

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ИЗВЕСТИЯ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ  
РАЗДЕЛ  
ГЕОДЕЗИЯ И АЭРОФОТОСЪЕМКА  
№ 1

Журнал основан в июле 1957 года

Выходит шесть раз в год

ИЗДАНИЕ МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА  
ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ  
МОСКВА 2012

# ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

## РАЗДЕЛ ГЕОДЕЗИЯ И АЭРОФОТОСЪЕМКА

### № 1

Журнал основан в июле 1957 года  
Выходит шесть раз в год

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР  
чл.-корр. РАН, профессор, доктор техн. наук  
В.П. САВИНЫХ

#### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Ю.Г. Батраков  
Ю.С. Билич  
Т.В. Верещака  
А.П. Гук  
Б.Б. Дубиновский  
И.Г. Журкин  
А.П. Карпик  
Е.Б. Клюшин  
В.А. Коугия  
А.А. Майоров  
(зам. главного редактора)  
В.А. Малинников  
Ю.И. Маркузе  
Ю.М. Нейман  
В.И. Павлов  
Ю.И. Пимшин  
Г.Е. Рязанцев  
Ю.Г. Якушенков  
Х.К. Ямбаев  
С.Н. Яшкин

#### РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА

Зав. редакцией Е.А. Евтеева  
Вед. редактор К.В. Любомирова  
Оригинал-макет Б.В. Кузнецов  
Графика А.Ю. Боков

105064, Москва,  
Гороховский пер., 4  
E-mail: redakcia@miigaik.ru  
тел. 8 (499) 261-8286  
<http://journal.miigaik.ru>  
ISSN 0536-101X

Сдано в набор 23.01.2012  
Подписано в печать 15.02.2012  
Формат 60×90 $\frac{1}{8}$ . Усл. печ. л. 15,25  
Тираж 250 экз. Заказ 8  
Отпечатано в типографии МИИГАиК  
Индекс в каталоге Роспечать 70365

© Изв. вузов «Геодезия и аэрофотосъемка», 2012

УДК 528.28; 528.2; 528:629.78

## АСТРОНОМИЯ, ГРАВИМЕТРИЯ И КОСМИЧЕСКАЯ ГЕОДЕЗИЯ

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РЕЖИМА КИНЕМАТИКИ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ НАВИГАЦИОННО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Профессор, кандидат техн. наук А.О. Куприянов, аспирант А.М. Климовский

Московский государственный университет геодезии и картографии

E-mail: aklimovskiy@gmail.com

**Аннотация.** Real-time kinematic (RTK) позиционирование — это эффективное средство решения геодезических задач, требующих высокой точности (сантиметровой). В данной статье рассматриваются ключевые вопросы этой технологии, а также проведена экспериментальная оценка эффективности применения режима RTK на примере двух различных OEM ГЛОНАСС/GPS-приемниках. Описание и результаты экспериментальных исследований представлены в соответствующих таблицах и рисунках.

**Ключевые слова:** кинематика в режиме реального времени, базовый приемник, подвижной приемник, дифференциальные коррекции

**Abstract.** Real-time kinematic (RTK) positioning is an effective tool for geodesy applications that require high precision (centimetric echelon of accuracy). The technology is described in general and experimental efficiency estimation of the RTK solution is in principal consideration. Descriptions and results of the experimental research are presented in the corresponding tables and figures.

**Keywords:** real-time kinematic (RTK) positioning, base, rover, corrections

**Введение.** В последнее время спутниковые навигационные системы совершенствуются и модернизируются. К таким изменениям относится добавление общедоступного С/А кода на частоте L2, а также третьего гражданского сигнала в диапазоне L5 для системы GPS, полное развертывание российской системы ГЛОНАСС и ввод первых спутников европейской спутниковой навигационной системы GALILEO.

В настоящее время создание навигационной и геодезической аппаратуры идет по пути ее совершенствования и модернизации. Осуществляется внедрение новых высоких технологий и методик обработки данных в спутниковую аппаратуру и программные средства. Такие технологии позволяют производить геодезические работы в реальном времени с точностями на уровне сантиметров — это RTK (real-time kinematics — кинематика в реальном времени), концепция виртуальных базовых станций VRS (Virtual Reference Station) и т.д.

Цель данной статьи — исследование новых ГЛОНАСС/GPS-приемников в RTK режиме и оценка его эффективности. Для до-

стижения поставленной цели авторами выполнены исследования теоретического и экспериментального характера.

**Кинематика в режиме реального времени (RTK).** Для работы в этом режиме необходимо обрабатывать «сырые» измерения как минимум от двух приемников в реальном времени. При решении задачи доступны данные только на текущий и предшествующие моменты времени. В 1988 г. впервые была решена задача разрешения фазовых неоднозначностей в режиме реального времени и достижения сантиметровой точности [1]. Такой режим работы называется RTK и наиболее широко применяется в настоящее время, основным достоинством которого является достоверное решение в реальном времени. Среди недостатков можно отметить:

организация системы передачи данных;  
имплементация сложных и ресурсоемких алгоритмов обработки измерений в ГНСС-приемник.

В этом режиме «ровер» использует не только кодовые, но и фазовые базовые измерения.

Для определения точных относительных координат «ровер» использует первые и вторые разности фазовых измерений [2]. В настоящее время используются специальные протоколы передачи дифференциальных данных (RTCM, CMR, CMR+), алгоритмы обработки фазовых измерений (RTK), глобальные и локальные системы сбора и распределения данных (NTRIP и др.). Многие задачи, в силу своей специфики, могут решаться только с использованием этого режима. К главным преимуществам кинематики в режиме реального времени можно отнести более высокую производительность и контроль измерений в полевых условиях, а также упрощенную методику обработки и представления результатов измерений.

Можно условно выделить три диапазона работы для RTK систем:

до 5–10 км — используются более дешевые L1 приемники и менее скоростные протоколы передачи данных;

до 70 км — возникает необходимость использовать двухчастотные приемники;

до 1000 км — необходимо создание сети ГНСС-приемников, расположенных на расстоянии не меньшем, чем 70 км друг от друга, и организация совместной обработки данных, т.е. для покрытия зоны в 1 млн км<sup>2</sup> понадобится  $(1000/70)^2 \approx 200$  двухчастотных приемников.

Любую информацию (данные) можно представить в различных форматах. Для численных данных наиболее распространенные способы — ASCII (текстовый) и бинарный. Режим поддерживается протоколами RTCM V2.3: сообщения 18, 19, 20, 21, RTCM V3: сообщения 1001–1012; CMR: сообщения 0–3; CMR+: сообщения 0,3; DBEN и ATOM (частные протоколы компании Ashtech).

**Экспериментальная оценка эффективности применения режима RTK. Постановка задачи.** Для проверки RTK функциональности выбранных спутниковых приемников были выполнены экспериментальные исследования, проведенные в России (Москва). Все измерения, их обработка и анализ результатов были проведены авторами статьи.

Как уже было сказано, одним из перспективных направлений спутникового позиционирования является использование режима RTK. Таким образом, вопрос о точности, обеспечи-

ваемой RTK решением, представляет большой интерес с точки зрения решения навигационных и геодезических задач. Необходимо изучение и исследование этого вопроса с постановкой эксперимента, который позволил бы получить реальные, скорректированные данные и проанализировать полученные результаты. При этом важно было исследовать работу RTK режима спутниковых приемников как в статике, так и в динамике. Это необходимо сделать для:

получения и анализа статистической информации о RTK измерениях спутниковых приемников, находящихся в одинаковых условиях;

анализа влияния движения подвижного приемника на результаты измерений;

оценки эффективности применения режима RTK для решения геодезических задач.

**Программа эксперимента.** Программа выполнения эксперимента включает в себя несколько этапов:

определение точных координат L1 фазового центра рабочей антенны (ANT1) с использованием в качестве опорных пунктов — пункты IGS (International GPS Service — Международная GPS-служба);

оценка стабильности работы и определение расхождений между точными координатами рабочей антенны и выдаваемого положения приемников, работающих в режиме RTK (статика);

оценка стабильности работы и выдаваемого положения подвижных приемников, подключенных к одной антенне, работающих в режиме RTK в движении (динамика);

статистическая оценка результатов;

анализ полученных результатов.

В рамках данного исследования целые числа градусов изменены.

**Определение точных координат рабочей антенны фазовым методом.** Для выполнения эксперимента необходимо знать координаты L1 фазового центра антенны, которая в дальнейшем будет использоваться как базовая для полевой части эксперимента и как роверная для лабораторной. С этой целью для определения координат L1 фазового центра антенны представляется возможным применить метод фазовых измерений, который отлично себя зарекомендовал при высокоточных геодезических измерениях. При этом в качестве опорных

пунктов были выбраны два пункта IGS сети, находящиеся в ближайшем Подмосковье.

Таким образом, для выполнения задачи по определению координат L1 фазового центра рабочей антенны были использованы два пункта IGS службы, которые являются ближайшими к Москве, опорные пункты ZWE2 (г. Звенигород, МО) и MDVJ (г. Менделеево, МО).

Решение данной задачи подразумевает следующие этапы работ:

сбор «сырых» данных в течение 72 ч на стационарном пункте с интервалом регистрации данных 1 с. При этом используется двухчастотный ГЛОНАСС/GPS-приемник ProFlex500 компании Ashtech;

получение «сырых» данных и точных координат базовых станций ZWE2 и MDVJ путем запроса через каналы Интернет с сайта <http://igscb.jpl.nasa.gov/>;

обработка «сырых» данных, полученных со станций ZWE2, MDVJ и ANT1 (рабочая антenna) с помощью программы для постобработки;

анализ полученных данных;

представление полученного результата.

После проведения описанных выше этапов были получены координаты для ANT1 с использованием программы постобработки GNSS Solutions V.3.50.01 (табл. 1, 2).

Приведенные в табл. 1 данные показывают почти одинаковый результат (плановое расхождение оценивается на уровне миллиметров, высотное — сантиметров). Для последующего использования возьмем уравненные координаты.

**Оценка результатов спутниковых приемников, работающих в режиме RTK (статика). Эксперимент 1.** Вторым этапом исследования настоящей работы является сбор и статистический анализ результатов измерений спутниковых приемников, работающих по сигналам ГЛОНАСС/GPS и SBAS и находящихся в неподвижном положении. С этой целью было проведено три эксперимента с различными

типами спутникового оборудования, в настоящей статье приведены описание и результаты одного эксперимента. В качестве подвижных приемников (rover) были выбраны OEM платы MB500 компании Ashtech и BD960 компании Trimble.

