот по трассе МКАД достигают 100 м, что в условиях равнинного рельефа сказывается на неравномерном распределении осадков и растекании холодных воздушных масс с образованием участков застойного воздуха. Исследование атмосферного воздуха затрудняется тем, что нельзя составить реперную карту

атмосферного воздуха на конкретный регион и все последующие изменения трактовать как воздействие техногенных факторов Москвы или МКАД. Однако факт значительного загрязнения воздуха в зоне МКАД отрицать нельзя, и поэтому не только в научной литературе, но даже в прессе постоянно приводятся сведения о высоком содержании диоксинов, превышающих норму в десятки раз.

Почвы достаточно быстро воспринимают антропогенное влияние. Поскольку они используются в сельском хозяйстве зоны МКАД, а также в связи с тем, что их состояние сразу же отражается на состоянии растительного покрова и, таким образом, на здоровье человека и животных, в ГИС ЭкоМКАД введен информационный слой – блок «Почвы». Большинство выбросов токсических веществ сосредоточивается на поверхности почв, где происходит их постепенное депонирование, что позволяет рассматривать почвы и их загрязнение в качестве самостоятельного слоя, подключая для комплексного анализа слои из других тематических блоков.

Карта почвенного покрова полосы МКАД масштаба 1:10 000, составленная по материалам аэрофотосъемки, отражает специфику территории, где наряду с антропогенноизмененными почвами сохранились комплексы естественных почв и их переходные разности. Основное отличие городских почв от природных – диагностический горизонт «урбик». Это поверхностно-насыпной перемешанный горизонт с включениями строительно-бытового мусора и промышленных отходов, составляющими более 5 % объема всего горизонта. Его верхняя часть гумусирована. Наблюдается нарастание горизонта вверх за счет пылевых атмосферных выпадений и эоловых перемещений.

Естественные ненарушенные почвы, приуроченные к городским лесам и лесопарковым территориям, расположенным в черте города, сохраняют нормальное залегание горизонтов естественных почв.

Естественно-антропогенные поверхностно преобразованные почвы сохраняют типовое название с указанием характера нарушения (например, урбоподзолистая скальпированная, погребенная и т.д.). Антропогенные

Пробная площадь	Pb	Cd	Cu	Ni	Cr	Mn	Zn
Придорожная (20 м)	45,9	1,6	16,8	11	23,9	858	81,5
Контрольная (200 м)	36,9	1,3	14,9	8,7	17,4	790	57,2
Фон	25,7	0,6	26,9	19,8	45,9	1 260	52,1

Таблица 1. Содержание тяжелых металлов в почве пробных площадей, находящихся на разном расстоянии от МКАД, мг/кг

глубокопреобразованные почвы образуют группу собственно городских почв урбаноземов, в которых горизонт «урбик» имеет мощность более 50 см. Они формируются на культурном слое или на насыпных, намывных и перемешанных грунтах и подразделяются на две подгруппы: 1) физически преобразованные почвы, в которых произошла физико-механическая перестройка профиля (урбанозем, культурозем, некрозем, экранозем); 2) химически преобразованные почвы, в которых произошли значительные хемотропные изменения свойств и строения профиля за счет интенсивного химического загрязнения как атмосферным воздухом, так и поверхностными и внутрипочвенными водами, что и отражается на их разделении (индустризем, интрузем). Кроме того, на территории городов формируются почвоподобные техногенные поверхностные образования (урботехноземы). Они представляют собой искусственно созданные почвогрунты путем обогащения плодородной торфо-компостной смесью насыпных или других свежих грунтов (реплантозем, конструкторзем). Практически все представленные виды городских почв находим в зоне МКАД.

Почвы вдоль трассы МКАД существенно загрязнены тяжелыми металлами (марганец, свинец, кадмий, цинк, кобальт, никель, медь, хром). В наибольшей степени загрязнены почвы 20-метровой полосы по обе стороны автодороги, однако загрязнение тяжелыми металлами в почве наблюдается на расстоянии 200 и более метров от полотна дороги (табл. 1).

В почвах придорожной полосы вдоль трассы МКАД накапливается также крайне опасный ароматический углеводород бензапирен, который хорошо сорбируется гумусом и начинает принимать участие в физико-химической и биогенной миграции вещества. Более 90 %

бензапирена оседает на расстоянии 20 м от дорожного полотна.

В придорожную полосу поступает большое количество пыли и сажи, образующихся при эксплуатации автодороги. Пыль, сдуваемая с дорожного полотна, содержит никель, медь, свинец, цинк. На поверхности частиц сажи сорбируются смолистые вещества, токсичные примеси. Расчетные данные [2] прогнозируют дальнейшее значительное поступление загрязняющих веществ (бензапирен, пыль, сажа, свинец и др.) в почвы после завершения реконструкции МКАД и введения ее в эксплуатацию на полную мощность. Следствием антигололедных мероприятий является поступление в почву избыточного количества ионов натрия, что может привести к осолонцеванию почв на больших территориях по обе стороны от автодороги. Повышенное загрязнение почв различными токсикантами ведет к необратимым изменениям как самой почвы, так и биосферы в районе автодороги в целом.

Растительный покров еще быстрее чем почвы реагирует на антропогенное воздействие. Он обладает высокими средообразующими и саморегулирующими свойствами, что обуславливает его ведущую роль в устойчивости экосистемы. Растительность аккумулирует загрязняющие вещества, предотвращая непосредственное попадание их в почвы, где они консервируются на длительное время. При высоких концентрациях этих веществ загрязнение растительного покрова вызывает изменение его состава и структуры, а при очень сильной степени загрязнения – гибель самих растений. Таким образом, растительный покров является, с одной стороны, хорошим индикатором степени загрязнения и трансформации ландшафта, а с другой – мощным буфером, препятствующим непосредственному попаданию загрязняющих веществ в другие компоненты экосистемы.

Вид и части растений	Mn	Zn	Cu	Pb	Cd	Ni	Co	Cr	Cs
Злаки	34	28	5,1	1,3	0,12	1,4	0,07	0,9	3,2
Листья тополя	65	130	10,1	2,9	0,8	1,2	0,5	0,6	5,5
Ветви тополя	9	48	11	1,06	0,3	1,8	0,04	0,4	2,4
Фон	250	8,1	3,3	0,6	0,01	0,5	0,6	0,1	1,6

Таблица 2. Содержание тяжелых элементов в растениях газонов около МКАД, мг/кг абс. сухого вещества [2]

Однако, будучи связующим звеном между атмосферой и подстилающей породой, а также объектом питания и средой обитания животных, загрязненная растительность также является и передаточным звеном, через которое эти вещества попадают в цепь биологического круговорота экосистемы.

Состояние растительного покрова зоны МКАД в ГИС ЭкоМКАД характеризуется на основе построенных нами карт растительного покрова, а также данных о содержании в растениях тяжелых металлов [2]. В рамках статьи приведен пример наиболее тяжелого в экологическом отношении юго-восточного участка дороги (табл. 2).

Анализ всех материалов показывает, что растительный покров имеет различное состояние в разных частях автодороги. В северной части (пересечение МКАД с реками Сходня и Москва и прилегающая зона Рублевского водохранилища) отмечается хорошее состояние лесов, повреждения листвы хлорозом незначительны, поскольку задымления со стороны Москвы и дороги они почти не испытывают благодаря преобладающим северо-западным ветрам. Большие площади здесь заняты деградированными лугами и пахотными землями.

Практически повсюду в зоне МКАД отмечается повышенное содержание в растениях тяжелых металлов и нефтепродуктов, что говорит о необходимости ведения вдоль всей трассы мониторинга видового состава растительности, состояния древостоя, его возобновления, что характеризует экологическую обстановку в целом. Необходим также контроль состояния уникальных лесных угодий Хлебниковского массива, Лосиноостровского заповедника, долинных лесов в пойме р. Чермянки, загрязнения

в зоне развития садово-огородного хозяйства вдоль МКАД, загрязнения кормовых трав на сельскохозяйственных землях. В целом можно резюмировать, что состояние растительности в зоне МКАД свидетельствует о негативном влиянии на нее автомагистрали, что отражается в загрязнении и трансформации видового состава лесных сообществ и параметров состояния фитоценозов.

Зона МКАД достаточно сильно изрезана гидрографической сетью: дорогу пересекает или примыкает к ней более 100 малых рек и ручьев с разработанными долинами, небольших озер и прудов. Роль поверхностных вод в экологии прилегающих к дороге территорий значительна. Она прежде всего выражается в перемещении живого вещества водным потоком по земной поверхности. Экологическая роль водных объектов особенно эффективна, если речная сеть обеспечивает контакт города с малонарушенными территориями за пределами города. Тогда долины рек выполняют в полной мере роль биокоридоров, поддерживающих целостность биосферы. Одновременно они снижают размер таких негативных урбанистических экологических характеристик, как загазованность, запыленность, шум, однообразие ландшафта и т.д. Уничтожение речной сети порождает экологическую блокаду города, лишая его территорию большинства биологических компонентов и прерывая связь урбанизированных территорий с окружающими природными. Помимо этого уничтожение естественных русел, в частности путем их замещения трубами, имеет и второй негативный аспект – долинный ландшафт трансформируется в урбанизированный в связи с использованием частей долины под городское строительство. Состояние

Тип сточных вод	Расход сточных вод, м ³				Состав загрязнени й	Концентрация, мг/л	Сброс загрязняющих веществ			
	м ³ /с	м ³ /ч	м ³ /сут	м ³ /год			г/с	кг/ч	т/сут	т/год
Дождевые	4,42	15 912	95 472	133 560	Взвешенн ые вещества	1 000	4 420	15 912	95,5	133
					Нефтепро дукты	70	309,4	1 113	6,7	9,4
					ХПК	150	663	2 387	14,3	20,1
					БПК	30	132,6	477	2,85	4,02

Таблица 3. Характеристика объема и степени загрязнения ливневых сточных вод с полотна МКАД

гидросферы зоны МКАД весьма важно для людей, проживающих в близлежащих кварталах Москвы и пригородов, в связи с использованием водоемов для рекреации и рыболовства и, что не менее важно, в связи с положительным эстетическим воздействием ландшафта.

Взаимосвязь рассматриваемых объектов геотехногенной системы проявляется и в воздействии водных объектов на МКАД, которое имеет место в местах пересечения рек и ручьев с дорогой, а также в местах, где русла рек и ручьев, а также прудов находятся в непосредственной близости к дороге. Некоторые из них на значительном протяжении протекают параллельно дороге; в этих случаях, несмотря на берегоукрепляющие сооружения, подповерхностные пойменные воды подтапливают полотно дороги, могут способствовать развитию суффозии и, таким образом, просадкам полотна дороги, разрушению дорожных покрытий. Грубое нарушение естественных направлений сосредоточенного стока поверхностных и субповерхностных вод с неявно выраженным руслом путем сооружения дорожной насыпи (без устройства дюкеров) также приводит к развитию подтопления дороги и ее разрушению.

В свою очередь, автодорога вместе со всеми элементами ее инфраструктуры «давит» на водные экосистемы. Влияние самой МКАД хорошо демонстрируется расчетами средней загрязненности вод, стекающих с полотна дороги (табл. 3). Расчеты выполнены с учетом данных многолетних наблюдений Союздормаша и Московского центра по гидрометеорологии за дождевым ливневым стоком, в котором принималось, что максимальный расход ливневого стока во всего полотна МКАД ($Q=4,42$ м³/с)

продолжался в течение суток максимум 6 ч, а за весь год – в сумме 8,4 ч.

Экологическое влияние МКАД на поверхностные воды имеет также большой социально-экологический аспект. Так, разрушение водных экосистем и расчленение долин рек – биокоридоров – ведет к снижению эстетической привлекательности ландшафтов и рекреационного потенциалов территории, примыкающей к МКАД.

Как инженерное линейное сооружение МКАД не представляет серьезной экологической угрозы для загрязнения всего комплекса подземных вод московского региона. Однако аварийные ситуации на трассе, сопровождающиеся поступлением загрязнителей в первый от поверхности горизонт грунтовых вод, могут создать реальную угрозу загрязнения нескольких гидравлически связанных горизонтов, в том числе и главного горизонта питьевого водоснабжения. Следовательно, для охраны подземных вод от загрязнения в пределах 2-километровой зоны МКАД в случае аварии необходимо разработать мероприятия по локализации очага загрязнения.

Вдоль трассы МКАД фиксируются подтопленные участки. Причинами подтопления могут быть изменения поверхности грунтовых вод в результате потерь в водонесущих коммуникациях, нарушения естественного баланса воды, увеличения инфильтрационного питания грунтовых вод, изменения гидрогеологических условий в результате засыпания, перегораживания естественных дренажных путей и др. Подтопление существенно влияет на экологическое состояние почвенного и растительного покровов и состояние здоровья населения, являясь катализатором возникновения

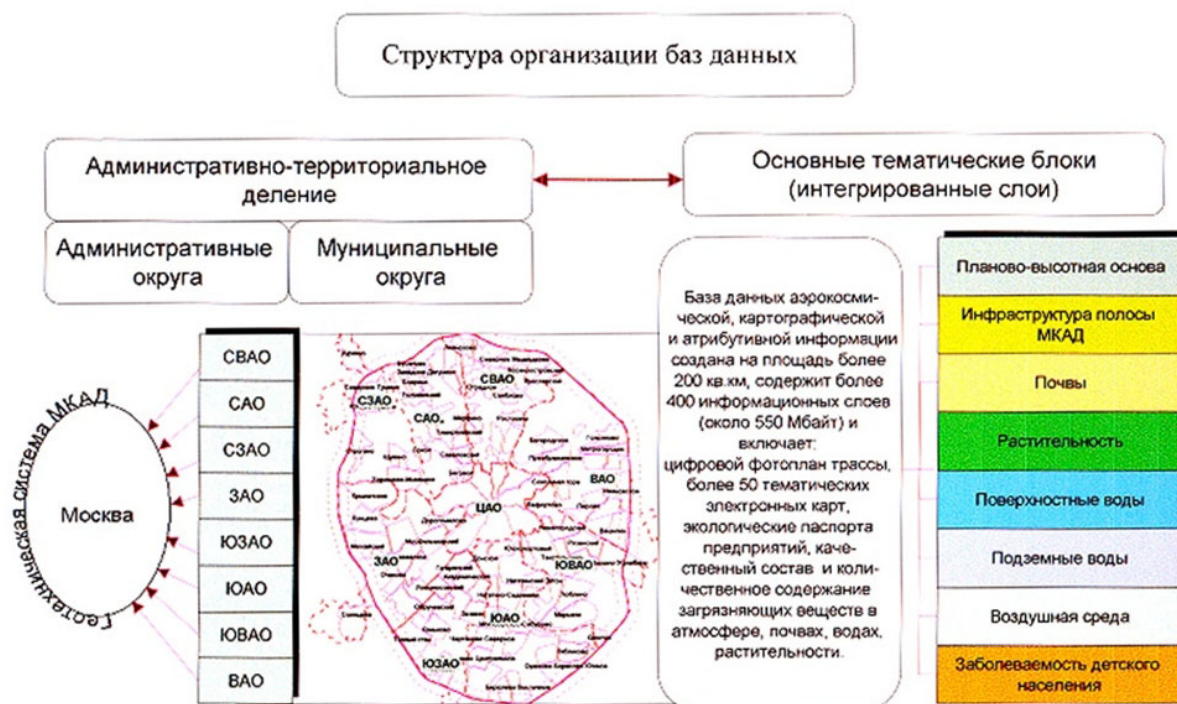
новых, нехарактерных для этих территорий заболеваний. При обводнении верхних слоев грунтов и увеличении агрессивности грунтовых вод увеличивается коррозионная активность среды, приводящая к разрушению фундаментов. На отдельных участках трассы МКАД грунтовые воды находятся в естественных условиях, для которых характерны гидрокарбонатно-кальциевый состав с минерализацией в пределах 0,2–0,5 г/л и среднегодовая температура 6,5–8 °С. Состав грунтовых вод в пределах жилой застройки и промышленных зон существенно отличается от такового в естественных условиях, а аномальное повышение температуры грунтовых вод стимулирует их агрессивность. В настоящее время можно констатировать, что загрязнение подземных вод горизонтов карбонатных отложений в зоне МКАД, как и по всей территории Москвы, связано с выбросами автотранспорта, промышленных предприятий, воздействием свалок и т.д. Происходит проникновение загрязненных поверхностных и грунтовых вод в подземные горизонты карбона на тех участках, где отсутствует юрский региональный водоупор, представленный плотными глинами. Локальной защитой грунтовых и подземных вод вдоль трассы МКАД служит 5–7-метровая толща моренных отложений Московского оледенения, представленная тяжелыми и средними суглинками с валунами, щебнем и галькой.

Интегрированным показателем экологического состояния территории служат данные о состоянии здоровья населения. По данным ВОЗ, здоровье населения на 50 % определяется образом жизни (социальные факторы), на 20 % – неблагоприятным воздействием среды обитания (экологические факторы), на 20 % – наследственностью (генетические факторы) и на 10 % – качеством медицинской помощи. Однако, по мнению многих исследователей, сегодня в России при оценке здоровья населения на одно из первых мест вышли экологические факторы. Наиболее чувствительными к воздействию неблагоприятных факторов окружающей среды являются дети, для которых это характерно на протяжении всего периода их роста, что связано с незрелостью всех систем организма, иммунитета, повышенной

проницаемостью кожи. Для изучения взаимосвязи заболеваемости детей с экологическим состоянием территории МКАД создана база данных заболеваемости детского населения (от 0 до 14 лет) по отдельным нозологическим формам и классам заболеваний. Были выбраны те виды болезней, на формирование которых могут оказывать влияние экологические факторы. Это – болезни эндокринной системы, нарушения обмена веществ и иммунитета; болезни мочеполовой системы; новообразования; болезни органов пищеварения; бронхиальная астма; болезни кожи и подкожной клетчатки; болезни крови и кроветворных тканей; болезни системы кровообращения; болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани; врожденные аномалии. По этим данным составлены карты распространенности заболеваний и заболеваемости (число болезней, зарегистрированных впервые в данном году) за 1993, 1994, 1995 гг. по участкам обслуживания детских поликлиник, попадающих в зону влияния МКАД. Кроме того, построены карты динамики численности населения по поликлиникам; карты плотности детского населения по муниципальным округам; карты размещения детских лечебных учреждений, рождаемости и смертности детей до одного года по муниципальным округам.

Построенные карты при их совмещении с экологическими дают возможность проведения многопараметрического анализа для выявления основных факторов, вызывающих заболевания (загрязненный воздух, деградированные почвы и растительность, трансформированные и загрязненные поверхностные и подземные воды). Все это подтверждает идею необходимости введения в зоне МКАД экологического мониторинга.

Структура баз данных ГИС экологического мониторинга МКАД отражает природно-территориальный подход к предмету исследования и формированию информационного продукта – содержанию основных тематических информационных слоев, составляющих в сумме базу данных региональной ГИС (рисунок). Функционал экологической ГИС направлен на решение экологических задач, а система в целом предназначена для осуществления



Структура организации баз данных экологической геоинформационной системы московской кольцевой автомобильной дороги. Административные округа: СВАО – Северо-Восточный, САО – Северный, СЗАО – Северо-Западный, ЗАО – Западный, ЮЗАО – Юго-Западный, ЮАО – Южный, ЮВАО – Юго-Восточный, ВАО – Восточный

информационной и технологической поддержки центрального аппарата и территориальных отделов Москомприроды на базе использования средств и методов сетевой компьютерной обработки баз экологических данных.

Реализованная в ГИС ЭкоМКАД структура накопления, обработки и хранения информации позволяет развивать ее как территориально, в пределах 2-километровой полосы, так и тематически.

Система ориентирована на решение задач обработки информации различной степени детализации, определяемой масштабом используемых картографических материалов. Она позволяет решать следующие основные задачи: прием и накопление цифровых карт местности различных масштабов; редактирование и дополнение характеристик объектов интегрированных слоев электронных карт (объекты земной поверхности, дорожная сеть, коммуникации, наименования и др.); хранение, редактирование и дополнение процедур обработки и представления информации; внесение (удаление) объектов и формирование

интегрированных слоев объектов электронных карт; связь объектов карты с внешними базами данных; решение расчетных и справочно-информационных задач; формирование графических документов и т.д.

В ГИС ЭкоМКАД реализована ориентированная на пользователя система генерирования рабочей среды [3], которая состоит из набора функциональных модулей, выполняющих функции ведения атрибутивных баз данных и представления специфической информации, необходимой для решения конкретных экологических задач на территории Москвы, административного округа и его муниципальных районов. С использованием этих модулей формируются базы данных (БД) и они входят в состав автоматизированных рабочих мест (АРМ), обеспечивающих необходимыми программно-технологическими средствами сотрудников центрального аппарата, территориальных или специализированных отделов Москомприроды, решающих определенные задачи анализа и мониторинга. Все АРМы системы ГИС ЭкоМКАД могут работать в единой

информационной среде, использовать общие информационные базы, обмениваться между собой служебной информацией. Для связи между собой и с общими информационными базами АРМы, размещенные в одном здании, могут быть соединены стандартными средствами локальной сети. Для связи удаленных АРМов используются специально разработанные системные средства автоматизированного обмена с помощью интернет технологий. Модульная структура ГИС ЭкоМКАД позволяет легко расширять, изменять рабочую конфигурацию системы, адаптировать ее к изменяющимся условиям эксплуатации и характеру поступающей информации, реорганизации структур управления, изменению распределения функциональных обязанностей. Все разработанные и проектируемые компоненты системы базируются на единых общих (базовых) информационных фондах: цифровые карты местности в формате MapInfo, административно-территориальное деление, объекты природоохранной деятельности. Обеспечение единого информационного пространства для всех компонентов системы позволяет организовать рабочий интерфейс информационного взаимодействия с вышестоящими организациями или территориальными подразделениями городских функциональных служб, с предприятиями и фирмами, проводящими исследования по интересующей Москомприроды тематике.

Взаимодействие пользователя с подсистемами системы ГИС ЭкоМКАД осуществляется в режиме диалога с помощью набора меню и функциональных клавиш. Каждый фрагмент диалога сопровождается подсказкой о допустимых для данного фрагмента действиях и соответствующих им функциональных клавишах. Система проста в обращении и не требует специальной подготовки пользователя.

Разработанный программный комплекс обладает многими функциональными возможностями. Во-первых, возможностью создания иерархических слоев объектов со своими специальными методами отображения объектов на карте. Здесь использован традиционный подход, реализованный во многих ГИС [4, 5]: имеется одноуровневый список слоев, которые выводятся в определенной последовательности.

Некоторая группа в чем-то однотипных слоев (например, реки, озера, пруды) объединяются в интегрированный слой «Поверхностные воды». Этот интегрированный слой в свою очередь может быть объединен в слой еще более высокого порядка вместе со слоями других пространственно распределенных по территории ресурсов: «Подземные воды», «Растительность», «Почвы» и др. Такие иерархии позволяют группировать слои по заданным признакам, облегчая работу с картами экологической направленности, где типов объектов очень много и их линейный список просто не уместится на экране. Иерархия позволяет группировать их и управлять отображением этих групп.

Программный комплекс также позволяет создавать многоуровневые слои объектов (аналогично файловой системе Windows с ярлыками) со своими методами отображения на карте. Этот подход является дальнейшим развитием предыдущего, т.к. позволяет еще и группировать ссылки (ярлыки) на слои, которые (ссылки) можно собирать и в другие группы. Таким образом, слой может входить за счет ссылок одновременно в различные группы, метакрупы и т.д., позволяя создавать группы слоев по тематикам.

Здесь имеется полная аналогия с файловой системой Windows, где файл (слой) входит в состав одной папки, но ссылки на него (ярлыки) допускается группировать в множество других папок. Папки в свою очередь также укладываются в папки более высокого порядка, а также могут иметь ссылки на себя из других папок.

Следующая функциональная особенность программного комплекса – объектно-ориентированная идеология построения классов (слоев), что является продолжением изложенных подходов. Комплекс предоставляет возможность создания каждым пользователем своей группы слоев для работы со своими стилями отображения независимо от системы слоев других пользователей.

Пользователь ГИС ЭкоМКАД может производить сшивку раstra из отсканированных фрагментов в единое растровое поле произвольных размеров и производить последующую векторизацию объектов по растру. Возможен ввод объектов с экрана дисплея

по растровой подложке с непрерывным обеспечением топологической корректности объекта.

Система допускает возможность изменения стиля отображения объектов слоя в любое время со сменой вида отображения всех объектов, для которых изменен стиль. Во многих ГИС стиль слоя (тип геометрии объектов, а также цвета линий, ограничивающих объект и тип штриховки), один раз созданный для отображения объектов некоторого слоя, затем изменить уже нельзя. В ГИС ЭкоМКАД стиль можно изменить в любое время – даже тогда, когда вся карта уже сделана. Для каждого объекта (но не класса объектов!) допустимо задание нескольких геометрических стилевых форм, что позволяет выполнять анимационные операции с объектом, по команде активизируя новый стиль из множества допустимых для данного класса объектов.

Существенная особенность системы – функция ее многоуровневого администрирования: администратор ГИС ЭкоМКАД (например, администратор центрального аппарата Москомприроды), администратор округа, группа пользователей, пользователь. Эта функция разработана в связи с тем, что ГИС ЭкоМКАД планируется применять одновременно в нескольких подразделениях, при этом они работают с одной картой, но к некоторым ее слоям им должен быть запрещен доступ на редактирование. Например, некоторые слои ведут территориальные инспекции. Никто, кроме сотрудников отделов территориальных инспекций административных округов, не должен иметь право их редактировать. Тем не менее, ГИС с электронной картой передается в другие подразделения, которые вводят на карту свои слои.

Показанные технические возможности разработанной ГИС ЭкоМКАД в большой степени определяют ее аналитические и, таким образом, научные возможности. Последние определяются также особенностями тематических блоков – их структурой и методами наполнения базы данных, что связано прежде всего с идеологией разработки. Идеология создания ГИС ЭкоМКАД основывается на сущности экологических процессов, протекающих в зоне МКАД и описанных в первой части статьи, а также на анализе функционирования инфраструктуры

МКАД, основными объектами которой являются улицы, зеленые массивы, здания, авто- и железные дороги, железнодорожные станции, мосты, промышленные предприятия, свалки. Отбор информации, включаемой в базу данных тематических блоков, производится в соответствии с инженерно-техническими, экологическими и социально-экономическими процессами, характерными для участков территории, по которым или вблизи которых проходит трасса МКАД. Отбор показателей и характеристик в созданной базе данных определяется полнотой и детальностью информации, отвечающей основному масштабу проектируемой ГИС и требованиям основных групп потребителей. Главные аспекты базы данных ГИС ЭкоМКАД – это характеристики изменений окружающей природной среды в зоне МКАД под действием техногенных факторов (промышленных предприятий, автотранспорта), а также тех объектов и явлений, которые могут затруднять работу МКАД и вызывать на ней аварийные ситуации.

Источниками информации для базы данных ГИС ЭкоМКАД являются: а) государственные и ведомственные статистические формы отчетности, обзоры земельных, лесных, водных и других ресурсов, состояния и загрязнения окружающей среды; б) отраслевые статистические формы отчетности и обзоры состояния хозяйственных объектов; в) материалы экологических обследований наземными и дистанционными методами, картографические источники, ТЭО и другие предпроектные документы; г) бюллетени и справочники о состоянии атмосферного воздуха, поверхностных вод, земель и др.; д) экологические паспорта водных объектов; е) материалы экологических обследований наземными и дистанционными методами. На основе анализа экологических процессов по трассе МКАД определена тематическая структура базы данных экологической информации с блоками – воздушная среда, поверхностные воды, подземные воды, почвенный покров, растительный покров, заболеваемость детей. Определены основные показатели и характеристики по каждому из данных блоков. При наполнении базы данных экологической информации активно используются два

основных (базовых) графических модуля – цифровые общегеографические (топографические) карты в масштабе 1:10 000 и цифровой цветной фотоплан того же масштаба.

В качестве заключения следует подчеркнуть основные достоинства представленной здесь геоинформационной экологической системы МКАД. Система соответствует запросу времени – отслеживать напряженную экологическую обстановку важной транспортной системы Москвы, прогнозировать развитие, прежде всего, негативных процессов и давать рекомендации по ликвидации или снижению наиболее опасных из них. Она рассчитана на широкий круг пользователей – проста в обращении, не требует дорогостоящей компьютерной техники. Технические возможности ГИС позволяют одновременно обращаться к различным информационным фондам, сопоставлять необходимые информационные слои и, таким образом, проводить необходимый экологический анализ. Система обеспечивает возможность проведения многопараметрического картографического анализа в среде MapInfo, обладающего большим научным потенциалом. Каждый пользователь может формировать свою группу слоев информации со своими стилями отображения. ГИС ЭкоМКАД в целом может служить прообразом (аналогом) при создании опорной экологической ГИС Московского мегаполиса.

Список литературы

1. Берлянт А.М. *Образ пространства: карта и информация*. М.: Мысль, 1986. 240 с.
2. *Геохимия городских ландшафтов*. М.: Изд-во МГУ, 1995. 53 с.
3. *Вестник Mapinfo* / Под ред. А.А. Стакуна. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1996. 64 с.
4. Курбатова А.С., Грициан О.С., Маршев С.В. *Создание целевых атласов и геоинформационных систем территорий различного функционального уровня: Информационный бюллетень*. М.: ГИС-Ассоциация, 1997. № 3 (10). С. 44, 45.
5. Муниципальные геоинформационные системы (Обнинск-96) // *Материалы конференции*. Обнинск: Принтер, 1996. 72 с.

References

1. Berlyant A.M. *Obraz prostranstva: karta i informatsiya* [The image of the space: map and information]. M.: Thought, 1986. 240 p.
2. *Geokhimiya gorodskikh landshaftov* [Geochemistry of urban landscapes]. M.: MGU, 1995. 53 p.
3. *Bulletin Mapinfo* / Ed. AA Stakun. M.: Publishing house MSTU. N.E. Bauman, 1996. 64 p.
4. Kurbatov A.S., Gritsian O.S., Marches S.V. *Sozdanie tselevykh atlasov i geoinformatsionnykh sistem territoriy razlichnogo funktsionalnogo urovnya: Informatsionnyy byulleten* [Creation of targeted atlases and geographic information systems of areas with various functional levels: Inform. Newsletter]. M.: GIS-Association, 1997. № 3 (10). Pp. 44, 45.
5. *Munitsipalnye geoinformatsionnye sistemy (Obninsk-96)* [The municipal geoinformation systems (Obninsk-96)]. *Materialy konferentsii* [Conference materials]. Obninsk: Printer, 1996. 72 p.