К приёмной антенне, территориально расположенной в Москве (приблизительные координаты:  $B=50^{\circ}39'N$ ;  $L=32^{\circ}31'E$ ;  $H=268$  м), были подсоединенны два спутниковых OEM приемника MB500 и BD960. Они имели одинаковые начальные настройки: угол возвышения  $5^{\circ}$ ; Fast RTK mode — ON; динамика — статика; интервал регистрации данных равен 1 с (1 Гц).

Базовый приемник находился на расстоянии приблизительно 8,5 км и передавал дифференциальные коррекции в протоколе RTCM V3.0 сообщения 1004, 1012, 1006, 1033 (табл. 3) [3].

Для передачи ГНСС-данных с базового приемника подвижному использовался пакетный протокол передачи данных TCP/IP. ГНСС приемники были настроены для работы в режиме RTK rover: настройка MB500 происходила при помощи serialных команд, BD960 настраивается при помощи WEB интерфейса. С подвижных приемников получали ASCII данные в формате NMEA 0183, в частности, сообщения GGA, GSV [4] и «сырые» данные в бинарном виде (частные протоколы компаний-производителей). Таким образом, в конце эксперимента мы получили два набора 24-х часовых данных о решении навигационно-геодезической задачи в дифференциальном режиме RTK.

Надо отметить, что точные координаты фазового центра L1 рабочей антенны, к которой были подсоединенны приемники, известны и определены высокоточными методами в системе WGS-84. Эта задача решалась на первом этапе исследования. Для обработки ASCII сообщений, получения статистических оценок информации и построения графиков использовалась программа DataView, написанная специ-

Координаты пункта ANT1 в системе WGS-84

Статус	Широта	$2\sigma$	Долгота	$2\sigma$	Высота	$2\sigma$
Обработанные	$50^{\circ}39'21,5079''N$	0,006	$32^{\circ}31'36,4533''E$	0,006	268,2031	0,009
Уравненные	$50^{\circ}39'21,5083''N$	0,002	$32^{\circ}31'36,4532''E$	0,002	268,1913	0,002

Таблица 1

Таблица 2  
Расстояния между пунктами

Пункты	$S$ , м
MDVJ-ZWE2	45856,638
MDVJ-ANT1	45156,996
ZWE2-ANT1	48582,338

Т а б л и ц а 3  
Описание сообщений протокола RTCM V3.0

Номер сообщения	Описание
1001–1004	GPS+SBAS «сырые» измерения
1005–1006	Референсные координаты WGS-84 привязанные к ARP
1007–1008	Тип антенны
1009–1012	ГЛОНАСС «сырые» измерения
1013	Системная информация
1019	GPS-эфемериды
1020	ГЛОНАСС-эфемериды
1029	Unicode сообщение
1033	Тип антенны и приёмника

Т а б л и ц а 4

**Статистическая оценка результатов эксперимента 1**

Критерий оценки	Приемник	
	MB500	BD960
Число эпох	86399	86399
Число пропущенных эпох	0 (0,00%)	251 (0,29%)
UTC время	19:05:00– 19:04:58	19:05:00– 19:04:58
Длительность эксперимента, ч (с)	23:59:58.00 (86398)	23:59:58.00 (86398)
Дата сбора данных	24.09.2010 г.	24.09.2010 г.
Средняя широта ( $B_{\text{ср.}}$ ), $N$	50°39'21,5083"	50°39'21,5082"
Средняя долгота ( $L_{\text{ср.}}$ ), $E$	32°31'36,4530"	32°31'36,4529"
Средняя высота ( $H_{\text{ср.}}$ ), м	254,354	253,626
Среднее число видимых спутников	24	16
Среднее число используемых спутников	14	12
Доступность дифференциального решения, %	100	100
Доступность дифференциального решения:		
RTK fixed	86384(99,98%)	86067(99,91%)
RTK float	15(0,02%)	56(0,07%)
DGPS	0(0,00%)	23(0,03%)
$B_{\text{max}} - B_{\text{min}}$ , м	0,120	2,643
$L_{\text{max}} - L_{\text{min}}$ , м	0,096	0,938
$H_{\text{min}} / H_{\text{max}}$ , м	254,334/ 254,506	252,175/ 257,165
Местоположение в плане, м:		
50%	0,002	0,003
95%	0,006	0,009
Местоположение по высоте, м		
50%	0,002	0,005
СКО, м:		
в плане	0,004	0,027
по высоте	0,004	0,065

алистами компании Ashtech, а также Microsoft Office Excel 2003. Характеристики местоположения, представленные в табл. 4 в процентах, определяются интервалами, в которые попадают 50 и 95% всех измерений соответственно. При этом в качестве центра выбирается среднее значение параметра.

Плановые координаты местоположения в стандартном сообщении NMEA GGA при нулевых параметрах антены, которые и были заданы при выполнении этого эксперимента, представлены относительно фазового центра антены L1 в системе координат WGS-84, а высота представлена над геоидом. Зная точные координаты L1 фазового центра антены в системе координат WGS-84 (высота над эллипсоидом) и разницу по высоте между используемыми геоидами и эллипсоидом WGS-84 (для MB500 — 13,850 м, для BD960 — 14,548 м, получены из сообщения GGA) [4], представляется возможным скорректировать точную высоту на соответствующие величины и оценить реальную точность обоих приемников (табл. 5). Характеристики местоположения, представленные в табл. 5 в процентах, определяются интервалами, в которые попадают 50 и 95% всех измерений соответственно. При этом в качестве центра выбирается точное значение параметра.

Т а б л и ц а 5  
**Оценка результатов эксперимента 1 относительно известных координат**

Критерий оценки	Приемник	
	MB500	BD960
Расхождение между средним и точным значениями, м:		
горизонтальное	0,004	0,010
вертикальное	0,012	0,021
Местоположение в плане, м:		
50%	0,004	0,009
95%	0,008	0,015
Местоположение по высоте, м:		
50%	0,013	0,019
95%	0,015	0,030
СКО, м:		
в плане	0,005	0,028
по высоте	0,003	0,064

На протяжении всего эксперимента приемник MB500 по критерию доступности позиции проявил себя немного лучше приемника BD960 (100%/99,71%), наблюдалась 251 пропущенная эпоха на стороне BD960. Также

Таблица 7

**Скорректированная оценка результатов измерений приемника BD960 на протяжении эксперимента 1 относительно известных координат**

Критерий оценки	Приемник BD960
Расхождение между средним и точным значениями, м:	
горизонтальное	0,009
вертикальное	0,019
Местоположение в плане, м:	
50%	0,009
95%	0,014
Местоположение по высоте, м:	
50%	0,020
95%	0,028
СКО, м:	
в плане	0,011
по высоте	0,015

Рассмотрим количество спутников, отслеживаемых обоими приемниками. Приемник MB500 на протяжении всего эксперимента отслеживал в среднем на 8 спутников больше, чем BD960. Количество используемых спутников для расчета RTK позиции приемником MB500 также в среднем было на 2 больше чем у приемника BD960. Отношение сигнал/шум (SNR) по всем спутникам у приемника BD960 на протяжении всего исследования в среднем на 0,6 дБ выше, чем у приемника MB500. Никаких проседаний отношения сигнал/шум на протяжении эксперимента не зафиксировано, среднее значение 45 дБ, что свидетельствует о благоприятных условиях для наблюдений.

По результатам данного эксперимента можно сказать, что ГНСС-приемник MB500 с решением навигационно-геодезической задачи в дифференциальном режиме RTK справился незначительно, но все же лучше приемника BD960. В целом RTK функциональность обоих приемников можно оценить как полностью соответствующую заявленным производителем параметрам.

**Оценка результатов спутниковых приемников, работающих в режиме RTK (динамика). Эксперимент 2.** Третий из этапов исследования настоящей работы является сбор и статистический анализ результатов измерений спутниковых приемников, работающих по сигналам ГЛОНАСС/GPS и SBAS в движении. С этой целью было проведено два полевых эксперимента с различным типом спутникового оборудования, в настоящей работе представлены описание и результаты одного эксперимен-

Таблица 6

**Скорректированная статистическая оценка результатов измерений приемника BD960 на протяжении эксперимента 1**

Критерий оценки	Приемник BD960
Средняя широта ( $B_{cp}$ ), N	50°39'21,5082"
Средняя долгота ( $L_{cp}$ ), E	32°31'36,4529"
Средняя высота ( $H_{cp}$ ), м	253,624
$B_{max} - B_{min}$ , м	0,710
$L_{max} - L_{min}$ , м	0,734
$H_{min}/H_{max}$ , м	252,175/253,994
Местоположение в плане, м:	
50%	0,003
95%	0,009
Местоположение по высоте, м:	
50%	0,003
95%	0,011
СКО, м:	
в плане	0,006
по высоте	0,015

та. Для этого эксперимента базовый приемник (ProFlex 500) был подключен к рабочей антенне, территориально расположенной в Москве (приблизительные координаты:  $B=50^{\circ}39'N$ ,  $L=32^{\circ}31'E$ ,  $H=268$  м). Подвижные приемники через сплиттер были подключены к одной антенне, которая при помощи магнитного трегера была установлена на крыше автомобиля. Для передачи RTK коррекций с базового приемника подвижному использовался пакетный протокол передачи данных TCP/IP. Для этого эксперимента в качестве подвижных приемников были выбраны платы MB500 и BD 960. Подвижные приемники были настроены для работы в режиме RTK rover и имели одинаковые начальные настройки: угол возвышения  $5^{\circ}$ , FST, ON, динамика — адаптивная, интервал выдачи ASCII данных в формате NMEA 0183 (сообщения GGA, GSV+«сырые» данные в бинарном виде) равен 1 с (1 Гц). Базовый приемник находился на расстоянии приблизительно 2 км и передавал дифференциальные коррекции в протоколе RTCM V3.0 сообщения 1004; 1012; 1006; 1033.

Динамика движения автомобиля включала движение с примерной скоростью 3–5 км/ч, на открытой местности (условия для наблюдений



**Рис. 1. Различные внешние условия при постановке эксперимента 2:**

*a* — условия для наблюдений близки к идеальным, помех нет; *б* — движение туда–обратно вдоль деревьев и рядом со зданием; *в* — движение с остановками вверх и вниз по заезду на подземную автостоянку с остановками; *г* — остановка в благоприятных условиях для наблюдений, помех нет

ближки к идеальным), на участках с ограниченной видимостью (движение рядом со зданием и под деревьями), а также движение вверх и вниз по заезду на подземную стоянку, где стены по мере продвижения автомобиля вниз ограничивали видимость небосвода и остановки на время 5–10 мин, как в хороших условиях для наблюдений, так и в плохих (рис. 1). Этот эксперимент проводился с целью исследования работы приемников в городских условиях и длился примерно два часа.