Информация об авторах

Лебедев Валентин Витальевич, директор, доктор техн. наук, член-корреспондент РАН

Горохова Ирина Николаевна, канд. техн. наук, старший научный сотрудник лаборатории Дешифрирования материалов аэрокосмической съемки

Куприянова Евгения Ивановна, канд. геогр. наук, старший научный сотрудник лаборатории Дешифрирования материалов аэрокосмической съемки

Харитонов Владимир Александрович, канд. техн. наук, заведующий лабораторией Дешифрирования материалов аэрокосмической съемки

Научный геоинформационный центр РАН

119019, Москва, Российская Федерация, Новый Арбат, 11, e-mail: mail@ngic.ru

Information about authors

Lebedev Valentin Vitalevich, the Director, Doctor of Techn. Sciences, Corresponding Member

Gorokhova Irina Nikolaevna, Cand. of Tech. Sciences, Senior Scientist Deciphering Aerospace Shooting Materials

Kupriyanova Yevgeniya Ivanovna, Cand. of Geographic Sciences, Senior Scientist Deciphering Aerospace Shooting Materials

Kharitonov Vladimir Aleksandrovich, Cand. of Tech. Sciences, Head of the deciphering materials Laboratory, Aerospace Survey Scientific Geo-Information Center RAS

119019, Moscow, Russian Federation, Novy Arbat st., 11, e-mail: mail@ngic.ru

В.В. Лебедев

директор, доктор технич. наук, член-
корреспондент РАН

И.Н. Гансвинд

ведущий инженер

И.Н. Горохова

канд. техн. наук, старший научный сотрудник

Е.И. Куприянова

канд. геогр. наук, старший научный сотрудник

И.Б. Прокуров

В.А. Харитонов

канд. техн. наук, заведующий лабораторией

Научный геоинформационный центр РАН

Москва, Российская Федерация

E-mail: mail@ngic.ru

СТРУКТУРА БАЗ ДАННЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИНФОРМАЦИОННО- УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ

Разработана схема типизированной структуры баз данных экологических информационно-управляющих систем, которая отражает предметное содержание баз данных и представляет первый этап их создания.

Ключевые слова: типизированная структура; база данных; экологическая информация; информационно-управляющая система; предметная область.

V.V. Lebedev

the Director, Doctor of Tech. Sciences,
Corresponding member of the Russian
Academy of Sciences

I.N. Gansvind

Leading Engineer

I.N. Gorokhova

Cand. of Tech. Sciences, Senior Researcher

E.I. Kupriyanova

Cand. of Geographic Sciences, Senior Researcher

I.B. Prokuronov

V.A. Charitonov

Cand. of Tech. Sciences, Head of the deciphering
materials Laboratory

Scientific Geo-Information Center RAS

Moscow, Russian Federation

E-mail: mail@ngic.ru

THE STRUCTURE OF THE DATABASE OF ENVIRONMENTAL INFORMATION AND MANAGEMENT SYSTEMS

The scheme typed database structure environmental information and control systems, which reflects the substantive content of the database and is the first stage of their creation.

Keywords: typed structure; database; environmental information; management information system; the subject area.

Компонент ландшафта	Показатель состояния (параметр)	Размерность
Атмосфера	Содержание кислорода	%, мг/м ³
	Содержание углекислого газа	%, мг/м ³
Литосфера	Возраст пород	
	Механический состав	
Рельеф	Преобладающие высоты	абс. м
	Эрозионная расчлененность территории	км/км ²
	Крутизна склонов	градус
Поверхностные воды	Гидрологические показатели	
	Гидрохимические показатели	
	Гидробиологические показатели	
Подземные воды	Глубины залегания водоносных горизонтов	м
	Мощность водоносных горизонтов	м
	Скорости фильтрации воды	м/сут
Почвы	Состав типов, подтипов и видов	
	Влагоемкость	%
	Плотность сложения	г/см ²
	Механический состав почв	
Растительность	Тип	
	Флористический состав	

Таблица 1. Основные показатели природных особенностей экосистем

В настоящее время в различных отраслях народного хозяйства и в регионах вводится и модернизируется большое число автоматизированных информационно-управляющих систем, обеспечивающих оперативность и результативность управления экономическими, социальными, экологическими и другими аспектами деятельности. Ключевым звеном таких систем являются базы данных (БД), в содержании которых присутствует экологическая составляющая.

Построение и дальнейшее развитие БД немыслимы без участия специалистов-экспертов в конкретной области знаний, содержание которой находит отражение в структуре и наполнении БД.

Предметное содержание экологических баз данных

Процесс формализации информации – это ее упорядочивание, когда из разрозненных сведений возникает оформленный по определенному замыслу набор рядов, колонок и т.п.

В теории проектирования экологических БД первый этап на пути унификации ввода, хранения и поддержки информации связан с разработкой структурированного набора показателей состояния среды путем анализа первичного тематического материала, являющегося основой БД конкретных информационно-управляющих систем.

Экологические показатели служат для согласования информации различного содержания: физического, химического, географического, экономического и т. д.

Создавая геоинформационные системы водоохраных зон водохранилищ (Клязьминское, Рыбинское, Ивановское), ГИС Московской кольцевой автодороги [1–10], авторы пришли к заключению, что информацию об экологических условиях территорий можно разделить на три группы показателей.

Первая группа характеризует природные особенности экосистем по основным компонентам ландшафта. Число таких показателей весьма велико (табл. 1), и в любом случае каждый параметр экосистемы должен иметь определенную временную и пространственную

Процесс	Показатель	Размерность
Выпадение атмосферных осадков	Дата	
	Количество	мм
Испарение	Слой испарения	мм
	Отрезок времени процесса испарения	
Затопление территории	Площадь	км ²
Подтопление территорий	Площадь	км ²
	Глубина уровня залегания грунтовых вод (УГВ)	м
Переувлажнение	Влажность почв	% от массы сухой почвы
Заболоченность	Площадь	км ²
	Доля в общей площади	%
Трансформация свойств почв	Площадь измененных почв	км ²
	Доля в общей площади	%
Абразия	Скорость разрушения берегов	м/год
Заращение водной поверхности	Площадь	км ²
	Скорость заращения	км ² /год
Эрозия почвогрунтов	Скорость	км/км ² /год
	Доля эродированных почв	%
Аккумуляция делювия	Интенсивность	м ³ /год
	Площадь отложений	км ²
	Доля площадей аккумуляции	%
Дефляция	Интенсивность	м ² /год
	Площадь дефлированных участков	км ²
	Доля дефлированных площадей	%
Засоление почвогрунтов	Содержание солей	%
	Степень засоления	3 степени
	Площадь засоленных земель	км ²
Иссушение почв	Площадь иссушенных почв	км ²
	Доля иссушенных почв	%
Суффозия	Площадь распространения суффозии	км ²
Карст	Площадь распространения	км ²
	Доля в общей площади	%

Таблица 2. Основные показатели природных и природно-антропогенных процессов

привязки (координаты; дата обследования; вид пробы, анализа и др.).

Характеристика ландшафтных особенностей дополняется показателями природных и природно-антропогенных процессов и явлений, представляющих вторую группу (табл. 2)

Значимость указанных процессов в экосистемах различна. Например, процесс подтопления, влияющий на формирование условий

в экосистеме водоохраной зоны водохранилищ, является основным, преобразующим природную среду. Этот природно-антропогенный процесс зависит как от режима эксплуатации водохранилища, так и от природных свойств побережья. В других экосистемах такой процесс может быть неярко выражен либо вовсе отсутствовать. Так, на прибрежных территориях водохранилищ, расположенных в зоне

Фактор (объект)	Показатель	Размерность
Населенные пункты	Площадь территории	км ²
	Число жителей	
Промышленные предприятия	Тип	
	Площадь предприятия	м ²
	Выбросы (вид)	т/год
Агропредприятия		
Дороги	Густота	км/км ²
	Площадь	км ²
	Доля в площади территории	%
Автотранспорт	Плотность потока	шт. /км
	Интенсивность движения	шт./ч
	Плотность стоящих на проезжей части транспортных средств	шт./км
Водный транспорт		
Сельскохозяйственные угодья	Площадь	га
	Площадь по культурам	га
Рекреационные объекты	Плотность	чел./ км ² или чел./км побережья
Свалки	Площадь	км ²
	Состав свалки	

Таблица 3. Основные показатели антропогенной нагрузки на природу

достаточного или избыточного увлажнения, этот процесс в основном отрицательно влияет на природу, способствуя развитию вторичных негативных процессов – переувлажнения, оглеения почв и т.п. В аридных условиях он оказывает скорее положительное влияние на экосистемы прибрежных территорий, т.к. улучшает водный режим почв.

Антропогенная нагрузка на природу характеризуется третьей группой показателей, не являющихся общими для всех экосистем, и, соответственно, их значение для экологической безопасности среды различно (табл. 3).

Роль БД в исследованиях существенна даже в случаях, когда элементы экосистем, например почва, хорошо изучены. Исследователи почвенного и растительного покровов в России пришли к выводу, что «последствия все более расширяющейся деградации почв – фронтальная антропогенная деградация почвенно-растительного покрова природных зон, которая приводит к структурно-функциональному ослаблению и перерождению биосферы Земли» [11]. Отсюда ясно, что БД должна содержать

ретроспективные и современные сведения о природных и природно-антропогенных элементах, процессах и явлениях в прошлом и настоящем, а также о хозяйственных планах, чтобы выявить тенденции изменений.

Возможности получения необходимой информации всегда ограничены по причинам научного, организационного, технического характеров. При изучении экосистем используются наземная (контактная) и дистанционная информации. Однако в нашей стране объем контактной информации скуден из-за резкого сокращения сети режимных, полевых экспедиционных и стационарных наблюдений за состоянием природных и природно-антропогенных систем. В то же время очевидны достоинства дистанционной информации, которая при всем многообразии средств ее получения находит все большее применение в самых различных сферах деятельности, хотя и не может в полной мере компенсировать или заменить наземные исследования. Поэтому сохранение указанных тенденций в информационном обеспечении мониторинга экосистем может привести к сокращению заполняемых полей БД, требующих контактных измерений.



Блок-схема типизированной базы данных экологических автоматизированных информационно-управляющих систем

Анализ структур разработанных экологических баз данных

В разработке схемы типизированной структуры экологических БД авторы опирались на теоретические разработки, анализ многочисленных источников информации типа «Гидрологических ежегодников», «Ресурсов поверхностных вод», «Агроклиматических справочников» и др., являющихся предтечей современных автоматизированных экологических БД.

В процессе формализации информации главным является определение ее приоритетных блоков, постоянных и переменных параметров.

Согласно терминологии, принятой в информатике, БД трактуется как идентифицируемая совокупность взаимосвязанных данных, предназначенных для многоцелевого использования [12, 13]. Применительно к региональным геоинформационным системам под БД понимается реализованная с помощью технических средств динамическая модель территории, отражающая пространственно-временную структуру, состояние и взаимосвязи между отдельными элементами экосистемы.

Анализ реализованных экологически ориентированных БД, таких как «Пространственно-распределенный банк экологических (и экономических) данных Института экологии Волжского

бассейна РАН», «Межгосударственная экологическая база данных бассейна Днепра», «Малые и средние реки Московского региона» и др., позволяет выявить некоторые принципы их структурирования и организации. Это – иерархическая структура, в которой выделяется «комплексная» БД, охватывающая некоторую обширную территорию; «локальные» базы по конкретным тестовым территориям и «частные» БД, которые описывают специализированные ресурсно-тематические блоки.

В обобщенной информационной модели этому соответствуют два типа таблиц: таблицы-справочники с рубрикацией показателей и собственно информационные таблицы с результатами наблюдений и исследований.

Типизированная структура экологической БД в силу широты самой экологической проблематики подразумевает использование практически всей доступной информации. И чем полнее БД, тем она универсальнее. Однако на практике задачи экологической БД часто сужаются; используются далеко не все известные показатели, что ограничивает круг решаемых задач.

Прообразом типовой структуры организации БД может служить ГИС «ЭкоМКАД», разработанная в НГИЦ РАН [4, 5]. В структуру этой базы входят: блок административно-территориальной привязки; частные экологические «слои» информации по основным

компонентам географической оболочки (воздушная среда; поверхностные и подземные воды; рельеф; растительность; почвы); блок оценки состояния здоровья населения (с использованием показателя детской заболеваемости).

Создание типизированной структуры базы данных

По сути структуру экологической БД можно рассматривать как систему «сит» («мембран»), через которую информация как бы просеивается, дополняясь и детализируясь в каждом из блоков, что дает все более детальную и полную оценку изучаемому объекту. В общем виде ее структуру представляется возможным изобразить следующим образом (рисунки).

Первый блок (модуль) БД содержит адресно-координатную информацию и подразумевает позиционирование объектов (операционных единиц) в системе географических координат, административно-территориального и административно-хозяйственного деления и т.д. Примерами таблиц-справочников данного блока могут служить таблицы административно-территориального деления РФ от субъектов Федерации до отдельного района.

Второй – «земельно-кадастровый» блок содержит информацию о категориях земель и ландшафтах, к которым тяготеют операционные единицы, а также их позиционирование в системе координат «земельного кадастра». Исходную информацию (таблицы-справочники) для построения этих БД можно получить из системы государственных стандартов.

Следующий – «ландшафтно-тематический» блок БД позиционирует объект в системе координат многомерного экологического пространства, что реализуется в дифференциации географической оболочки на атмосферу, гидросферу, литосферу, биоту, почвы и антропогенную составляющую. Здесь также можно опереться на государственные

стандарты и информацию, содержащуюся в научных источниках.

К предыдущему блоку примыкает блок «нормативных показателей» с указанием критических (регламентированных) значений параметров объектов определенного рода; здесь также удобно сохранять всякого рода ГОСТы, СНИПы, САНПиНы и т.п. информацию.

Следующий блок – «наблюдений и анализов» – содержит перечень параметров. Как и в других случаях, часть информации полезно извлекать из стандартизованных, в том числе ведомственных, источников.

Наконец, последний блок – «множественных значений» – содержит конкретизированную информацию о состоянии объекта (операционной единицы) в конкретный промежуток времени. Эти данные, выполняя важнейшую информационную функцию, отвечают многопараметрическому описанию экосистем и их компонентов.

Разработанная типизированная структура БД позволит использовать ее при создании интегрированных ГИС для информационной поддержки развития регионов и отраслей хозяйства на основе комплексного использования наземной, картографической и аэрокосмической информации.

Список литературы

1. Горохова И.Н., Вончагова А.Л. Хозяйственная деятельность в водоохранной зоне Ивановского водохранилища // *Экологические системы и приборы*. 2006. № 5. С. 14–16.
2. Кирпичникова Н.В., Куприянова Е.И. Экологическое состояние водоохранной зоны Ивановского водохранилища и современные подходы к его регулированию // *Изв. РАН. Сер. географическая*. 2003. № 6. С. 77–84.
3. Лебедев В.В., Куприянова Е.И., Харитонов В.А. Технология дистанционного мониторинга экологического состояния водохранилищ (на примере Ивановского) // *Исследование Земли из космоса*. 2007. № 5. С. 30–43.
4. Лебедев В.В., Бельченко И.К., Бруни И.Е. и др. Экологическая геоинформационная система Московской кольцевой автомобильной дороги (ГИС «Эко-МКАД») // *Известия РАН. Сер. географическая*. 1999. № 5. С. 80–89.
5. Лебедев В.В., Бруни И.Е., Горохова И.Н. и др. Основы создания экологических ГИС водохранных зон водохранилищ по материалам аэрокосмических

съемок // *Экологические системы и приборы*. 2000. № 12. С. 2–6.