Таким образом, в конце эксперимента мы получили два набора двухчасовых данных о RTK решении навигационно-геодезической задачи в дифференциальном режиме (табл. 8).

Таблица 8  
**Статистическая оценка результатов эксперимента 2**

Критерий оценки	Приемник	
	MB500	BD960
Число эпох	7561	7561
Число пропущенных эпох	0 (0,00%)	0 (0,00%)
UTC время	12:46:20– 14:52:20	12:46:20– 14:52:20
Длительность эксперимента, с	7560	7560
Дата сбора данных	19.04.2009	19.04.2009
Среднее число видимых спутников	20	14
Среднее число используемых спутников	13	12
Доступность местоположения, %	100	100
Доступность дифференциального режима, %	100	100
Доступность дифференциального режима:		
RTK fixed	7402 (97,90%)	6958 (92,02%)
RTK float	92 (1,22%)	226 (2,99)
DGPS	67 (0,89%)	377(4,99%)

На рис. 2 представлены графические изображения траекторий движения OEM приемников MB500 и BD960 на протяжении всего эксперимента с цветовым отображением типа решения навигационно-геодезической задачи в дифференциальном режиме. Для создания графических файлов использовалась программа GGA\_to\_google.pl, написанная специалистами компании Ashtech для совместного использования с общедоступной программой Googleearth.exe.

На протяжении всего эксперимента оба приемника по критерию доступности позиции

проявили себя одинаково (100%), случаев не-расчета позиции не наблюдалось (см. табл. 8). Однако приемник MB500 показал доступность фиксированного RTK решения на 5,88% выше, чем приемник BD960. Анализ показаний двух приемников по трем составляющим компонентам местоположения (широта, долгота и высота) на протяжении всего эксперимента дает следующие результаты.

1. Разница широт в среднем составляет 0,133 м, но на эту величину оказали сильное влияние скачки по широте (до 6,754 м), вычисленной приемником BD960. Скачки произошли во время остановок и движения приемника по дороге (туда–обратно), где видимость спутников была ограничена деревьями, при этом тип решения изменялся с fix RTK на float RTK и на DGPS. Ввиду неудовлетворительных показаний приемника BD960, данная часть эксперимента была повторена, где приемник BD960 показал значительно лучшие результаты. Если из показаний широты приемника BD960 исключить эти скачки, то среднее значение разницы широт будет составлять 0,003 м.

2. Разница долгот в среднем составляет 0,050 м. На эту величину также оказали влияние разовые скачки по долготе (до 5,915 м), вычисленной приемником BD960. Исключив эти скачки, получим среднее значение разницы долгот 0,001 м.

Плановые координаты местоположения, как уже было отмечено, при нулевых параметрах антенны, которые и были заданы при выполнении этого эксперимента, в стандартном сообщении NMEA GGA представлены относительно фазового центра антенны L1 в системе координат WGS-84, высота представлена над геоидом [4]. Ввиду того, что приемники используют разные геоиды, провести анализ показаний высот приемников по их разнице не представляется возможным.

Рассмотрим количество спутников, отслеживаемых обоими приемниками. Приемник MB500 на протяжении всего эксперимента отслеживал в среднем на шесть спутников больше, чем BD960. Количество используемых спутников для расчета RTK позиции приемником MB500 также в среднем было на один больше, чем у приемника BD960 (см. табл. 8). Отношение сигнал/шум (SNR) по всем спутни-



**Рис. 2. Траектории движения приемников:**

- a* — MB500; *б* — BD960;
- — тип решения RTK fixed;
- — тип решения RTK float;
- — тип решения DGPS

кам у приемника BD960 на протяжении всего исследования в среднем на 1,6 дБ выше, чем у приемника MB500.

Рассмотрим качество решения, рассчитанного приемниками в режиме «статика», в разных условиях:

1) в момент, когда приемники находились в хороших условиях для наблюдений (на открытом пространстве), сходимость вычисленных плановых координат приемника MB500 не превышает величины 0,010 м, однако существует один скачок позиции на 0,020 м. Тип решения — fixed RTK. Сходимость вычисленных плановых координат приемника BD960 на этом интервале исследования оценить невозможно из-за частых разовых скачков (до 1,4 м) координат. Тип решения также изменяется с fixed RTK на float RTK и на DGPS. Данная часть эксперимента была повторена, сходимость вычисленных плановых координат приемника BD960 не превышает величины 0,010 м, присутствует разовый скачок координат на 0,035 м. Тип решения — fixed RTK;

2) в условиях частично ограниченной видимости спутников (под деревом) позиция заметно более шумная, чем при открытом небосводе. Сходимость вычисленных плановых координат не превышает величины 0,020 м у приемника MB500 и 0,030 м у приемника BD960. Тип решения — fixed RTK;

3) в условиях сильно ограниченной видимости спутников (в нижней точке заезда на подземную стоянку) сходимость вычисленных плановых координат приемников MB500 и BD960, в целом, не превышает величины 0,020 м, хотя и присутствуют скачки до 0,065 м,

вызванные сильным затенением спутников и возможным эффектом многолучевости.

По результатам данного эксперимента можно сказать, что ГНСС-приемник MB500 с решением навигационно-геодезической задачи в дифференциальном режиме RTK справился лучше приемника BD960. В целом, RTK функциональность обоих приемников можно оценить как полностью соответствующую заявленным производителем параметрам.

**Заключение.** Выполнена практическая оценка эффективности использования дифференциального режима RTK, рассчитаны средние квадратические ошибки пространственного положения пункта, приведена статистическая оценка показаний приемников по внутренней сходимости, доступности RTK решения, количеству используемых спутников в решении и другим параметрам.

В результате исследований подтверждено, что средняя квадратическая ошибка пространственного положения наземного пункта сильно зависит от затенения спутниковых созвездий, динамики движения и длины базисной линии. Результаты и полученный диапазон точностей

свидетельствуют о высокой эффективности применения режима RTK для решения широкого спектра навигационно-геодезических задач и необходимости рассмотрения вопроса создания специального полигона для оценки точности определения координат динамических объектов. В данной статье рассмотрен только первый этап исследования режима кинематики в реальном времени, работы по исследованию продолжаются с применением новых методик, приемной аппаратуры последнего поколения и разработкой других методологий испытаний.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Bradford W. Parkinson, James J. Spilker Jr., Per Enge, Penina Axelrad. Global Positioning System: Theory and Applications. Volume I/II. Published by AIAA, 1996, 781/664 p.
2. Richard B. Langley. RTK GPS. GPS World. January 1999.
3. RTCM standard 10403.1 Differential GNSS (Global Navigation Satellite Systems) Services - Version 3. Developed by RTCM Special Committee No. 104, OCTOBER 27, 2006, Amended MAY 21, 2007, Amended AUGUST 31, 2007. - 152 p.
4. NMEA 0183, Version 3.01, Protocol Description. October 2001. 101 p.

Поступила 27 июня 2011 г.  
Рекомендована кафедрой информационно-измерительных систем МИИГАиК

УДК 528

## ГЕОДЕЗИЯ

**УЧЕТ ВЛИЯНИЯ КРИВИЗНЫ ЗЕМЛИ  
ПРИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТАХ**

Профессор, доктор техн. наук Е.Б. Клюшин, кандидат техн. наук И.М. Кравчук,

аспирант Чинь Тхань Чыонг, аспирант Чан Куанг Хок

*Московский государственный университет геодезии и картографии*

*E-mail: prgeodesi@yandex.ru*

**Аннотация.** Статья написана на актуальную тему и посвящена исследованиям влияния кривизны Земли на результаты высокоточных линейных измерений. Обоснована необходимость и целесообразность дальномерных измерений в прямом и обратном направлениях.

**Ключевые слова:** кривизна, светодальномерные измерения, спутниковые измерения, горизонтальное проложение

**Abstract.** The influence of the Earth curvature on the results of high-precision linear measurements is discussed. The necessity and appropriateness of ranging in positive going direction and return one is vindicated

**Keywords:** curvature, ranging, satellite survey, normal projection

Увеличение размеров и габаритов строящихся современных объектов сопровождается существенным увеличением точности геодезических работ. Для обеспечения возрастающих точностных требований к геодезическим работам промышленность разработала и изготовила новое поколение высокоточных геодезических приборов и, в первую очередь, электронных тахеометров, позволяющих измерять углы на промышленных площадках со средней квадратической ошибкой не хуже 2", а расстояния — со средней квадратической ошибкой 2 мм+1мм/км.

В инженерной геодезии, как правило, о кривизне Земли рассуждают лишь при использовании тригонометрического нивелирования. В остальных измерениях кривизну Земли не учитывают по причине коротких расстояний. Более того, проекцию Гаусса–Крюгера часто называют плоской, хотя по оси абсцисс откладывается длина дуги меридиана от экватора до Южного и Северного полюсов. В связи с увеличением размеров современных сооружений, повышением точности средств измерений и повышением точностных требований к геодезическим работам назрела необходимость тщательного изучения учета влияния кривизны Земли в инженерно-геодезических работах.

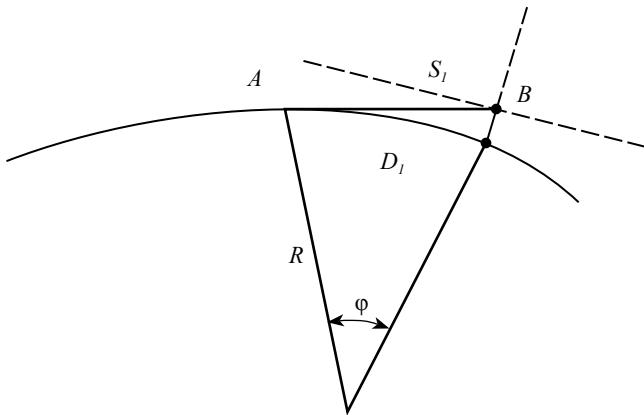
При любых методах измерений на реальной поверхности Земли неизбежны потери точности, сопровождающие обработку результатов измерений. Необходимо оговорить уровень точности, к которому необходимо стремиться при разработке методов измерений и методов обработки результатов измерений. Разумным критерием точности может служить средняя квадратическая ошибка центрирования геодезического прибора над центром знака, которая, как правило, равна 0,5–0,7 мм. В связи с этим поставим условие, чтобы алгоритмы обработки результатов измерений не вносили дополнительных ошибок, по возможности более 0,5 мм.