6. Лебедев В.В., Бруни И.Е., Горохова И.Н. и др. Дистанционный мониторинг зеленых насаждений Центрального административного округа Москвы на основе цветной аэрофотосъемки и геоинформационных технологий // *Экология большого города*. М.: ПРИМА-М, 2002. Вып. 6. С. 187–189.

7. Лебедев В.В., Бруни И.Е., Горохова И.Н. и др. Опыт создания геоинформационной системы зеленых насаждений Центрального административного округа Москвы // *Экологические системы и приборы*. 2003. № 3. С. 3–7.

8. Лебедев В.В., Куприянова Е.И., Харитонов В.А. Технология создания природоохранных геоинформационных систем // *Вестник РАН*. 2006. Т. 76. № 2. С. 12–21.

9. Лебедев В.В., Куприянова Е.И., Харитонов В.В. Технология создания экологических ГИС водохранилищ (на примере Иваньковского) // *Вестник компьютерных и информационных технологий*. 2005. № 9. С. 9–18.

10. Проблемы создания региональных геоинформационных комплексов и опыт решения прикладных задач на основе аэрокосмической информации / Отв. ред. В.В. Лебедев. М.: Наука, 2002. 239 с.

11. Никитин Е.Д., Скворцова Е.Б., Шишкина Л.П., Воронцова Е.М. Деградация почвенно-растительного покрова природных зон и особая охрана почв: Тезисы и доклады Всероссийской конференции. Москва, 16–18 июня 1998 г. Т. 1. М., 1998. С. 13, 14.

12. Системы управления базами данных и знаний: Справочное издание / Под ред. А.Н. Наумова. М.: Финансы и статистика, 1991. 352 с.

13. Геоинформатика: Толковый словарь основных терминов / Под ред. А.М. Берлянта, А.В. Кошкарева. М.: Изд-во Ассоциация, 1999. 204 с.

References

1. Gorokhova I.N., Votchagova A.L. Khozyaystvennaya deyatel'nost' v vodookhrannoy zone Ivankovskogo vodokhranilishcha [Economic activity in floodplains Ivankovo Reservoir]. *Ekologicheskie sistemy i pribory* [Ecological systems and devices]. 2006. № 5. Pp. 14–16.

2. Kirpichnikova H.V., Kupriyanov E.I. Ekologicheskoe sostoyanie vodookhrannoy zony Ivankovskogo vodokhranilishcha i sovremennye podkhody k ego regulirovaniyu [The ecological status of water protection zone Ivankovo Reservoir and modern approaches to its regulation]. *Izv. RAN. Ser. geograficheskaya* [Izvestiya RAS. Ser. Geographic]. 2003. № 6. P. 7.

3. Lebedev V.V., Kupriyanov E.I., Kharitonov V.A. Tekhnologiya distantsionnogo monitoringa ekologicheskogo sostoyaniya vodokhranilishch (na primere Ivankovskogo) [The technology of remote monitoring of the ecological state of reservoirs (for example Ivankovskoye)].

Issledovanie Zemli iz kosmosa [Study of Earth from space]. 2007. № 5. Pp. 30–43.

4. Lebedev V.V., Belchenko I.K., Bruni I.E. and others. Ekologicheskaya geoinformatsionnaya sistema Moskovskoy koltsevoy avtomobilnoy dorogi (GIS «Eko-MKAD») [Environmental Geographic Information System of the Moscow Ring Road (GIS «Eco-Ring»)]. *Izvestiya RAN. Ser. geograficheskaya* [Izvestiya RAS. Ser. Geographic]. 1999. № 5. Pp. 80–89.

5. Lebedev V.V., Bruni I.E. and others. Osnovy sozdaniya ekologicheskikh GIS vodookhrannykh zon vodokhranilishch po materialam aerokosmicheskikh semok [Basics of environmental GIS water protection zones of reservoirs based on aerospace surveys]. *Ekologicheskie sistemy i pribory* [Ecological systems and devices]. 2000. № 12. Pp. 2–6.

6. Lebedev V.V., Bruni I.E., Gorokhova I.N. and others. Distsionnyy monitoring zelenykh nasazhdeniy Tsentralnogo administrativnogo okruga Moskvyy na osnove tsvetnoy aerofotosemki i geoinformatsionnykh tekhnologiy [Remote monitoring of green spaces of the Central Administrative District of Moscow based on color aerial photography and GIS technology]. *Ekologiya bolshogo goroda* [Ecology of Big City]. М.: ПРИМА-М, 2002. Vol. 6. Pp. 187–189.

7. Lebedev V.V., Bruni I.E., Gorokhova I.N. and others. Opyt sozdaniya geoinformatsionnoy sistemy zelenykh nasazhdeniy Tsentralnogo administrativnogo okruga Moskvyy [Experience of creation of geoinformation system of green spaces of the Central Administrative District of Moscow]. *Ekologicheskie sistemy i pribory* [Ecological systems and devices]. 2003. № 3. Pp. 3–7.

8. Lebedev V.V., Kupriyanov E.I., Kharitonov V.A. Tekhnologiya sozdaniya prirodookhrannykh geoinformatsionnykh sistem [Technology of creation of environmental geo information systems]. *Vestnik RAN* [Herald of the RAS]. 2006. Vol. 76. № 2. Pp. 12–21.

9. Lebedev V.V., Kupriyanov E.I., Kharitonov V.A. Tekhnologiya sozdaniya ekologicheskikh GIS vodookhrannykh zon vodokhranilishch (na primere Ivankovskogo) [Technology of creation of environmental GIS water protection zones of reservoirs (on example of Ivankovskoye)]. *Vestnik kompyuternykh i informatsionnykh tekhnologiy* [Herald of computer and information technology]. 2005. № 9. Pp. 9–18.

10. Problemy sozdaniya regionalnykh geoinformatsionnykh kompleksov i opyt resheniya prikladnykh zadach na osnove aerokosmicheskoy informatsii / Отв. ред. В.В. Лебедев [The problems of establishing regional geographic information systems and experience in dealing with applications based on space information. Editor V.V. Lebedev]. М.: Science, 2002. 239 p.

11. Никитин Е.Д., Скворцова Е.Б., Шишкина Л.П., Воронцов Е.М. Деградация почвенно-растительного покрова природных зон и особая охрана почв: Тезисы и доклады Всероссийской конференции. Москва, 16–18 июня 1998 г. [Degradation of soil and

vegetation of natural areas and the special protection of soils: Abstracts and Papers All-Russian Conference. Moscow, 16-18 June 1998]. M., 1998. Vol. 1. Pp. 13, 14.

12. *Sistemy upravleniya bazami dannykh i znaniy: Spravochnoe izdanie* / Pod red. A.N. Naumova [Systems of database management and knowledge: Reference book.

Editor A.N. Naumov]. M.: Finance and Statistics, 1991. 352 p.

13. *Geoinformatika: Tolkovyy slovar osnovnykh terminov* / Pod red. A.M. Berlyanta, A.V. Koshkareva [Geoinformatics: Glossary of key terms. Ed. A.M. Berlyant, A.V. Koshkareva]. M.: Publishing House Association, 1999. 204 p.



Информация об авторах

Лебедев Валентин Витальевич, директор, доктор технич. наук, член-корреспондент РАН

Гансвинд Игорь Николаевич, ведущий инженер лаборатории Систем космического мониторинга

Горохова Ирина Николаевна, канд. техн. наук, старший научный сотрудник лаборатории Дешифрирования материалов аэрокосмической съемки

Куприянова Евгения Ивановна, канд. геогр. наук, старший научный сотрудник лаборатории Дешифрирования материалов аэрокосмической съемки

И.Б. Прокуронов

Харитонов Владимир Александрович, канд. техн. наук, заведующий лабораторией Дешифрирования материалов аэрокосмической съемки

Научный геоинформационный центр РАН

119019, Москва, Российская Федерация, Новый Арбат, 11, e-mail: mail@ngic.ru

Information about authors

Lebedev Valentin Vitalevich, the Director, Doctor of Techn. Sciences, Corresponding Member

Gansvind Igor Nikolaevich, Leading Engineer of Laboratory Space Monitoring Systems

Gorokhova Irina Nikolaevna, Cand. of Tech. Sciences, Senior Scientist Deciphering Aerospace Shooting Materials

Kupriyanova Yevgeniya Ivanovna, Cand. of Geographic Sciences, Senior Scientist Deciphering Aerospace Shooting Materials

I.B. Prokuronov

Kharitonov Vladimir Aleksandrovich, Cand. of Tech. Sciences, Head of the deciphering materials Laboratory, Aerospace Survey

Scientific Geo-Information Center RAS

119019, Moscow, Russian Federation, Novy Arbat st., 11, e-mail: mail@ngic.ru

Г.А. Миловский

канд. геол.-мин. наук, заведующий лабораторией

В.Н. Орлянкин

старший научный сотрудник

В.Т. Ишмухаметова

канд. техн. наук, старший научный сотрудник

Научный геоинформационный центр РАН

Москва, Российская Федерация

E-mail: mail@ngic.ru

КОСМОГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА НА СЕВЕРЕ СИБИРИ

На основе данных многозональной, панхроматической и спектральной космических съемок в междуречье Мессояха – Большая Хета выявлены региональные кольцевые и линейные структуры, а также зонально-концентрические морфоструктурные элементы, соответствующие локальным поднятиям кровли продуктивной долганской свиты. Намечены газоперспективные участки для постановки детальных геолого-разведочных работ. В результате дешифрирования космических снимков на площади Лено-Анабарского прогиба и Оленекской зоны дислокаций были выявлены региональные и локальные кольцевые, линейные, а также зонально-концентрические структуры. На основе анализа гравиметрических, магнитных и многозональных космических данных намечены перспективные площади для поиска нефтяных месторождений.

Ключевые слова: многозональная космическая съемка; нефть; газ; гравиметрические и магнитометрические данные; поисковые признаки.

G.A. Milovsky

Cand. of Geological-Mineralogical Sciences, Head

of Laboratory

V.N. Orlyankin

Senior Researcher

V.T. Ishmukhametova

Cand. of Tech. Sciences, Senior Researcher

Scientific Geo-Information Center RAS

Moscow, Russian Federation

E-mail: mail@ngic.ru

GEOSPATIAL FORECASTING OF OIL AND GAS FIELDS IN THE NORTH OF SIBERIA

Based upon multiband, panchromatic and spectral-band space-borne survey data the regional ring and line structures, as well as zonal-concentric morphostructural elements conforming to local lifts of the roof of the efficient Dolgansk suite were revealed. The gaspromising areas for detailed exploration were marked. As a result of satellite images into the Leno-Anabarsky Sag and Oleneksky Zone of Dislocations deciphering regional and local ring, line, as well as zonal-concentric structures were revealed. The promising areas for oil exploration on the basis of the analysis of the gravimetric, magnetic and multispectral space data were outlined.

Keywords: multispectral space images; oil; gas; gravimetric and magnetic data; searching signs.

Междуречье Мессояха–Большая Хета

В качестве эталонных объектов для выявления залежей углеводородов использовались месторождения Мессояхское, Южно-Соленинское и Северо-Соленинское [1–3]. Мессояхское газовое месторождение – наиболее привлекательный объект для оценки возможностей космической съемки из-за его малоглубинности по сравнению с другими месторождениями, выявленными на

исследуемой территории. Промышленные залежи Мессояхского месторождения локализованы в верхнемеловых отложениях долганской свиты и приурочены к локальному поднятию, которое, по данным сейсморазведки и буровых работ, вытянуто в направлении с юго-запада на северо-восток, имеет размеры 19 км´10 км и амплитуду 70 м (по изогипсе 800 м).

К нижнемеловым отложениям суходудинской свиты приурочены газоконденсатные месторождения Южно-Соленинское (пласты

СД-VIII, IX, X, XI) и Северо-Соленинское (пласты СД-III, VIII, IX). По отражающему горизонту «I-г» Соленинское поднятие, состоящее из двух куполов – Северо-Соленинского и Южно-Соленинского, оконтуривается общей изогипсой 2 300 м. Южно-Соленинский купол выделяется замкнутой изогипсой 2 250 м, вытянут в направлении с юго-запада на северо-восток и имеет размеры 16,5 км² 8,5 км. Отражающий горизонт «I-г» коррелируется с кровлей пласта СД-VIII (сейсмический горизонт «ГС-5» 2280 м). Новые структурные построения позволили выявить рядом с Южно-Соленинской структурой несколько локальных поднятий: Западное (6 км² 3 км), Ново-Соленинское (9,5 км² 5 км), Восточное (8,5 км² 6,5 км). Согласно новой структурной карте отражающего горизонта «ГС-5» (кровля СД-VIII) собственно Южно-Соленинское поднятие имеет значительно меньшие размеры и со всех сторон окружено структурными прогибами, амплитуда которых близка или превышает высоту залежи пласта СД-VIII (51 м). В разрезах Северо-Соленинского и Южно-Соленинского месторождений промышленные скопления углеводородов (УВ) отмечаются также в отложениях Малохетской и Яковлевской свит.

Междуречье рек Мессояха–Большая Хета представляет собой полого-холмистую лесотундровую равнину, глубина расчлененности рельефа невысока, преобладающие абсолютные высоты холмов и увалов – 40–140 м, местность заболочена, изрезана разветвленной речной сетью, густо усеяна озерами; территория находится в зоне сплошного распространения многолетнемерзлых пород.

Из существующего арсенала методов космической съемки [4] с учетом наличия архивных материалов для исследований территории М: 1:1 000 000–1:200 000 была выбрана многозональная космическая съемка («Landsat» и КАТЭ-200), для детализации перспективных участков М: 1:35 000–1:15 000 использовалась спектрально-панхроматическая (КФА-1000) и панхроматическая (КФА-3000) съемки высокого (7–3 м) разрешения. При компьютерной обработке данных космической съемки (КС) исследовались возможности выявления контура кровли

коллектора, контура газо-водяного контакта, внешнего и внутреннего контуров газоносности, а также определялись новые линейные и кольцевые структурные элементы, позволяющие получить более полное представление о структурной позиции месторождений.

Региональные и локальные морфоструктурные элементы, выявляемые по материалам космических съемок, включают в себя дуговые, кольцевые и линейные элементы. В нескольких спектральных диапазонах (0,45–0,52, 0,52–0,61, 0,63–0,69 мкм) выявляется региональная кольцевая структура, по периферии которой располагаются эталонные месторождения – Мессояхское и Северо-Соленинское (рис. 1, структурный элемент 1). Через центральную часть этой кольцевой структуры проходят линейные элементы, окаймляющие Южно-Соленинское локальное поднятие с северо-запада и юго-запада (рис. 1, структурные элементы 2 и 3). Еще один региональный линейный морфоструктурный элемент трассируется с юго-востока (оз. Тампе) в направлении на оз. Долгое и далее на северо-запад (рис. 1, структурный элемент 4).

Проявленность мелких линейных элементов преимущественно северо-восточного простирания, ответственных за поздние сдвиговые деформации на Северо-Соленинском, Южно-Соленинском и Мессояхском месторождениях, за пределами указанной региональной кольцевой структуры значительно выше, что позволяет говорить об определенных различиях в тектонической обстановке внутри и за пределами этой структуры.