Вычислим максимальное расстояние, на котором кривизна Земли вносит ошибку в длину линии, равную 0,5 мм. При вычислении этого расстояния пренебрежем эллиптичностью Земли, представив ее шаром с радиусом 6371 км. Из рис. 1 видно, что горизонтальное проложение  $S=R\operatorname{tg}\phi$ , а длина дуги

$$D=R\phi. \quad (1)$$

Следовательно,

$$S_1 = R\operatorname{tg} \frac{D_1}{R}.$$



**Рис. 1. Особенности учета кривизны Земли при вычислении горизонтального проложения**

Полагая, что угол  $\phi$  — величина малая, воспользуемся разложением в степенной ряд, получим

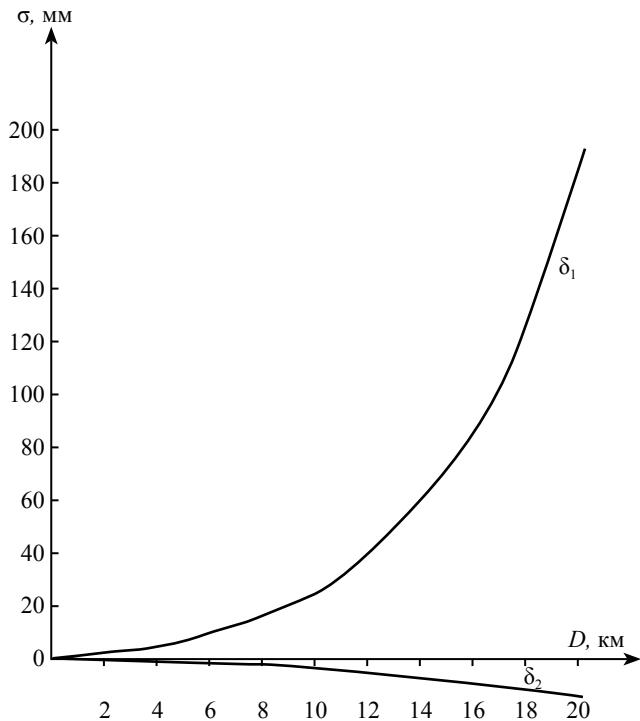
$$S_1 = D_1 + \frac{D_1^3}{3R^3},$$

следовательно,

$$S_1 - D_1 = \delta_1 = \frac{D_1^3}{3R^2}.$$

Максимальное расстояние, на котором кривизна Земли приведет к ошибке равной

$$D_1 = \sqrt[3]{3R^2\delta_1}.$$



**Рис. 2. Зависимость влияния кривизны Земли  $\delta_1$  и  $\delta_2$  от расстояний**

Если поставить условие, чтобы кривизна Земли вносила ошибку не более  $0,5 \text{ мм} = 5 \cdot 10^{-7} \text{ км}$ , максимальное расстояние не должно превышать

$$D_1 = \sqrt[3]{3 \cdot 6371^2 \cdot 5 \cdot 10^{-7}} \approx 4 \text{ км}.$$

Это означает, что для сохранения высокой точности спутниковых методов измерений при расстояниях между пунктами свыше 4 км необходимо учитывать кривизну Земли даже в локальных системах координат.

В зависимости от метода измерений и обработки результатов измерений возможно и иное влияние кривизны Земли (см. рис. 1). Длина хорды  $S_2$  может быть вычислена по результатам спутниковых измерений. Длина дуги  $D_2$  определяется равенством (1), а длина хорды

$$S_2 = 2R \sin \frac{\phi}{2} = 2R \sin \frac{D_2}{2R}. \quad (2)$$

При сравнительно небольших расстояниях относительно радиуса Земли равенство (2) можно представить в виде

$$S_2 - D_2 = \delta_2 = -\frac{D_2^3}{24R^2}.$$

В таком случае максимальное расстояние, при котором кривизна Земли не превысит величины  $\delta_2$ ,

$$D_2 = -2\sqrt[3]{3R^2\delta_2}$$

и ошибка, вызванная кривизной Земли, равная 0,5 мм, проявится при расстояниях свыше 7,8 км. Как видно из приведенного анализа, и в этом случае необходимо учитывать кривизну Земли даже в локальных системах координат при расстояниях свыше 8,0 км (рис. 2).

Считается, что локальные геодезические сети — это плоские сети. Выполненные расчеты показали, что при рачительном использовании современных методов измерений максимальная протяженность местных сетей не должна превышать 10 км при спутниковых методах измерений, и не более 4 км — при использовании электронных тахеометров. Но и в этих случаях, при сравнительно небольших расстояниях необходимо соблюдать ряд методических приемов, чтобы избежать необоснованной потери точности. Влияние кривизны Земли убедительно демонстрируется на рис. 3.

О плоскости, в которой используются при-

вычные в геодезии расчетные формулы, можно говорить лишь в пределах одной стоянки инструмента. При смене точки стояния инструмента организуется новая плоскость, нормальная по отношению к отвесной линии, но отличающаяся от предыдущей. При разности расстояний между точками стояния инструмента на 2 км линии горизонта различаются на величину около  $1'$ , это означает, что угол наклона линии, соединяющей два пункта, не является однозначной величиной, так как каждая точка линии имеет собственную величину угла наклона. Из этого следует важный вывод: углы наклона линии, измеренные на двух противоположных концах линии не равны друг другу, и разность углов наклона зависит от расстояния между пунктами измерения.

В таком случае проекцию Гаусса–Крюгера можно считать условно плоской, в которой кривизна Земли учитывается методическими приемами, устанавливая инструмент по отвесной линии с помощью уровня.

Угол наклона линии измеряется относительно горизонтальной плоскости, воспроизведенной в точке стояния инструмента с помощью уровня. В силу того, что горизонтальная плоскость в каждой точке рассматриваемой линии различная, угол наклона линии — понятие неоднозначное. Например, если линия  $AB$  находится в горизонтальной плоскости воспроизведенной в точке  $A$ , то угол наклона линии  $AB$  равен нулю ( $v_A = 0$ ) (рис. 4). Угол наклона этой же линии, измеренный в т.  $B$  не равен нулю ( $v_B \neq 0$ ):

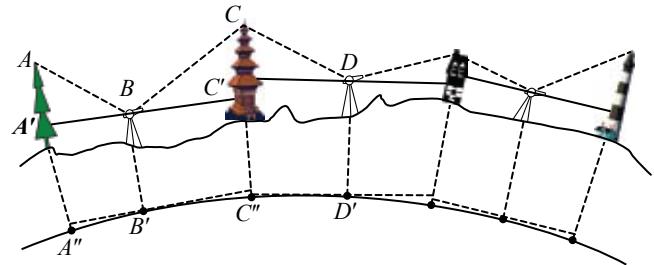
$$v_B = \varphi = \rho \frac{D}{R},$$

где  $D$  — длина дуги;  $R$  — радиус Земли в направлении линии визирования  $AB$ .

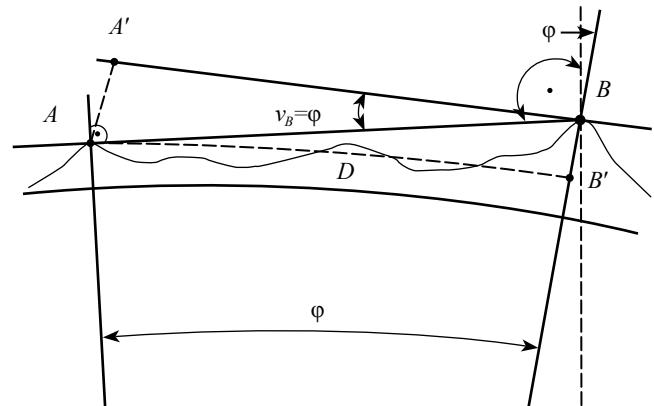
При относительно небольших расстояниях ( $L < 10$  км) и небольших углах наклона  $D \approx S$  (где  $S$  — горизонтальное проложение). В таком случае угол наклона  $\varphi = -\rho \frac{S}{R}$ . Следовательно, в рассматриваемом случае превышение точки  $B$  над точкой  $A$  в направлении  $AB$  равно нулю, а в обратном направлении  $BA$  превышение

$$h_{BA} = S \sin \nu = -S \sin \frac{S}{R} = -\frac{S^2}{R}. \quad (3)$$

В данном случае по формуле (3) вычисляется влияние кривизны Земли на величину определяемого превышения. В таблице приведены расчеты превышения по формуле (3).



**Рис. 3. Иллюстрация методики учета влияния кривизны Земли в инженерно-геодезических работах**



**Рис. 4. Линии горизонта на двух концах измеряемой линии различна**

S, km	$h_{AB}$	$\varphi$	$h_{BD}$ , m
0,3	0	9,5"	-0,014
1	0	33"	-0,157
2	0	1'05"	-0,628
4	0	2'10"	-2,511
8	0	4'19"	-10,045

Остается неясным, какое превышение больше соответствует истине:  $h_{AB}$  или  $h_{BA}$ ?

Горизонтальное проложение линии  $AB$  также будет различаться на величину (см. рис. 4):

$$S_{AB} - S_{BA'} = S - S \cos \varphi = S \left( 1 - \cos \frac{S}{R} \right) = \frac{S^3}{2R^2}.$$

В общем случае разность горизонтальных проложений «прямо» и «обратно» имеет вид (рис. 5):

$$\delta = S_{AB'} - S_{BA'} = S \cos v - S \cos(v + \varphi) =$$

или

$$\delta = 2S \sin \frac{\varphi}{2} \sin \left( v + \frac{\varphi}{2} \right). \quad (4)$$

Следовательно, при малых углах наклона

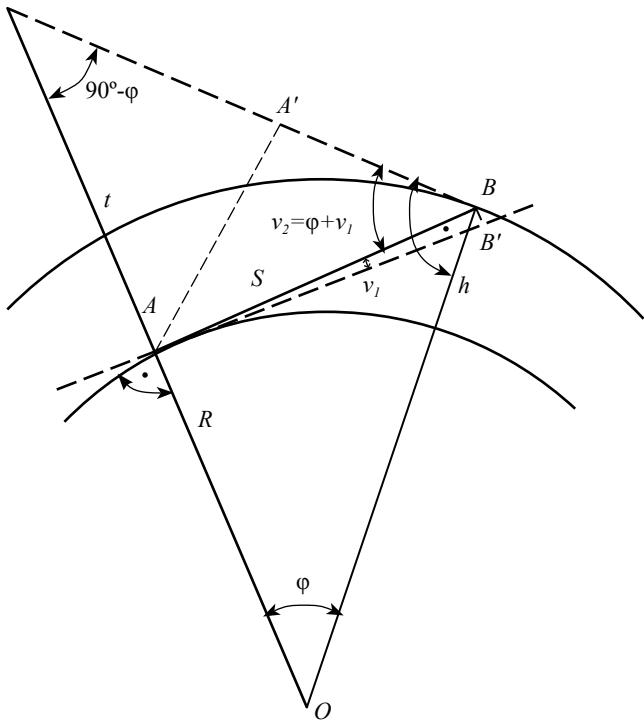


Рис. 5. Разность горизонтальных проложений «прямо» и «обратно»

формулу (4) можно представить в виде:

$$\delta = \frac{S^2 v}{\rho R} + \frac{S^3}{2R^2} \quad \text{или} \quad \delta = \frac{hS}{R} + \frac{S^3}{2R^2},$$

где  $h$  — превышение.