В качестве одного из важнейших элементов при прогнозе газоносности исследуемой территории можно рассматривать выявление по космическим данным морфоструктурных признаков локальных поднятий кровли долганской свиты. На месторождении Мессояхское кровля долганской свиты расположена на глубинах 730–780 м. В результате обработки космических снимков (КС) в диапазоне 2,09–2,35 мкм выявлена зонально-концентрическая структура (рис. 2), которая коррелируется как с изогипсами кровли верхней пачки долганской свиты, так и с внутренним контуром газоносности.

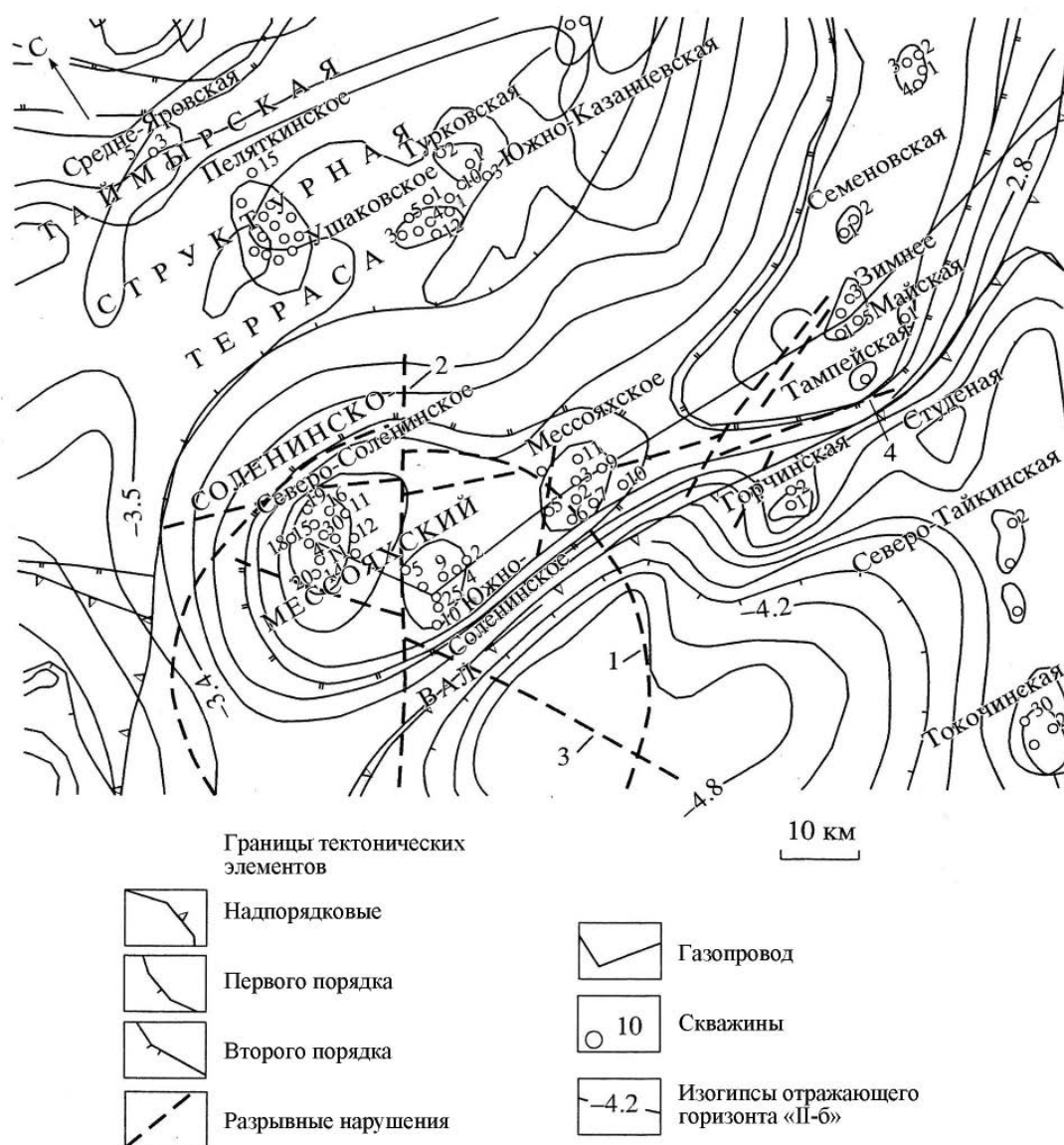


Рис. 1. Региональные морфоструктурные элементы (пунктиром), выявленные в результате обработки материалов многозональной космической съемки в междуречье Мессояха – Большая Хета (основа: приложение 1 из отчета Росгеолфонда № 476772; отражающий горизонт «II-б» соответствует кровле средней юры)

На Соленинских месторождениях продуктивными являются главным образом отложения суходудинской свиты, при этом кровля основного пласта СД-VIII находится на глубинах 2 230–2 280 м. По материалам КС проследить подобные вариации кровли пласта не представляется возможным. Вместе с тем, если обратиться к данным вариаций глубины кровли сеноманских отложений (горизонт «I-а») на месторождениях Южно-Соленинское и Северо-Соленинское, то можно обнаружить подобие между рисунком изогипс структурной карты кровли долганской свиты (рис. 3 а) и результатами обработки КС в диапазонах 2,09–2,35

и 10,4–12,5 мкм (рис. 3 б, в). Таким образом, наличие зонально-концентрических локальных кольцевых морфоструктурных элементов может использоваться в качестве поискового признака структурных ловушек.

Исходя из предположения о пространственном соответствии зонально-концентрических структур и локальных структурных ловушек в кровле долганской свиты, наиболее интересным в поисковом отношении является участок Верхне-Пендамаяхский (R-44-107-B-6, координаты: 69°07'25" сев. шир., 83°09'00" вост. долг.). Зонально-концентрическая структура Верхне-Пендамаяхского участка (рис. 4)

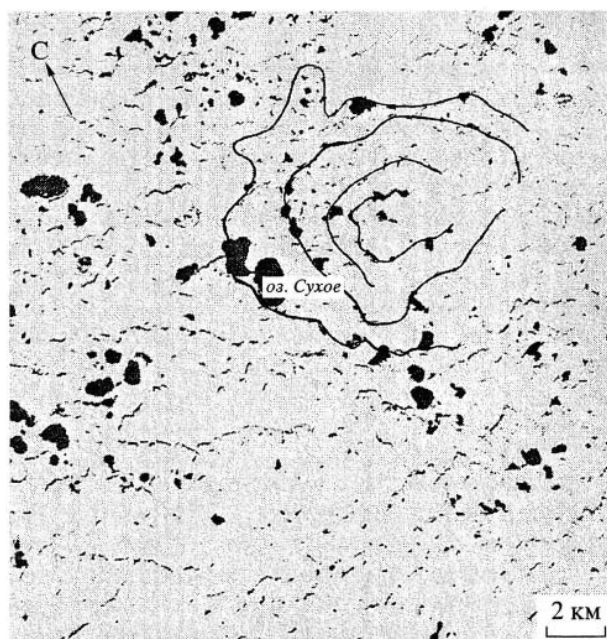


Рис. 2. Результаты выявления морфоструктурных элементов посредством компьютерной обработки материалов космической съемки в диапазоне 2,09 – 2,35 мкм на месторождении Мессояхское

характеризуется высокой степенью деформированности линейными элементами, сформированными, предположительно, на этапе неотектонической активизации.

Основной вопрос при анализе зонально-концентрических структур – насколько линейные подвижки повлияли на сохранность (или разгерметизацию) потенциальных залежей УВ в кровле долганской свиты. Линейные элементы, установленные при обработке КС, деформирующие зонально-концентрические структуры, могут быть как результатом проявления длительно живущих периодически подновляющихся дизъюнктивов глубокого заложения, так и следствием проявления новейших неотектонических процессов. В пользу последнего предположения свидетельствует характер изменений гидросети. Так, например, в диапазоне 2,09–2,35 мкм отчетливо фиксируются неотектонические подвижки палеорусл р. Большая Хета в районе месторождения Майское (рис. 5).

Лено-Анабарский прогиб и Оленекская зона дислокаций

С учетом низкой геологической изученности территории Лено-Анабарского междуречья

оценка перспектив ее нефтеносности будет значительно точнее при использовании современных дистанционных космических методов, обладающих большой обзорностью и генерализующим эффектом. Главным фактором, контролирующим процессы миграции и накопления углеводородов, является тектонический, предопределяющий как границы нефтеносных бассейнов, так и пространственное размещение в их пределах локальных структур, благоприятных для аккумуляции углеводородов. Поэтому основными задачами настоящего исследования были – выявление с помощью материалов космических съемок разнопорядковых тектонических структур, анализ их пространственных связей и оценка на основе этих сведений перспектив нефтеносности.

Сейсморазведочными работами решается (с вероятностью до 0,8) вопрос выявления структурных и тектонически-экранированных ловушек нефти и газа, а вопрос прогнозирования в них залежей не решается – ни теоретически, ни практически [5–7]. Поэтому наряду с сейсмическими методами для прогнозирования залежей углеводородного сырья используется комплекс данных дистанционного космического зондирования, гравиметрической, магнитометрической и геохимической съемок. Обработка данных основана на модели вертикального микропросачивания углеводородов из подземных залежей [8], согласно которой углеводороды, просачиваясь к поверхности, окисляются, в результате возникают геофизические и геохимические аномалии, обусловленные появлением новых минеральных фаз. При миграции углеводородов из месторождений к поверхности в почве происходит ряд химических преобразований, негативно влияющих на корневую систему растений и приводящих к изменению окраски листьев. Эти изменения в ряде случаев фиксируются по гиперспектральным космическим данным.

Сопоставление результатов космоструктурного дешифрирования и сейсморазведочных данных, проведенное по итогам двадцатилетних поисковых работ по выявлению локальных поднятий осадочного чехла, показало целесообразность более активного использования космических методов для прогнозирования

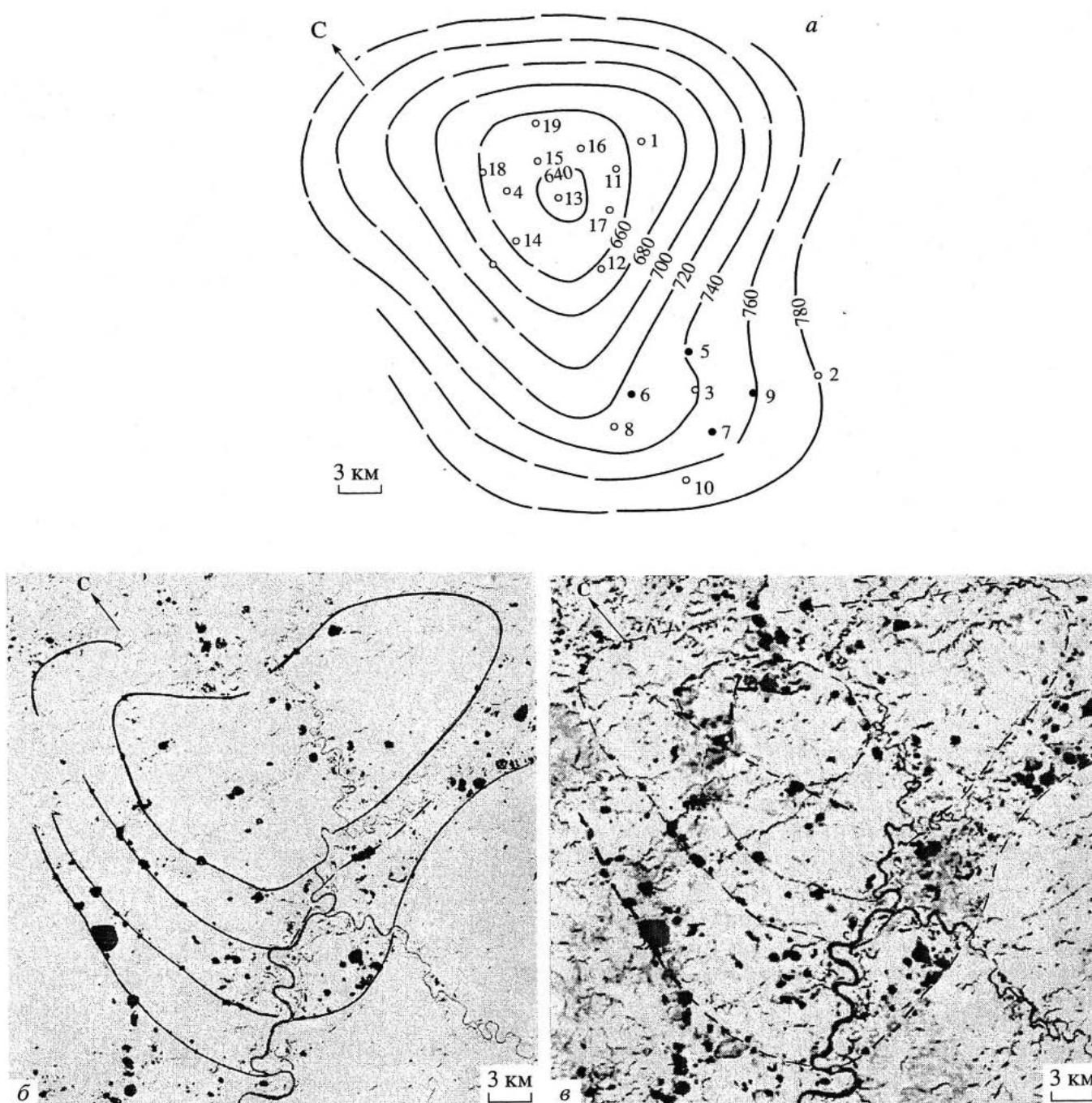


Рис. 3. Структурная карта кровли сеномана (долганская свита) на месторождениях Южно-Соленинское и Северо-Соленинское при слиянии рек Мессояха, Малая Мессояха и Варкутая (основа: приложение № 7 из отчета Росгеолфонда № 335771, цифрами указаны номера буровых скважин) – а; результаты выявления морфоструктурных элементов посредством компьютерной обработки материалов космической съемки на месторождениях Южно-Соленинское и Северо-Соленинское при слиянии рек Мессояха, Малая Мессояха и Варкутая в диапазоне 2,09 – 2,35 мкм – б; и диапазоне 10,4 – 12,5 мкм

структурных ловушек нефти в отдаленных и труднодоступных районах Восточной Сибири. Космические методы дают возможность выявить широкий спектр разрывных нарушений, включая малоамплитудные дислокации и современные зоны трещиноватости, что позволяет оценить степень раскрытости флюидопоров.

Анализ распределения значений яркостей в среднем ИК-диапазоне, полученных с Landsat-7, свидетельствует о возможности разделения продуктивных и непродуктивных структур по спектральному признаку. Исследования в различных регионах позволили выявить важную закономерность – среднее значение спектральной яркости нефтегазоносных структур выше, чем среднее значение пустых структур. Использование инфракрасной (ИК) съемки при решении задачи прогноза нефтегазоносности позволяет определить наличие разрывных нарушений через трассирование зон разгрузки глубинных вод.

Гравитационное поле фиксирует дефицит массы над коллекторами углеводородов вследствие разуплотнения пород, магнитное поле изменяется в результате появления новых магнитных минералов. Таким образом, комплексная интерпретация космических и геофизических данных повышает достоверность прогнозирования ловушек нефти.

Дешифрирование космических снимков на территории плоских аккумулятивных равнин выявило определенные характерные системы линеаментов, фиксируемых прямолинейными и дугообразными отрезками речных долин и цепочками термокарстовых озер. На возвышенных эрозионно-денудационных поверхностях отмечаются крупные линеаменты, ориентированные по простирацию складчатых структур, и ортогональные к ним разломы, фиксируемые поперечными прямолинейными речными долинами.

В пределах прогибов с мощным осадочным чехлом, верхний структурный ярус которого представлен недислоцированными четвертичными отложениями, унаследованность мезозойских и палеоген-миоценовых дизъюнктивов новейшими и современными линеаментами четко проявляется в связи с наличием

толщи (в сотни метров) многолетнемерзлых пород. Толща мерзлых пород, с одной стороны, ведет себя как жесткое тело, с другой – реагирует на линейные термоаномалии над разломами интенсивным развитием линейного термокарста (цепочки озер), термоэрозии на склонах и термоабразии берегов крупных озер.

Комплексный анализ материалов многозональной космической съемки, топографических, геологических и геофизических карт всей изучаемой территории с информационным приоритетом дистанционных материалов, позволил создать структурную космогеологическую схему (рис. 6), на которую вынесены разнопорядковые прямолинейные, дугообразные и кольцевые линеаменты, интерпретируемые как тектонические разломы или линейные зоны трещиноватости. Выделено три крупных блока, в пределах которых происходили однородные (однонаправленные) тангенциальные или субвертикальные напряжения: Буолкалахский, Оленекский и Лаптевский.

Буолкалахский блок по результатам дистанционного зондирования представляет наибольший интерес с позиций нефтегазоносности. В западной и восточной частях Буолкалахского блока разнонаправленные линейные и дуговые структуры образуют подобие крупных кольцевых структур диаметром 60–70 км. В центральной части блока по дугообразным отрезкам современной гидросети уверенно дешифрируется группа сближенных кольцевых и зонально-концентрических структур диаметром 30–40 км – Уэленская, Баянская, Кангаласская и Люндюгесская. В тектоническом плане границы Буолкалахского блока соответствуют Анабаро-Оленекской впадине, занимающей центральную часть Лено-Анабарского прогиба. Восточная граница Буолкалахского блока проходит субмеридионально по р. Буолкалах. Зонально-концентрические структуры размещены на северном выступе поверхности фундамента, представленного здесь рассланцованными зеленокаменными породами, более проницаемыми для мантийных флюидов, а Баянская и Кангаласская структуры совпадают с северным продолжением Уджинского рифейского разлома. Непосредственной причиной образования

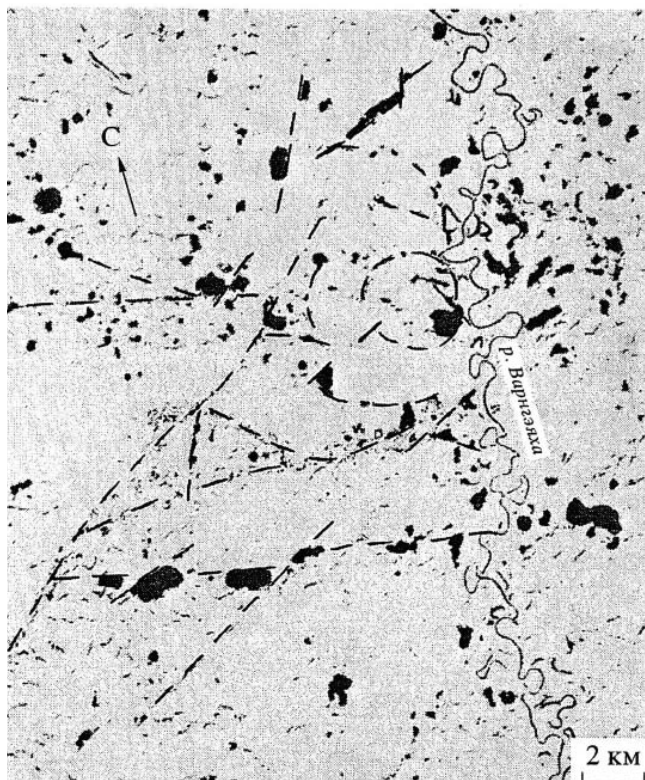


Рис. 4. Результаты выявления морфоструктурных элементов посредством компьютерной обработки материалов космической съемки в диапазоне 2,09 – 2,35 мкм на участке Верхне-Пендамаяхский при слиянии рек Верхняя Пендамаяха и Варнзяха

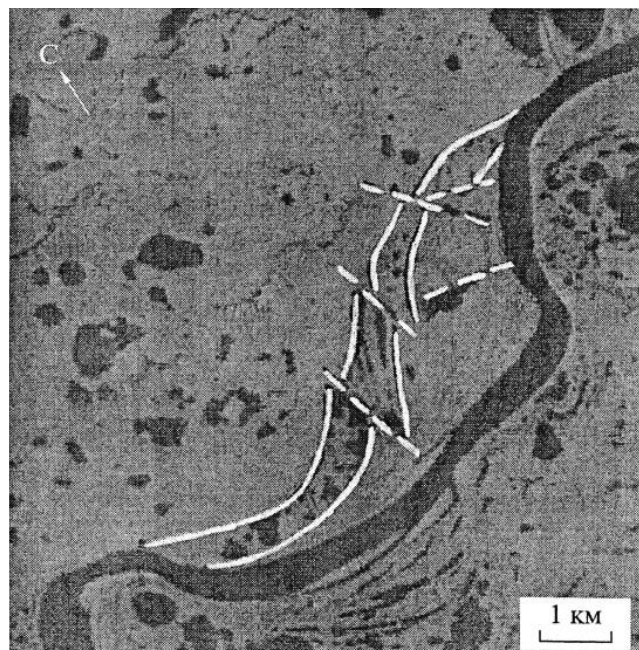


Рис. 5. Неотектонические подвижки палеорула р. Большая Хета в районе месторождения Майское по результатам обработки материалов космической съемки в диапазоне 2,09 – 2,35 мкм

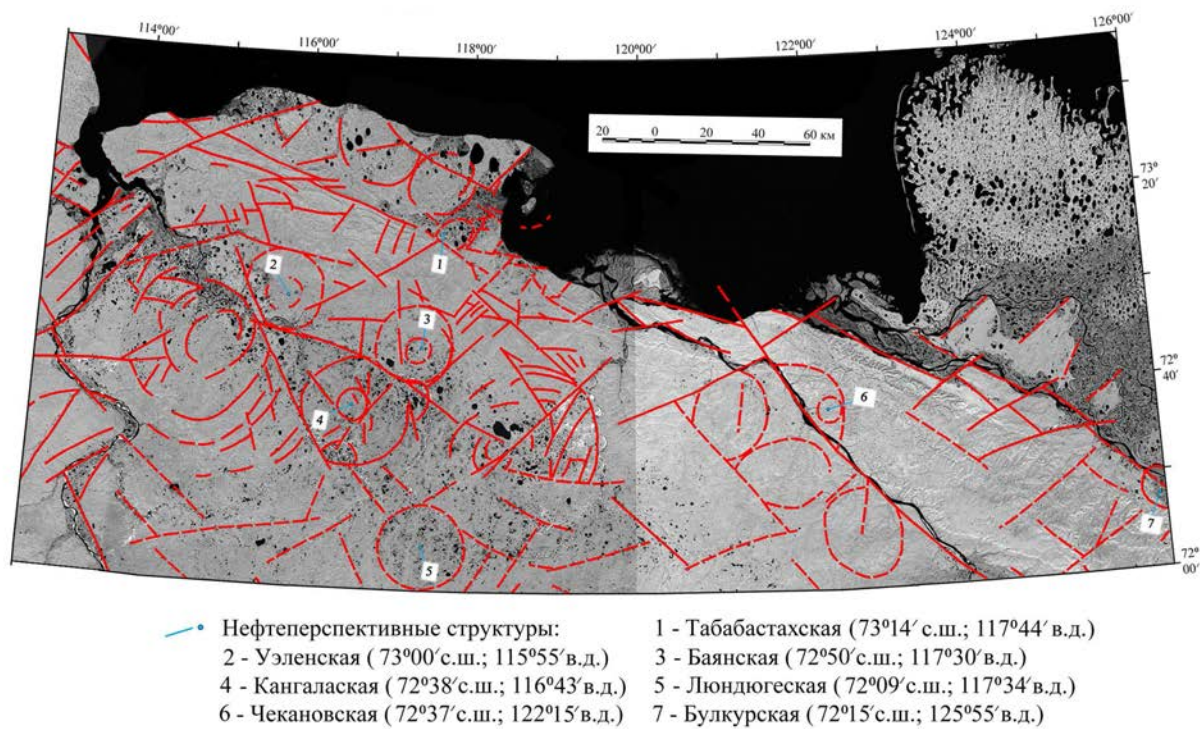


Рис. 6. Результаты космодешифрирования площади работ

указанных структур является, по-видимому, вертикально направленное локальное механическое давление снизу на осадочный чехол какими-либо штокообразными магматическими телами, формирующими над собой изометрические в плане складки-купола. Такое объяснение механизма генезиса концентрических структур Буолкалахского блока оставалось бы гипотетическим предположением, если бы не имелась возможность проследить геологическую ситуацию, в том числе по космическим снимкам, на смежных площадях южнее рассматриваемой территории. Оказывается, что на площади R-50-VIII, IX по материалам многозональной космической съемки дешифрируется еще одна такая же концентрическая структура, названная нами Томторской (рис. 7). Она отличается от первых четырех тем, что расположена на самом краю Лено-Анабарского прогиба. В центральной своей части Томторская структура представлена приподнятым блоком протерозойских пород со вскрытым знаменитым Томторским плутоном ультрамафитов и карбонатитов с уникальным редкометальным оруженением. Томторская концентрическая структура располагается в осевой части долгоживущего субмеридионального Уджинского поднятия, подчеркиваемого также субмеридиональным четко выраженным в рельефе и на космоснимках Уджинским разломом, который к северу в поле развития меловых отложений постепенно затухает.

Следует отметить нефтеперспективность описанных концентрических структур, фиксирующих поднятия центрального типа. В отличие от периферической части Лено-Анабарского прогиба, где отсутствовали флюидоупоры, в осевой части прогиба накапливались тонкозернистые глинистые осадки [9], создавшие впоследствии покрывки для углеводородных флюидов. Поэтому вероятность аккумуляции нефти в литологических и структурных ловушках вокруг поднятий центрального типа и над ними достаточно велика. Коллекторами при этом могли быть трещиноватые и кавернозные кембрийские доломиты, мощная допермская кора выветривания, низы пермских пород, да и сами трещиноватые плутоны, возвышающиеся над поверхностью

фундамента по аналогии с месторождением Белый Тигр. Соотношение результатов космодешифрирования и магнитометрической съемки (рис. 8) указывает на приуроченность нефтеперспективных кольцевых структур к областям пониженных значений магнитного поля от -100 до -400 нТл. Выявленные нефтеперспективные структуры приурочены к областям пониженных значений гравитационного поля от -10 до -15 мГал, исключение составляет только Люндюгесская структура (рис. 9). Характер ориентации основных линеаментов отражает сложный рисунок гравитационного поля. Общей закономерностью в распределении нефтеперспективных площадей можно считать приуроченность вмещающих их кольцевых структур к периферии крупных отрицательных гравитационных аномалий.

Таким образом, в пределах Буолкалахского блока выявлены нефтеперспективные структуры – Уэленская, Баянская и Кангаласская. На северной границе блока выявлен перспективный участок – Табабастах. В пределах этого участка основными структурными элементами являются грабены северо-западного простирания, осложненные ортогональными северо-восточными разломами различной протяженности. Последние формировались одновременно с субширотными разломами, которые возникли вследствие разрядки тектонических напряжений сбросо-сдвигового характера. В районе р. Табабастах в результате космодешифрирования выявлена крупная овоидная структура (рис. 10) с соотношением по длинной и короткой осям 15 и 10 км соответственно. Юго-западная часть этой структуры срезана региональным разломом северо-западного простирания. В пределах овоидной структуры выявлена серия локальных кольцевых и эллипсовидных структур, осложненных субширотными разрывными нарушениями. Природа выявленных локальных структур обусловлена современными термокарстовыми процессами, которые могут отражать строение локальных поднятий и депрессий в верхнемеловых отложениях, залегающих под четвертичными болотно-озерными отложениями. Углеводороды накапливаются в локальных структурных ловушках при сплошной толще

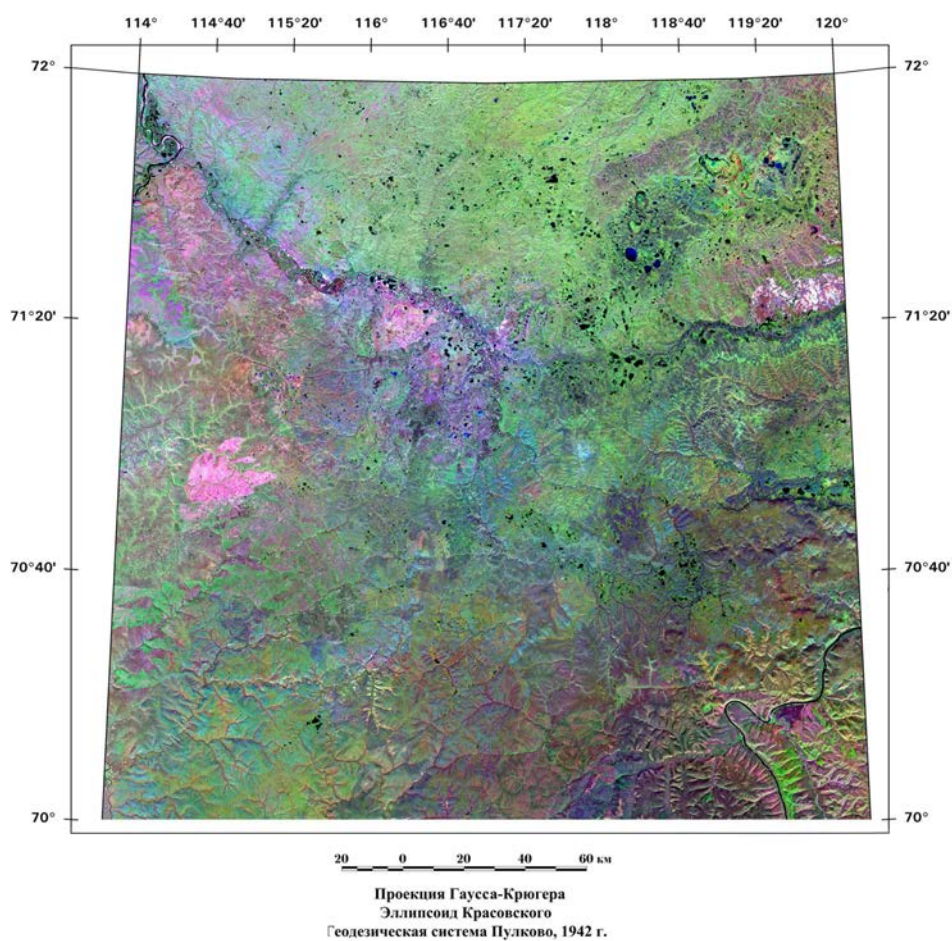


Рис. 7. Дистанционная основа R-50-А,Б в цветовой композиции RGB 7-го, 4-го и 2-го каналов LANDSAT