Например, при  $S=2$  км;  $h=40$  м;  $R=6371$  км;  $\delta=13$  мм, что существенно больше паспортной точности многих электронных тахеометров. Более подробно зависимость величины  $\delta$  от расстояния и превышения представлена на рис. 6. Для исключения расхождений в результатах вычисления горизонтального проложения за окончательный вариант следует брать среднее значение из двух измерений: «прямо» и «обратно». В том случае, если наклонное расстояние измеряется только в одном направлении, необходимо вводить поправку за кривизну Земли

$$\begin{aligned} S_{cp} &= \frac{1}{2} (S_{AB} + S_{BA}) = S \cos\left(v + \frac{\phi}{2}\right) \cos \frac{\phi}{2} = \\ &= S \cos v \cos^2 \frac{S}{R} - \frac{h}{2S} \sin \frac{S}{R} = \\ &= S \left(1 - \frac{S^2}{R^2}\right) \cos v - \frac{hS}{2R}. \end{aligned}$$

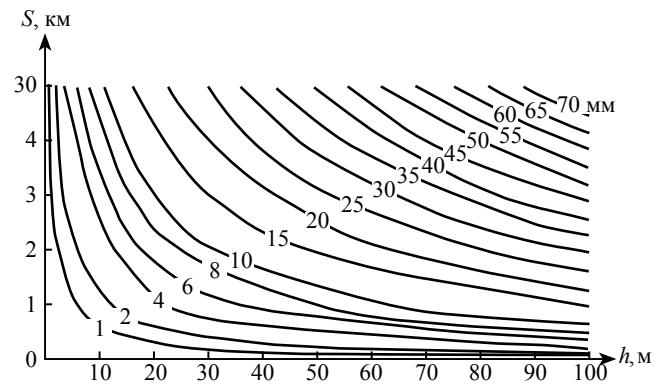


Рис. 6. Зависимость разностей горизонтальных проложений по результатам измерений «прямо» и «обратно»

Следовательно,

$$S_{cp} = S \cos v - \frac{hS}{2R} - \frac{S^3}{R^2}. \quad (5)$$

Для учета влияния кривизны Земли в тригонометрическом нивелировании рассмотрим треугольник OAB (см. рис. 5), откуда имеем

$$\frac{S}{\sin \phi} = \frac{R}{\cos v_2} = \frac{R+h}{\cos v_1}, \quad (6)$$

где  $S$  — наклонное расстояние;  $v_1$  и  $v_2$  — углы наклонов, измеренные на обоих концах линии  $AB$  ( $v=90^\circ-Z$ );  $h$  — искомое превышение;  $R$  — радиус Земли.

Из равенств (6) нетрудно получить

$$h = \frac{S}{\sin \phi} (\cos v_1 - \cos v_2).$$

Учитывая, что  $\phi = -(v_1 + v_2)$ , окончательно получим

$$h = S \frac{\sin \frac{v_1 - v_2}{2}}{\cos \frac{v_1 + v_2}{2}}. \quad (7)$$

При вычислении превышений по формуле (7) учитывается кривизна Земли, не требуется знание радиуса кривизны Земли, а также уменьшается влияние вертикальной рефракции. Тем не менее, формулу (7) не следует считать строгой, так как она получена из допущения, что Земля — это шар. Учет влияния кривизны Земли при использовании спутниковых технологий имеет свои специфические особенности, которые будут рассмотрены в следующей статье.

Поступила 22 декабря 2011 г.  
Рекомендована кафедрой прикладной геодезии МИИГАиК

УДК 528.7; 528.711.1

## КОСМИЧЕСКАЯ СЪЕМКА, АЭРОФОТОСЪЕМКА И ФОТОГРАММЕТРИЯ

### НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ КОСМИЧЕСКИХ КАДРОВЫХ СНИМКОВ ФОБОСА

Профессор, кандидат техн. наук **А.П. Михайлов**,  
профессор, доктор техн. наук **В.Б. Дубиновский**, аспирант **К.М. Зельков**  
*Московский государственный университет геодезии и картографии*  
*e-mail: al\_mikhailov@mail.ru, kn\_z@mail.ru*

**Аннотация.** Рассматриваются методики фотограмметрической обработки космических кадровых снимков спутника Марса Фобоса, полученных КА «Mars-Express». Методики позволяют повысить точность фотограмметрической обработки путем обеспечения возможности стереоскопического наблюдения и измерения снимков, а также построить более подробную цифровую модель и трехмерную измерительную реалистическую модель поверхности Фобоса.

**Ключевые слова:** Фобос, трехмерная реалистическая модель Фобоса, трансформирование снимков, фототриангуляция

**Abstract.** The methods discussed in the article describe photogrammetric processing of satellite imagery of Phobos obtained by Mars-Express. The proposed methods allow to increase photogrammetric processing accuracy by providing stereoscopic surveillance and photo measuring as well as building a more detailed digital and 3D-measuring realistic model of Phobos surface.

**Keywords:** Phobos, Phobos DTM, 3D-measuring model of Phobos, images transforming, photo-triangulation

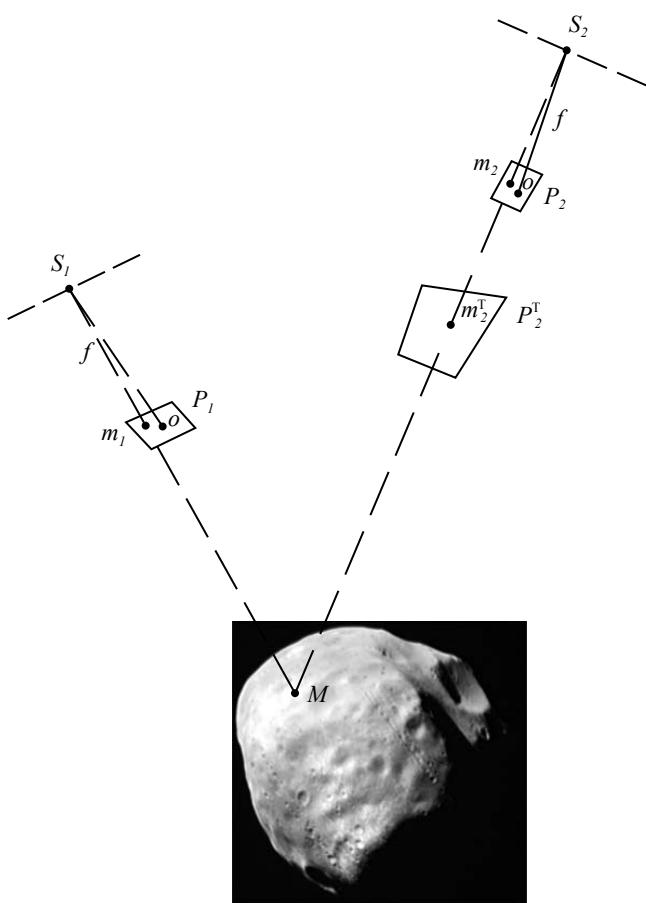
В настоящее время наиболее точная и подробная информацию о форме и размерах спутника Марса Фобоса была получена в результате фотограмметрической обработки снимков полученных цифровой кадровой съемочной системой, установленной на американском космическом аппарате (КА) «Mars-Express». Для фотограмметрической обработки, в результате которой была создана сеть опорных точек, определены форма и размеры Фобоса, были использованы снимки, полученные цифровой кадровой съемочной камерой КА «Mars-Express» с фокусным расстоянием объектива равным 975 мм и светоприемной матрицей размером 1024×1032 пикселей (размер пикселя 9×9 мкм). Угол поля зрения этой съемочной камеры составляет 0,54° [1].

Очевидно, что при таких характеристиках съемочной камеры для фотограмметрической обработки необходимо использовать только снимки, полученные при значительных углах конвергенции оптических осей съемочных ка-

мер. Это возможно при использовании снимков, полученных с разных витков. В этом случае, как правило, снимки составляющие стереопары имеют значительные взаимные углы наклона и разворота, а также различный масштаб. Это обстоятельство не позволяет производить стереоскопическое наблюдение и измерение стереопар снимков и поэтому, до настоящего времени, измерение снимков при их фотограмметрической обработке производились в монокулярном режиме. При этом возможно измерение только тех точек снимков, которые являются изображениями четких контуров снимаемого объекта опознавшихся на всех измеряемых снимках. При измерениях снимков Фобоса нахождение и выбор таких контуров весьма затруднителен, особенно при измерениях разномасштабных снимков. Это обстоятельство приводит к необходимости в качестве контурных точек использовать, как правило, центры кратеров, что приводит к снижению точности фотограмметрических построений

из-за невысокой точности идентификации и, как следствие, измерения соответственных точек на перекрывающихся снимках. Кроме того, при монокулярных измерениях снимков невозможно измерение точек на характерных точках рельефа поверхности Фобоса, что не позволяет выполнить построение подробной и точной цифровой модели его поверхности и, как следствие, построение точных карт и ортофотокарт.

Для обеспечения возможности стереоскопического наблюдения и измерения стереопар разномасштабных снимков Фобоса с большими значениями взаимных углов наклона и разворота Фобоса предлагается воспользоваться методикой, предложенной для фотограмметрической обработки стереопар наземных снимков общего случая съемки [2]. Применительно к фотограмметрической обработке по этой методике снимков Фобоса сначала один снимок или оба снимка, составляющие стереопару, преобразуют путем трансформирования в стереопару



**Рис. 1. Принципиальная схема преобразования исходной стереопары снимков**

ру снимков приблизительно одного масштаба и близкими к нулю значениями взаимных углов наклона и разворота.

Цифровое трансформирование исходных снимков стереопары (рис. 1) методом обратного трансформирования может быть выполнено на основе перспективных или проективных преобразований. В первом случае в качестве исходных используются формулы трансформирования координат  $x = -f \frac{x^*}{z^*}$ ;  $y = -f \frac{y^*}{z^*}$ , в которых

$$\begin{pmatrix} x^* \\ y^* \\ z^* \end{pmatrix} = A^T \begin{pmatrix} x^T - x_0^T \\ y^T - y_0^T \\ -f^T \end{pmatrix}, \quad (1)$$

где  $x, y$  — координаты точки изображения на исходном снимке;  $f$  — фокусное расстояние исходного снимка (координаты главной точки  $x_0 = y_0 = 0$ );  $x^T, y^T$  — координаты соответственной точки на трансформированном снимке;  $f^T, x_0^T, y_0^T$  — элементы внутреннего ориентирования трансформированного снимка;  $A$  — матрица преобразования координат, элементы  $a_{ij}$  которой являются функциями углов наклона и разворота исходного снимка относительно системы координат трансформированного снимка.

Во втором случае, в качестве исходных используются формулы проективного преобразования координат:

$$x = \frac{A_1 x^T + A_2 y^T + A_3}{C_1 x^T + C_2 y^T + 1}; \quad y = \frac{B_1 x^T + B_2 y^T + B_3}{C_1 x^T + C_2 y^T + 1}, \quad (2)$$

где  $A_i, B_i, C_i$  — коэффициенты проективного преобразования.

Значения углов наклона и разворота исходного снимка и элементов внутреннего ориентирования трансформированного снимка, при использовании перспективных преобразований, и значения коэффициентов  $A_i, B_i$  и  $C_i$ , при использовании проективных преобразований, можно определить в результате решения обратной фотограмметрической засечки по опорным точкам. В качестве опорных точек используют контурные точки на не трансформируемом снимке стереопары, координаты которых измеряют в системе координат снимка. При этом необходимо иметь в виду, что в ряде

случаев для обеспечения возможности стереоскопического наблюдения и измерения всей перекрывающейся области исходных снимков возможно создание не одной, а нескольких, преобразованных путем трансформирования, стереопар.

На рис. 2 представлена стереопара исходных снимков, а на рис. 3 — стереопара снимков, преобразованных по изложенной выше методике.

По преобразованным стереопарам снимков производится стереоскопическое наблюдение и измерение точек. Для дальнейшей фотограмметрической обработки снимков целесообразно результаты измерений трансформированных снимков преобразовать в систему координат исходных снимков. Преобразование результатов измерений производится по формулам (1) или (2), в зависимости от используемого метода трансформирования снимка. В этом случае построение и уравнивание фотограмметрических сетей производится по исходным снимкам. Изложенная методика фотограмметрической обработки может быть реализована с использованием стандартных цифровых фотограмметрических систем, имеющих модули решения обратной фотограмметрической засечки и ортофототрансформирования, также с использованием специализированных программ для геометрических преобразований цифровых исходных снимков.

Наиболее целесообразно фотограмметрическую обработку цифровых снимков по предлагаемой методике выполнять на цифровой фотограмметрической системе (ЦФС) «Z-Proxima», разработанной специалистами ГосНИИАС и кафедры фотограмметрии МИИГАиК. В этой системе могут быть реализованы все этапы предлагаемой методики фотограмметрической обработки цифровых снимков Фобоса, в результате которой может быть осуществлено построение и уравнивание сети фототриангуляции, а затем и построение цифровой модели поверхности Фобоса. Для трансформирования исходных стереопар снимков в системе «Z-Proxima» имеется специальный модуль, который позволяет, меняя значения угловых элементов внешнего ориентирования и масштаба снимков, в интерактивном режиме при визуальном контроле осуществлять циф-

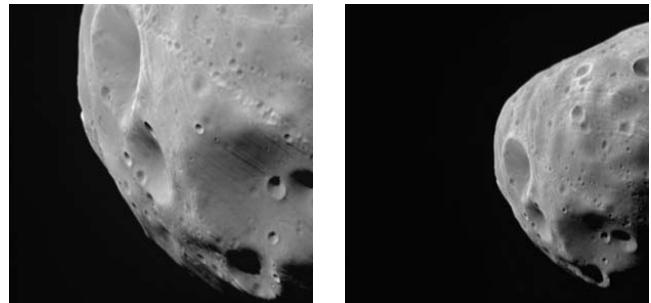


Рис. 2. Стереопара исходных снимков

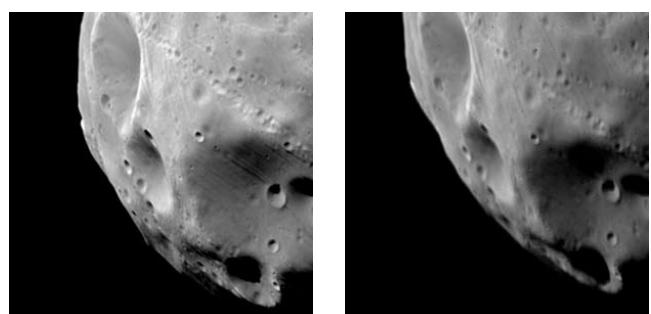


Рис. 3. Стереопара трансформированных снимков

ровое трансформирование исходных снимков (рис. 4).

При изучении планет и их спутников по материалам их фотограмметрической съемки конечным продуктом обработки традиционно являются карты и фотокарты поверхности пла-



Рис. 4. Интерфейс «Z-Proxima» для трансформирования снимков

нет их спутников. При картографировании таких спутников, как Фобос, имеющих сложную форму, которую весьма трудно аппроксимировать такими поверхностями, как сфера, двухосный и трехосный эллипсоид, созданные по традиционной технологии карты и фотокарты имеют весьма существенные искажения.

Представляется целесообразным в результате фотограмметрической обработки снимков таких объектов создавать трехмерную реалистическую цифровую модель этих объектов. Такую модель можно создать по цифровой модели поверхности изучаемого объекта в виде триангуляционной сети (TIN), на которую накладывается текстура с цифровых снимков. Для создания таких моделей можно воспользоваться созданным специалиста-

ми ГосНИИАС дополнительным модулем для ЦФС «Z-Proxima», позволяющим, используя систему «Z-Proxima», осуществить весь комплекс фотограмметрических работ по созданию трехмерных реалистических цифровых моделей снимаемых объектов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. J. Oberst et al. «Astrometric observations of Phobos and Deimos with the SRC on Mars Express». *Astronomy & Astrophysics*, 2006г.
2. Михайлов А.П. «Особенности фотограмметрической обработки стереопар наземных снимков общего случая съемки на ЦФС «РНОТОМОД» / Тезисы докладов IX Международная научно-техническая конференция «От снимка к карте: цифровые фотограмметрические технологии», Аттика, Греция, 5–8 октября 2009.

Поступила 30 августа 2011 г.  
Рекомендована кафедрой фотограмметрии МИИГАиК

## ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЙ БЕРЕГОВЫХ ЛИНИЙ ОСТРОВОВ АРХИПЕЛАГА ЗЕМЛИ ФРАНЦА–ИОСИФА ПО МАТЕРИАЛАМ КОСМИЧЕСКИХ СЪЕМОК

Аспирант М.С. Милованова, аспирант В.Ю. Новиков, инженер А.А. Демьянов

Московский государственный университет геодезии и картографии

Tel.: 8 (916) 947-4653

**Аннотация.** Представлены результаты исследования динамики изменения береговых линий островов архипелага Земли Франца–Иосифа. Были использованы результаты дешифрирования более 60-ти разновременных и радиолокационных снимков. Выявлено устойчивая тенденция к уменьшению площадей оледенения исследованных островов архипелага.

**Ключевые слова:** полярные регионы, корреляционное изображение, радиолокация, дешифрирование, космический топографический мониторинг, радарное изображение, цифровая модель рельефа

**Abstract.** The authors publish the results of the coastline changes of islands of the Franz Josef Land archipelago. More than 60 different photo-images and radiolocation images were used. The areas of glaciers on the investigated archipelago island show a steady reduction tendency.

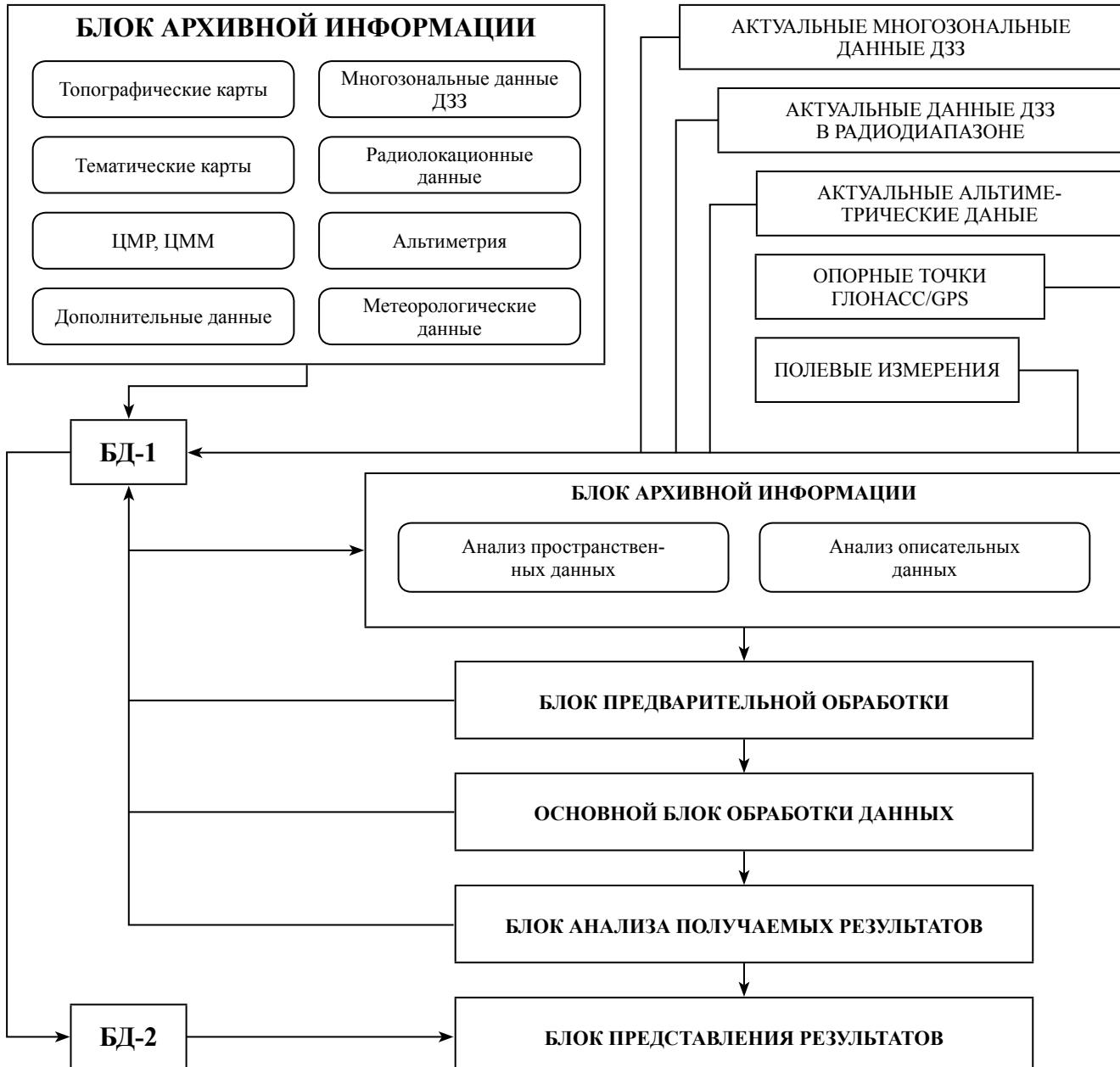
**Keywords:** Polar regions, aerospace data, correlated image, radiolocation, deciphering, space topographic monitoring, radar images, digital terrain model