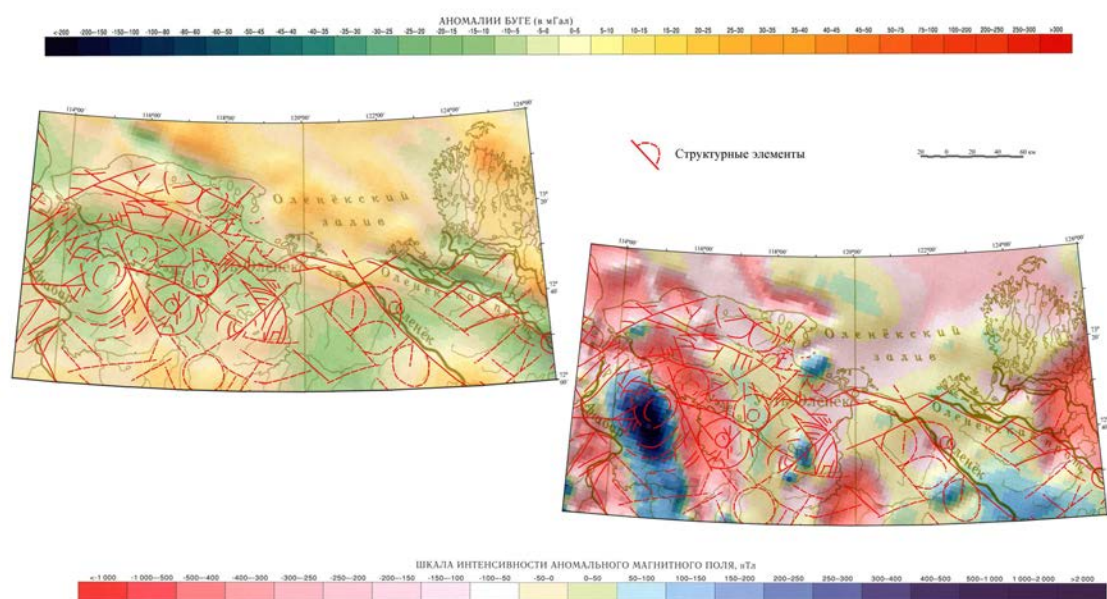


Рис. 8. Сопоставление результатов космодетифрирования, гравиметрической съемки и магнитометрической съемки по площади работ

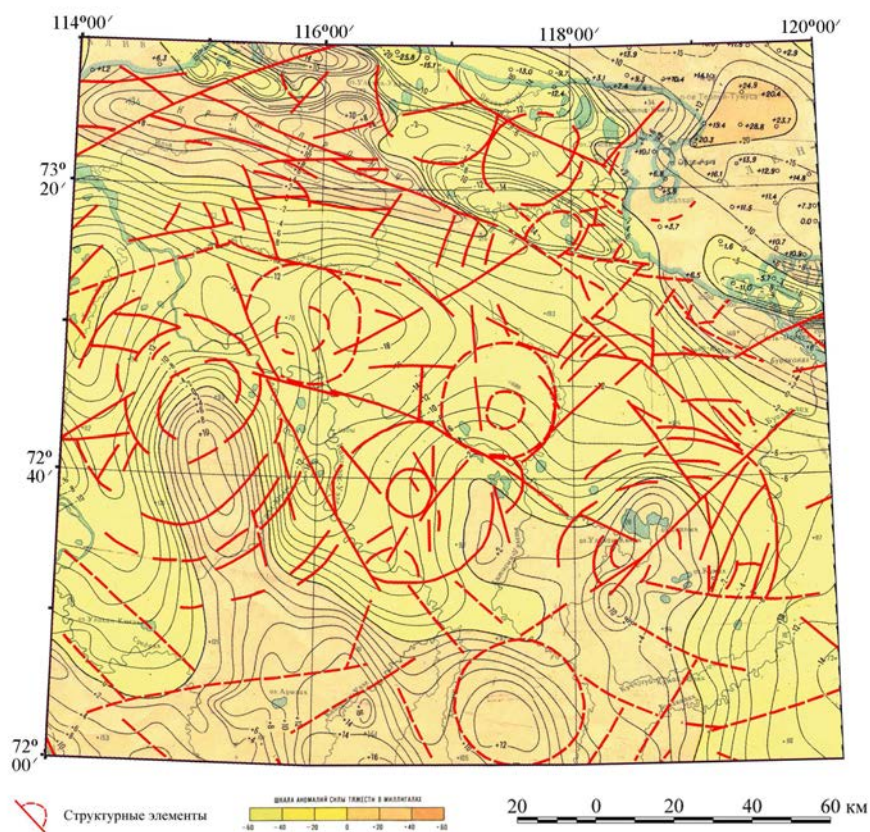


Рис. 9. Сопоставление результатов космодешифрирования и гравиметрической съемки по Булалахскому блоку

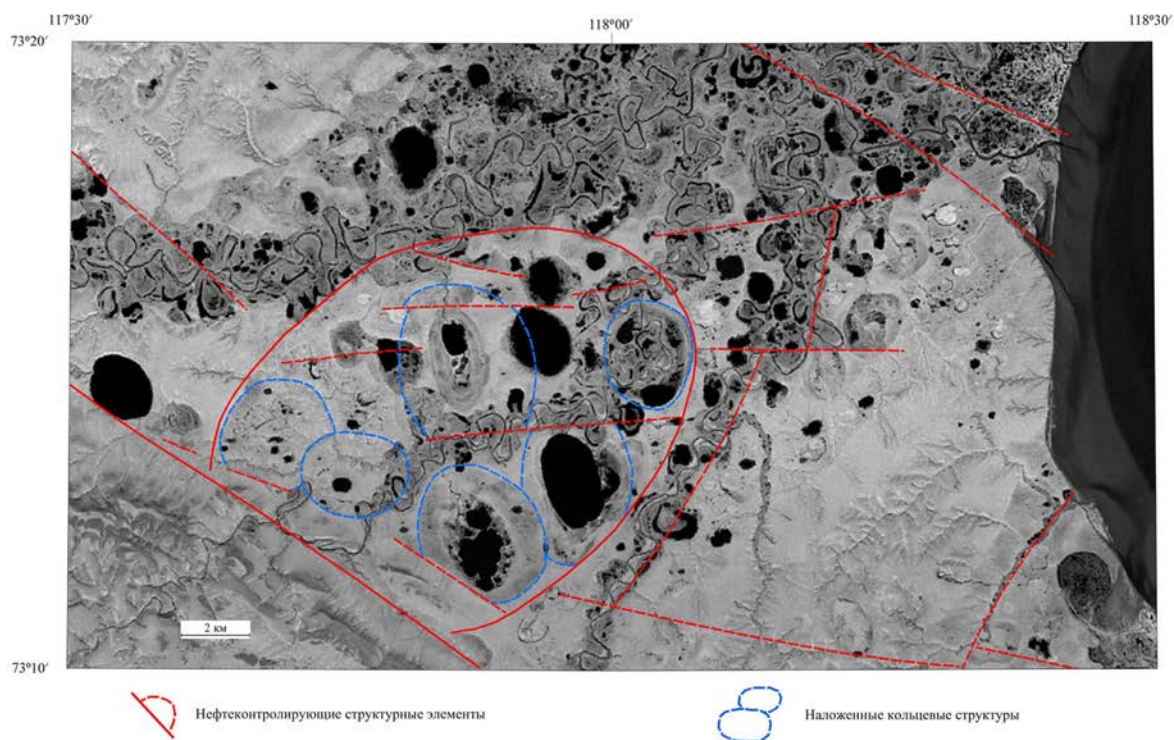


Рис. 10. Результаты космодешифрирования участка Табастах

многолетнемерзлых пород при отсутствии сквозных таликов. Сквозные талики обычно фиксируются под крупными озерами, поэтому с учетом рисунка локальных разрывных нарушений и гравиметрических данных наиболее стабильной и, соответственно, нефтеперспективной является площадь участка Табабастах: $73^{\circ}13' - 73^{\circ}15'$ сев. шир.; $117^{\circ}40' - 117^{\circ}48'$ вост. долг.

Оленекский блок занимает площадь от р. Буолкалах до Оленекской протоки на востоке. В пределах блока развиты две системы разломов: северо-западного и северо-восточного простирания. Северо-западные Улахан-Чарчыкский и Оленекский разломы определяют тектоническое строение центральной части блока. Между ними отдешифрированы три кольцевые структуры диаметром до 30 км. Восточнее Оленекского разлома выявлена небольшая (9 км диаметром) нефтеперспективная кольцевая структура – Чекановская ($72^{\circ}37'$ сев. шир.; $122^{\circ}15'$ вост. долг.), которая приурочена к Таймылырской мульде и совпадает с локальным гравитационным минимумом. Восточная граница Оленекского блока фиксируется системой сбросов, трассирующихся вдоль Оленекской протоки и смещаемых системой коротких разрывных нарушений северо-восточного простирания. В узле пересечения северо-западного сброса и Далдыно-Оленекского глубинного разлома отдешифрирована Булкурская кольцевая структура ($72^{\circ}15'$ сев. шир.; $125^{\circ}55'$ вост. долг.), расположенная в краевой части Нижне-Ленской впадины. Эта структура может быть весьма перспективной на наличие залежей нефти в кембрийских и пермских коллекторах, т.к. вдоль Далдыно-Оленекского глубинного разлома на протяжении сотен километров отмечено высачивание битумов.

Севернее Буолкалахского и Оленекского блоков расположен Лаптевский блок, охватывающий территорию севернее Кряжа Прончищева и дельту р. Лены к северо-востоку от Оленекской протоки. Лаптевский блок занимает обрушившуюся в кайнозой часть Лаптевоморской плиты как былой части Сибирской платформы. Судя по морфологии регионального Анабаро-Ленского сброса, ограничивающего с юга

Лаптевский блок, он является не просто сбросом, а сбросо-сдвигом. Преобладание в подобных условиях растягивающих напряжений, в общем малоблагоприятно для образования крупных (промышленных) скоплений нефти даже в формирующихся приразломных антиклинальных структурах. Интерес представляет равнинная прибрежная часть блока между Анабарским и Оленекским заливами, где дешифрируются три кольцевые структуры, диаметром 15–20 км, в том числе одна – в акватории Оленекского залива с центром на острове Салкай. На нефтеносную перспективу этих структур косвенно указывают выявленные нафтенные кислоты во многих пробах местных пластовых вод.

Выводы

В результате обработки материалов многозональной космической съемки Лено-Анабарского прогиба и Оленекской зоны дислокаций выявлены крупные региональные разломы северо-западного простирания и локальные разломы, контролирующее размещение нефтеперспективных структур: Уэленской, Баянской, Кангаласской, Чекановской и Табабастахской. В пределах последней выявлен локальный нефтеперспективный участок первой очереди: $73^{\circ}13' - 73^{\circ}15'$ сев. шир.; $117^{\circ}40' - 117^{\circ}48'$ вост. долг.

При дальнейшем проведении прогнозно-поисковых работ следует ориентироваться на изучение Булкурской структуры и структур, расположенных севернее Кряжа Прончищева, в прибрежной полосе между Анабарским и Оленекским заливами. Рекомендуются обращать первоочередное внимание на площади с пониженными значениями аномально-го магнитного поля, локализованные на периферии крупных отрицательных гравитационных аномалий.

Приоритетными направлениями дальнейших исследований по комплексному использованию традиционных и новых (гиперспектральных, многорежимных радиолокационных и лидарных) методов космического зондирования при поисках УВ-сырья являются: картирование локальных разломов

(вызывающих разгерметизацию газовых залежей) на участках развития структурных ловушек, благоприятных для газонакопления; картирование региональных кольцевых и линейных структурных элементов с целью конкретизации тектонической позиции глубоко-залегающих месторождений; выявление системы косвенных признаков нефтегазоносности территории (по микротрещиноватости, мощности криолитозоны, обводненности, аномалиям УВ-газов, характеру растительного покрова и др.).

Список литературы

1. Аронсон В.Е., Хабаров А.Н., Туманов В.А. и др. *Переоценка запасов газа Мессояхского месторождения с обоснованием конечного коэффициента газоотдачи с учетом его гидратоносности*. Росгеолфонд, отчет № 475852. СПб.: АО «Актуальная геология», 2000.
2. Аронсон В.Е., Хабаров А.Н., Туманов В.А. и др. *Переоценка запасов газа Южно-Соленинского месторождения с обоснованием конечного коэффициента газоотдачи*. Росгеолфонд, отчет № 476772. СПб.: АО «Актуальная геология», 2001.
3. Басов Ю.А., Кяргына Л.И., Кяргын Ю.В., Смышляева А.И. *Подсчет запасов свободного газа и конденсата Южно-Соленинского и Северо-Соленинского месторождений (Усть-Енисейский нефтегазоносный район) по состоянию на 1/XI-1973 г.* Росгеолфонд, отчет № 335771. Дудинка: Трест «Красноярскнефтегазразведка», 1973.
4. *Космическая съемка Земли. Справочно-аналитическое издание* / Под ред. Ю.А. Подъездкова. М.: Радиотехника, 2003.
5. Трофимов Д.М. Эволюция космических методов, результаты их использования в нефтегазописковых работах за период 1987–2007 гг. и потенциальные возможности в будущем // *GEOMATICS*, 2009. № 1. С. 7–16.
6. Трофимов Д.М. Дистанционное зондирование: новые технологии – новые возможности поиска нефти и газа // *GEOMATICS*, 2009. № 1. С. 17–24.
7. Трофимов Д.М., Евдокименков В.Н., Малышев В.В. Методика оценки перспектив нефтегазоносности структурных ловушек, выявленных или подготовленных к поисковому бурению, по космическим и геолого-геофизическим данным // *GEOMATICS*, 2009. № 1. С. 42–48.
8. Прищепа О.М., Григоренко Ю.Н., Яшенкова Л.К. *Перспективы развития нефтедобычи на востоке России*. Разведка и охрана недр, 2011. № 4. С. 3–6.
9. *Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия)* / СО РАН. Отв. Ред. Л.М. Парфенов, М.И. Кузьмин. М.: Наука / Интерпериодика, 2001.