Сегодня, при проведении географических исследований, очевидны преимущества использования данных, полученных космическими методами. Особенно если это касается труднодоступных территорий, например, высокоширотной российской Арктики. В то же время, отсутствует актуальная комплексная информация о современной топографии поверхности: ее характере, свойствах, динамике и тенденциях её изменения (имеющиеся топографические и тематические карты были созданы более 50 лет назад).

На блок-схеме (рис. 1) отражены функциональные элементы и основные процессы топо-

графического мониторинга. Аэрокосмические данные в логической структуре архитектуры системы представлены в виде потока временных рядов наблюдений с различных приборов и спутников. Подробное описание предложенной технологии космического топографического мониторинга северных территорий приведено в [1].

В статье приведены результаты исследования динамики изменений береговых линий 191-го острова архипелага Земли Франца–Иосифа. Большая часть островов архипелага покрыта ледниками. В настоящее время ледники существуют на 56-ти островах архипелага,



**Рис. 1. Блок-схема системы топографического мониторинга северных территорий по данным дистанционного зондирования**

общая площадь их составляет 13 735 км<sup>2</sup> с общим объемом льда в 2157 км<sup>3</sup>. Ледяные берега протянулись на 2650 км, что составляет 59,4% всей береговой линии архипелага. Выбранные для исследования районы представляют собой практически все территории с покровным оледенением в высокоширотной российской Арктике.

При проведении топографических исследований высокоширотной Арктики нами использовались следующие информационные

материалы: топографические и тематические карты; описательные данные об объектах исследования; метеорологические данные; данные космических съемок в оптическом и радиолокационном диапазонах как архивные, так и за последние пять лет; цифровые модели рельефа местности; альтиметрические и другие специализированные данные; результаты полевых измерений; координаты опорных точек, определяемые средствами ГЛОНАСС/GPS-навигации.

Задачи исследования: формирование базы данных на исследуемые объекты за период 1950–2010 гг.; оцифровка топографических карт 50-х годов; оцифровка аэрокосмических изображений исследуемых объектов 2000–2010 гг. (рис. 2); оценка изменений площадей островов свободных ото льда.

Задача автоматического дешифрирования объектов гидрографии и выявления положения береговых линий островов по космическим изображениям является не такой простой, как может показаться на первый взгляд. Так, например, вклад излучения, отраженного от дна неглубоких и прозрачных ледниковых озер и рек, распространенных в высоколатитной Арктике, вызывает осложнения при их дешифрировании на фоне окружающей местности. Приток талых вод со значительным содержанием минеральных взвесей, т.н. ледникового молока, приводит к существенному изменению спектральной отражательной способности гидрографических объектов, включая прибрежные районы акваторий, что требует перестройки используемых классификаторов. Значительные трудности возникают при определении точного положения ледяных берегов по космическим изображениям в случае наличия припая юги протяженных полей морского льда, а также при распознавании мелких островков свободных ото льда, которые часто воспроизводятся с низким контрастом на фоне окружающей водной поверхности. Много вопросов возникает при классификации береговых линий: на коренные и ледяные, пологие и обрывистые, посто-

янные и переменные. Решение этих и других проблем было достигнуто нами благодаря комплексному применению методов визуально-инструментального, статистического, корреляционного и интерференционного анализа фотографических, сканерных и радарных изображений. При этом использовались стандартные пакеты обработки цифровых изображений: ENVI, ERDAS IMAGES, SARscape и др.

Выявление положения наземных границ ледников и снежников, равно как и анализ распределения основных структурных зон и линий ледниковых поверхностей по спутниковым изображениям, полученным в благоприятный период, не составляет особого труда, особенно при совместном использовании материалов оптической и радарной съемки. Корреляционное изображение, воспроизведяющее вариации степени пространственной когерентности зарегистрированных комплексных радарных изображений, является одним из промежуточных продуктов интерференционного анализа (рис.3). Подобные изображения, иногда называемые корреляционными картами, воспроизводят стабильные объекты местности светлыми тонами, а изменчивые объекты (водные поверхности озер и морей, быстродвижущиеся участки трещиноватого льда выводных ледников, районы припая и активных осипей) представляются в темных тонах. Тем самым автоматически производится фильтрация морского льда и осуществляется распознавание положения береговой линии всех, даже самых мелких островов. Анализ карты когерентности показывает, например, что береговые линии всех даже самых мелких островов воспроизводятся с хорошим контрастом и резкостью. Колебательные движения водной поверхности и полей морского льда, происходящие за 24 ч, полностью нарушают когерентность соответствующих участков радарных изображений и приводят к резкому выделению береговых линий и автоматической фильтрации полей морского льда; последние, кстати, не являются непосредственными объектами топографических исследований. По той же самой причине хорошо выявляются границы между стабильными участками ледяных берегов и припаем, испытывающим колебательные движения. Понятно, что при оценке положения береговой линии по карте когерентности обязательно необходимо учитывать влияние суточных колебаний уровня

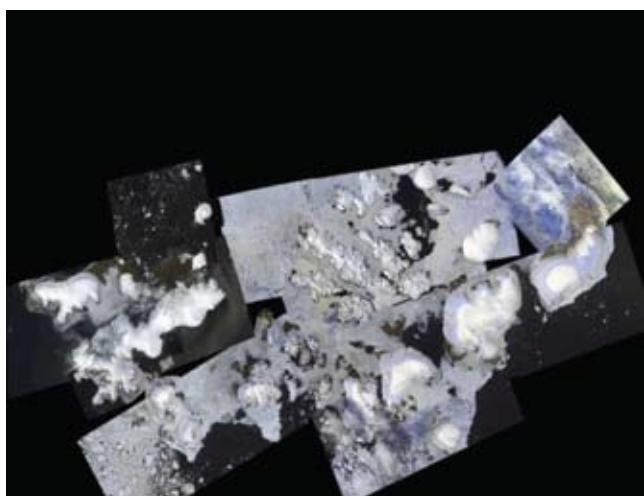


Рис. 2. Мозаика покрытия исследуемой территории космическими изображениями LANDSAT за период 2000-2007 гг.

моря и сгонно-нагонных явлений.

Анализ результатов дешифрирования более чем 60-ти разновременных оптических и радиолокационных космических изображений островов архипелага Земли Франца–Иосифа и сопоставление их с архивными материалами показал, что за последние 60 лет произошли значительные изменения в ледниковой обстановке. На Земле Франца–Иосифа более 50-ти ледников значительно отступили или совсем исчезли за указанный период. Особенно значительные перемены в границах ледников заметны у небольших, тонких и низкорасположенных ледников с максимальной отметкой менее 250 м. Например, ледяной купол Малютка на Земле Георга, имевший высоту 89 м над уровнем моря и толщину около 35 м, более не существует; границы купола Брусилова с отметкой 201 м на том же острове и мысе Гидрографов на о. Хейса отступили на 150–200 м. Ледники на островах Беккера, Брэйди, Хоффмана, Гукера, Кейна, Куна, Ли Смита, Соясбери, Вильчека, Циглера и ряде других островов отступили на несколько сотен метров.

Следует отметить, общую и устойчивую тенденцию современного отступления ледников на островах архипелага Земли Франца–Иосифа. Наиболее существенное отступление оледенения происходит на передних частях выводных (приливных) ледников вследствие морской абразии и «отёла» (откалывания айсбергов). Так, например, на Земле принца Георга, на островах Дхенсока, Карла–Александра, Маклингокай Солсбери откололись большие, более 500 м длиной, куски выводных ледников, и береговая линия претерпела значительные изменения. На тех же снимках Земли Вильчека и острова Солсбери было обнаружено весьма интересное явление. В период общего отступления оледенения на Земле Франца–Иосифа фронты крупнейших выводных ледников, таких как Восточный в юго-восточной части о. Солсбери, ледники Знаменитый и Стремительный, продвинулись вперед на 600 м и более. Ледник Восточный практически заблокировал пролив Родса между островами Солсбери и Винер–Нейштадт, имевший ширину около 1000 м. Сравнительно недавние депрессии и значительный расход материала в областях аккумуляции выводных ледников были обнаружены при стереоскопических наблюдениях. Все указанные выше особенности подтверждают гипотезу о наличии обширных

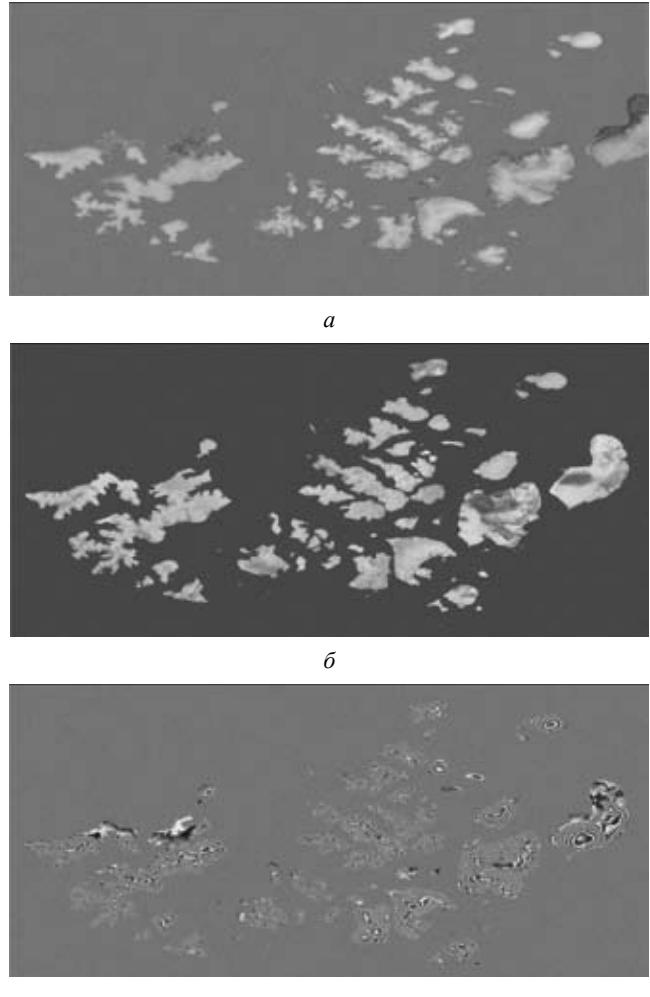


Рис. 3. Интерферограмма (а — амплитуда; б — когерентность; в — фаза) комплексного радиолокационного изображения группы островов Земли Франца–Иосифа

плавучих ледяных шельфов в архипелаге, в существование которых до сих пор не очень верили некоторые исследователи. Считалось, что «...наличие плавучих ледниковых языков и ледяных шельфов на Земле Франца–Иосифа весьма маловероятно».