References

1. Aronson V.E., Khabarov A.N., Tumanov V.A. and others. *Pereotsenka zapasov gaza Messoyakhskogo mestorozhdeniya s obosnovaniem konechnogo koeffitsienta gazootdachi s uchetom ego gidratonosnosti*. Rosgeolfond, otchet № 475852 [Revaluation reserves of gas Messoyakhskiy deposit with the justification of the final recovery factor given its hydrate layer depository. Rosgeolfond, Report number 475852]. SPb.: JSC «Actual Geology», 2000.
2. Aronson V.E., Khabarov A.N., Tumanov V.A. and others. *Pereotsenka zapasov gaza Yuzhno-Soleninskogo mestorozhdeniya s obosnovaniem konechnogo koeffitsienta gazootdachi*. Rosgeolfond, otchet № 476772 [Revaluation reserves of gas fields of South-Soleninskoye deposit with the justification of the final recovery factor. Rosgeolfond, the report № 476772]. St. Petersburg.: JSC «Actual Geology», 2001.
3. Basov Y.A., Kyargyna L.I., Kyargyn J.V., Smyshlyaeva A.I. *Podschet zapasov svobodnogo gaza i kondensata Yuzhno-Soleninskogo i Severo-Soleninskogo mestorozhdeniy (Ust-Yeniseyskiy neftegazonosnyy rayon) po sostoyaniyu na 1/XI-1973 g.* Rosgeolfond, otchet № 335771 [Calculation of reserves of free gas and condensate in South and North Soleninskoye deposit fields (Ust-Yenisei oil and gas region) as of 1/1973-XI Rosgeolfond, the report № 335771]. Dudinka: Trust «Krasnoyarskneftegazrazvedka», 1973.
4. *Kosmicheskaya semka Zemli. Spravochno-analiticheskoe izdanie* / Pod red. Yu.A. Podezdkova [Remote Sensing of the Earth. Reference and analytical edition. Ed. Y.A. Podezdkova]. M.: Radio Engineering, 2003.
5. Trofimov D.M. Evolyutsiya kosmicheskikh metodov, rezultaty ikh ispolzovaniya v neftegazopiskovykh rabotakh za period 1987–2007 gg. i potentsialnye vozmozhnosti v budushchem [The evolution of space methods, the results of their use in oil and gas exploration in the period 1987–2007 and potential opportunities in the future]. *GEOMATICS*, 2009. № 1. Pp. 7–16.
6. Trofimov D.M. Distantionnoe zondirovanie: novye tekhnologii – novye vozmozhnosti poiska nefiti i gaza [Remote sensing: new technologies – new opportunities search for oil and gas]. *GEOMATICS*, 2009. № 1. Pp. 17–24.
7. Trofimov D.M., Evdokimenko V.N., Malyshev V.V. Metodika otsenki perspektiv neftegazonosnosti strukturnykh ловушек, vyyavlennyykh ili podgotovlennyykh k poiskovomu bureniyu, po kosmicheskim i geologo-geofizicheskim dannym [Methodology to evaluate the petroleum potential structural traps identified or prepared for exploratory drilling, based on space and geological and geophysical data]. *GEOMATICS*, 2009. № 1. Pp. 42–48.
8. Prischeva O.M., Grigorenko Y.N., Yashenkova L.K. *Perspektivy razvitiya nefteoboychi na vostokey Rossii*. – *Razvedka i okhrana nedr* [Prospects for the

development of oil production in the east of Russia. – Exploration and conservation of mineral resources], 2011. № 4. Pp. 3–6.

9. *Tektonika, geodinamika i metallogeniya territorii Respubliki Sakha (Yakutiya)* / SO

RAN. Otv. Red. L.M. Parfenov, M.I. Kuzmin [Tectonics, geodynamics and metallogeny of the Republic of Sakha (Yakutia) / SB RAS. Ans. Ed. L.M. Parfenov, M.I. Kuzmin]. M.: Nauka. Interperiodica, 2001.



Информация об авторах

Миловский Георгий Алексеевич, канд. геол.-мин. наук, заведующий лабораторией Природных ресурсов и антропогенных процессов

Орлянкин Вадим Николаевич, старший научный сотрудник лаборатории Дешифрирования материалов аэрокосмической съемки

Ишмухаметова Венера Тальгатовна, научный сотрудник лаборатории Природных ресурсов и антропогенных процессов

Научный геоинформационный центр РАН

119019, Москва, Российская Федерация, Новый Арбат, 11, e-mail: mail@ngic.ru

Information about authors

Milovskiy Georgiy Alekseevich, Cand. of Geological-Mineralogical Sciences, Head of the Laboratory of Natural Resources and Anthropogenic Processes

Orlyankin Vadim Nikolaevich, Senior Researcher at the Laboratory Deciphering Aerospace Shooting Materials

Ishmukhametova Venera Talgatovna, Researcher at the Laboratory of Natural Resources and Anthropogenic Processes

Scientific Geo-Information Center RAS

119019, Moscow, Russian Federation, Novy Arbat st., 11, e-mail: mail@ngic.ru

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ, РАССМОТРЕНИЯ, ПУБЛИКАЦИИ И РЕЦЕНЗИРОВАНИЯ СТАТЕЙ

1. При направлении материалов для публикации в журнале необходимо заполнить карточку «Сведения об авторе» (на русском и английском языках). Пример. Адрес регистрации: 111222, Москва, ул. генерала Авдеева, дом 2, корпус 4, квартира 444. 111222, Moscow, street of General Avdeeva, the house 2, building 4, apartment 444.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

Фамилия _____

Имя _____

Отчество _____

Дата и место рождения _____

Адрес регистрации (прописки) по паспорту с указанием почтового индекса _____

Адрес фактического проживания с указанием почтового индекса _____

Контактная информация (домашний, служебный и мобильный телефоны, электронный адрес) _____

Название организации (место работы (учебы)) вместе с ведомством, к которому она принадлежит, занимаемая должность, адрес организации с указанием почтового индекса _____

Ученая степень и звание (№ диплома, аттестата, кем и когда выдан) _____

2. Объем статьи не должен превышать 20 страниц машинописного текста. Текст необходимо набирать в редакторе Word шрифтом № 12, Times New Roman; текст не форматируется, т.е. не имеет табуляций, колонок и т.д. Статьи должны быть свободны от сложных и громоздких предложений, математических формул и особенно формульных таблиц, а также промежуточных математических выкладок. Нумеровать следует только те схемы и формулы, на которые есть ссылка в последующем изложении. Все сокращения и условные обозначения в схемах и формулах следует расшифровать, размерности физических величин давать в СИ, названия иностранных фирм и приборов – в транскрипции первоисточника с указанием страны.

3. Отдельным файлом должны быть присланы аннотация и ключевые слова на русском и английском языках. В аннотации полностью должна быть раскрыта содержательная сторона публикации и полученные результаты (выводы). Аннотация должна иметь объем от 100 до 250 слов. После аннотации дается перечень ключевых слов – от 5 до 10.

4. Список использованной литературы (лишь необходимой и органически связанной со статьей) составляется в порядке упоминания и дается в конце статьи. Ссылки на литературу в тексте отмечаются порядковыми цифрами в квадратных скобках, а именно: [1, 2]. Желательно, чтобы список литературы содержал не менее 10–12 источников, в том числе как минимум – 3 зарубежные публикации (желательно из трех стран) в данной области за последние 5–10 лет. Список литературы представляется на русском, английском языках и латинице (романским алфавитом). Вначале дается список литературы на русском языке, имеющиеся в нем зарубежные публикации – на языке оригинала. Затем приводится список литературы в романском алфавите, который озаглавляется References и является комбинацией англоязычной [перевод источника информации на английский язык дается в квадратных скобках] и транслитерированной частей русскоязычных ссылок. В конце статьи приводится название статьи, фамилия, имя, отчество автора (ов), ученая степень, ученое звание, должность и место работы, электронный адрес хотя бы одного из авторов для связи и точный почтовый адрес организации (место работы автора) на русском и английском языках, при этом название улицы дается транслитерацией. Список литературы следует оформлять в соответствии с Международными стандартами:

Пример

Статья, опубликованная в Российском журнале на русском языке: Баранов М.И., Веселова Н.В. Основные достижения отечественных и зарубежных научных школ в области техники высоких напряжений. Часть 1: Московская, Ленинградская, Томская и Киевская школы ТВН // История науки и техники. 2012. Т. 2. № 3. С. 38–52.

References

Перевод русского текста на латиницу необходимо производить с использованием ресурса http://shub123.ucoz.ru/Sistema_transliterazii.html. Онлайн транслит-переводчик. Перевод на английский язык – с помощью ресурса <http://translate.google.com/> "Google Переводчик" – онлайн-перевод текстов.

Схема представления статьи: автор (ры), название статьи пишется на латинице, далее в квадратных скобках название статьи на английском языке. Название журнала – на латинице, далее в квадратных скобках – перевод названия на английский язык. Год, номер (том, выпуск), страницы. При этом слово «том» пишется не полностью – volume, а сокращенно – Vol.

Baranov M.I., Veselova N.V. Osnovnye dostizheniya otechestvennykh i zarubezhnykh nauchnykh shkol v oblasti tekhniki vysokikh napryazheniy. Chast 1: Moskovskaya, Leningradskaya, Tomskaya i Kievskaya shkoly TVN [The main achievements of Russian and foreign scientific schools in the art of high voltages. Part 1: Moscow, Leningrad, Tomsk and Kiev school TVN]. Istoriya nauki i tekhniki [History of science and Engineering]. 2012. Vol. 2. № 3. P. 38–52.

Перевод всегда необходимо перепроверять. Так, например, в указанном выше переводе "Google Переводчик" – онлайн-перевод текстов сделан правильно, однако последовательность школ в конце изменена, т.е. Московская, Ленинградская, Томская и Киевская школы ТВН, были переведены как Moscow, Leningrad, Kiev and Tomsk school TVN. В таких случаях автору надо самому исправить неточность перевода, внести коррективу и написать Moscow, Leningrad, Tomsk and Kiev school TVN, как это дается выше.

Монография

Ищенко А.М. Отечественное приборостроение: становление и развитие. М.: Научтехлитиздат, 2011. Ishchenko A.M. Otechestvennoe priborostroenie: stanovlenie i razvitie [Domestic instrument: Development and Evolution]. M.: Nauchtekhlitizdat [Moscow: Publishing house «Nauchtehlitizdat»]. 2011. 240 p.

Название издательства «Научтехлитиздат» на английский язык не переводится, поэтому пишется латинскими буквами. Если книга и/или монография издана в издательстве название, которого переводится на английский, то сначала надо дать транслитерацию названия издательства, а потом в квадратных скобках указать перевод этого названия на английский язык. При этом обращаем Ваше внимание, что в России принято название города Москвы указывать сокращенно – М., однако зарубежные читатели могут не понять, что это город Москва, а может быть книга издана в Мурманске, Магнитогорске, Мариуполе. Поэтому в квадратных скобках указываем полное название города – Moscow, а если это город, где издана монография и/или книга, например, Мариуполь: Издательство «Звезда», или Магнитогорск: Издательство «Сталь», то в квадратных скобках кроме города указываем перевод названия издательства на английский язык.

Например: Иванов И.И. Проблемы разработки недр. М.: Наука, 2012. 320 с. В References эту книгу указываем так: Ivanov I.I. Problemy razrabotki neдр [Problems of development of mineral resources]. M.: Nauka [Moscow: Publishing house «Science»]. 2012. 320 p.

Особо обращаем внимание авторов, что если Вы ссылаетесь на статью, то обязательно надо указать страницы от и до, на которых она напечатана, при этом букву «с» надо ставить перед страницами.

Например, с. 22–37, в References – р. 22–37. Если дается ссылка на монографию, то буква «с» ставится после указания количества страниц. Например, 240 с. В References – 240 p. Все материалы необходимо направлять на электронный адрес редакции, а также на почтовый адрес редакции (107258, Москва, Алымов пер., д. 17, стр. 2, ООО «Научтехлитиздат», редакция журнала «указать название журнала») с подписями автора (ов) на каждой странице.

ЭТАПЫ РАССМОТРЕНИЯ И ПУБЛИКАЦИИ СТАТЬИ

1. Регистрация статьи и присвоение ей индивидуального номера.
2. Определение соответствия содержания статьи тематике журнала. Если содержание не совпадает с тематикой публикуемых статей в журнале, статья снимается с рассмотрения; об этом сообщается автору (или авторам). Неопубликованный материал авторам не возвращается.
3. Направление статьи рецензенту, крупному специалисту в данной области.
4. Рассмотрение замечаний и пожеланий рецензента; при необходимости обращение к автору с просьбой учесть замечания и пожелания рецензента. При получении от рецензента отрицательной рецензии статья передается другому рецензенту. При отрицательном результате повторного рецензирования статья снимается с рассмотрения.
5. Научное редактирование.
6. Литературное редактирование.
7. Корректуря статьи.
8. Верстка статьи.

После прохождения вышеперечисленных этапов статья включается в список подготовленных для публикации статей и публикуется в порядке общей очереди.

ПРАВИЛА РЕЦЕНЗИРОВАНИЯ СТАТЕЙ

Любая статья, поступающая в редакцию журнала, независимо от личности автора (ов) направляется рецензенту, крупному специалисту в данной области.

Статья рецензенту передается безличностно, т.е. без указания фамилии автора (ов), места работы, занимаемой должности и контактной информации (адреса, телефона и E-mail адреса).

Рецензент на основе ознакомления с текстом статьи обязан в разумный срок подготовить и в письменной форме передать в редакцию рецензию, в обязательном порядке содержащую оценку актуальности рассмотренной темы, указать на степень обоснованности положений, выводов и заключения, изложенных в статье, их достоверность и новизну. В конце рецензии рецензент должен дать заключение о целесообразности или нецелесообразности публикации статьи.

При получении от рецензента отрицательной рецензии статья передается другому рецензенту. Второму рецензенту не сообщается о том, что статья была направлена рецензенту, и что от него поступил отрицательный отзыв. При отрицательном результате повторного рецензирования статья снимается с рассмотрения и об этом сообщается автору (ам).

Автору (ам) редакция направляет копии рецензии без указания личности рецензента.

В исключительных случаях, по решению редакционной коллегии, при получении от двух рецензентов отрицательного отзыва, статья может быть опубликована. Такими исключительными случаями являются: предвзятое отношение рецензентов к рассмотренному в статье новому направлению научного нововведения; несогласие и непризнание рецензентами установленных автором фактов на основе изучения и анализа экспериментальных данных, результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и других работ, выполненных на основании и в рамках Национальных и государственных программ и принятых заказчиком; архивных и археологических изысканий, при условии предоставления автором документальных доказательств и т.д.

РЕДАКЦИОННАЯ И ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ЭТИКА

1 Редакционная и профессиональная этика

Редакционная и профессиональная этика распространяется на деловые отношения работников редакции между собой, с главным редактором и с авторами, а также на правила оценки исторической, научной ценности рукописи автора, способы обнаружения плагиата и регламентирует соответствующие этические нормы.

2 Этические нормы взаимоотношения работников редакции с автором

Каждый работник редакции обязан:

- уважительно относиться к автору, вести с ним беседу исключительно в благожелательном тоне, в переписке использовать корректные фразы;
- при рассмотрении содержательной стороны рукописи не ограничиваться одними критическими замечаниями, а, только лишь вникнув в замыслы и соображения автора, вместе с ним и с его согласия сформулировать толкование отдельных фраз, формулировок, констатаций и утверждений;
- при несогласии автора с замечаниями редактора не настаивать декларативно на своем мнении, а приводить автору обоснованные аргументы, стараясь убедить в правильности представленных замечаний.

1.2 Конфиденциальность при рассмотрении произведения автора

Не допускается:

- раскрывать кому-либо информацию о подготовке к изданию материала без согласия автора;
- сообщать кому-либо, кроме самого автора, содержание отрицательной рецензии на авторское произведение;
- разглашать содержание переписки с автором.

ОБНАРУЖЕНИЕ ПЛАГИАТА

Одной из важнейших задач редакции является обнаружение плагиата и/или ссылается ли автор на источники, из которых заимствованы отдельные фразы, научные результаты, фотоматериалы, таблицы, графики и т.д.

Содержательная сторона любой статьи и изложенные в ней научные результаты обрабатываются с помощью специальных программ поиска. Тщательно изучаются литературные источники, на которые ссылается автор, а также другие опубликованные материалы по теме рукописи.

Особое внимание уделяется изучению опубликованных работ по теме статьи в зарубежных публикациях.