Полученные данные показывают, что общая площадь островного покровного оледенения Земли Франца–Иосифа существенно сократилась. В табл. 1 приведены оценочные значения площади покровного оледенения за два периода: 1950 и 2007 гг. Как видно из представленных данных за последние 50 лет общая площадь островов Земли Франца–Иосифа уменьшилась на 382,90 км<sup>2</sup>. Площадь ледяной части островов уменьшилась на 613,10 км<sup>2</sup>, а площадь суши увеличилась на 230,20 км<sup>2</sup>. Отличие результата, полученного опытным пу-

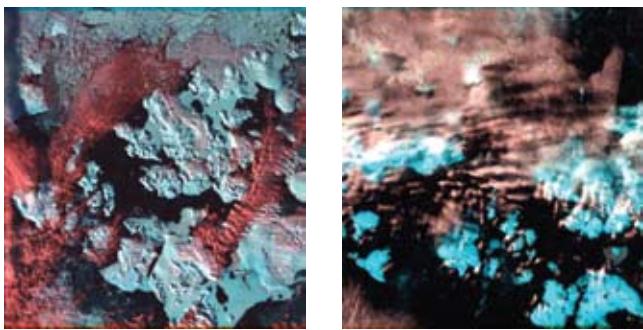
тем, от энциклопедических данных по общей площади островов составляет 26,80 км<sup>2</sup>.

Таблица 1

**Оценка изменения площади покровного оледенения архипелага Земли Франца-Иосифа**

Поверхность	Площадь, км <sup>2</sup>			Изменение площадей, км <sup>2</sup>
	Энцикло-педические данные	Карты 1950 г.	Аэрокосмические снимки 2000-2007 гг.	
Острова	16 134,00	16 160,80	15 777,90	382,90
Ледяная часть островов	—	13 652,20	13 039,10	613,10
Суша	—	2 508,60	2 738,80	-230,20

С целью изучения динамики сокращения покровного оледенения островов мы выполнили оценку площади покровного оледенения для острова Гая и Земли Вильчека на: 1950, 1987, 2000, 2001, 2002, 2006, 2007 и 2010 гг. В качестве исходных изображений использовались панхроматические космические изображения



**Рис. 4. Космическое изображения Земли Вильчека (а) и острова Гая (б)**

Таблица 2

**Значения площадей оледенения и длин береговой линии Земли Вильчека и острова Гая на различные годы**

Дата, г.	Площадь, км <sup>2</sup>		Длина береговой линии, км	
	Земля Вильчека	Остров Гая	Земля Вильчека	Остров Гая
1950	968,7	2034	175,5	246,9
1987	953,1	2035	179,7	222,2
2000	934,4	2002	185,1	230,3
2001	941,2	1997	184,8	236,3
2002	933,7	1993	185,6	241,5
2006	930,3	1986	185,7	230,8
2007	928,4	1987	186,2	228,2
2010	915,6	1976	185,4	234,2

исследуемых островов со спутника LANDSAT (рис.4). Полученные результаты исследования представлены в табл. 2.

Из представленных данных видно, что наблюдается устойчивая тенденция к уменьшению площадей оледенения исследованных островов. Причем в последние годы скорость уменьшения площади ледовой части существенно увеличилась. Полученные результаты подтверждаются результатами исследований, выполненных другими авторами. Так, например, в работе [2] показано, что в настоящий период в Арктике наблюдается интенсивное таяние льдов, что приводит к постепенному освобождению от ледового покрова о-ва Врангеля и Земли Франца-Иосифа.

В заключение отметим, что процессы, происходящие в полярных регионах Земли, имеют огромное значение для прогнозирования глобальных изменений, влияющих на окружающую среду. Климатические изменения воздействуют на материковый и морской лед, вечную мерзлоту и снежный покров, что, в свою очередь, приводит к дальнейшим флюктуациям в атмосфере, океанах, озерах и реках. Влияние полярных регионов на климат Земли гораздо сильнее, чем можно предположить, судя по их географическому «весу», а российская Арктика играет ключевую роль в глобальных изменениях климата. Полагаем, что в ближайшие годы крайне важно наладить космический топографический мониторинг северных территорий России, данные которого позволят построить объективные прогностические модели ключевых изменений высоколатитудной Арктики России.

Работа выполнена в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» 2009-2013 гг. (Госконтракт № 02.740.11.0338).

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Малинников В.А., Зубков С.А., Марчуков В.С., Милованова М.С. Архитектура и принципы функционирования системы топографического мониторинга северных территорий России по данным спутниковых систем // Изв. вузов «Геодезия и аэрофотосъемка». –2011. –№1. –С. 87–94.
2. Фролов И.Е. и другие. Научные исследования Арктики. Т. 1, 2. СПб.: Наука, 2005. –402 с.

*Поступила 9 июня 2011 г.  
Рекомендована кафедрой прикладной экологии  
и химии МИИГАиК*

## ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ УМЕНЬШЕНИЯ ПОЛЕТНОГО ВРЕМЕНИ И ЗАТРАТ НА ПРОВЕДЕНИЕ АЭРОСЪЕМОЧНЫХ РАБОТ С ПОМОЩЬЮ КОМПЛЕКСИРОВАННОЙ GPS/ИНС-СИСТЕМЫ И ПОСТ-ОБРАБОТКИ ИЗМЕРЕНИЙ

Аспирант Д.В. Шелаев

Московский государственный университет геодезии и картографии

E-mail: shelaev\_den@mail.ru

**Аннотация.** Описывается возможность уменьшения затрат на проведение аэрофотосъемочных работ за счет отказа от использования базовых ГНСС станций и уменьшения полетного времени. Приведено описание технологии PPP, которая осуществляет обработку ГНСС измерений, основываясь на данных точных эфемерид и уходов часов навигационных спутников. Рассматривается технология SPAN, по которой осуществляется комплексирование спутниковых и инерциальных измерений. Приведено описание нескольких алгоритмов обработки подобных измерений и преимуществ каждого из алгоритмов. Была произведена обработка траектории полета с применением вышеупомянутых технологий. Данная траектория также сравнивалась с опорной. Приведены результаты эксперимента.

**Ключевые слова:** ГНСС, инерциальная система, комплексирование

**Abstract.** The possibility of cutting costs of aerial survey by avoiding the GNSS base stations application and reducing flight time is described. PPP technology is reported. It includes the processing of GNSS measurements, based on precise ephemeris and clock data of navigation satellites. Also the SPAN technology is discussed. The combining of satellite and inertial measurements is executed through the technology. Several algorithms for processing such measurements and the advantages of each algorithm are deduced. The flight trajectory was processed by the mentioned technologies. The trajectory was compared to the reference trajectory.

**Keywords:** GNSS, inertial system, combining

**Введение.** В статье приводится информация о выполнении и результатах пост-обработки непрерывных GPS-измерений (PPP) совместно с данными измерений инерциального блока (ИНС) с использованием жестко связанных фильтров в условиях аэросъемки.

Основанная на использовании данных точных орбит и уходов часов спутников GPS-технология PPP прошла путь от исследовательского алгоритма до практического способа обработки спутниковых измерений. Главным преимуществом обработки GPS-измерений по технологии PPP является достижение дециметрового уровня точности практически повсеместно без использования базовых станций. Основной недостаток технологии PPP обуславливается тем фактом, что решение сходится медленно по сравнению с обычным дифференциальным режимом. Это может быть серьезной проблемой для аэросъемочных приложений со скачкообразными срывами слежения за навигационными спутниками или плохой геометрией спутников во время поворотов [1]. Действительно, один из основных проблемных моментов в аэрофотосъемке с применением ГНСС-технологий состоит в необходимости поддерживать небольшие углы крена во время поворотов, обычно менее чем 30°. С жестко связанным PPP/ИНС фильтром результаты могут значительно улучшиться во время

плохой геометрии спутников или после потери слежения. В данном исследовании обработка по жестко связанным PPP/ИНС фильтру была осуществлена в пакете программного обеспечения Waypoint Inertial Explorer 8.30.

С применением данной методологии был исследован набор данных, полученный при аэросъемке. Крены в 45 и 70° были достигнуты на каждом повороте при измерениях путем удаления (в программном обеспечении) спутников с низким возвышением во время поворотов. Затем результаты сравнивались с опорной траекторией и исследовалось ухудшение координат и их точности. В отличие от традиционной дифференциальной обработки ГНСС-технология PPP не требует наличия базовых станций. Здесь точная информация по спутниковым эфемеридам и уходам часов используется наряду с поправками для таких эффектов, как земные приливы и отливы, эффект wind-up для фазовых спутниковых измерений, тропосферная и ионосферная задержка, смещения антенны спутника [2]. После завершения процесса сходимости фильтра точность может достигать дециметрового или субдециметрового уровня без дорогостоящей и сложной процедуры установки локальных базовых станций или ухудшения решения из-за большого расстояния между базовой и подвижной станцией. Waypoint Products Group имеет богатый опыт

в высокоточном позиционировании и разработанная ими технология PPP в данный момент используется в производственной работе при аэросъемке и морских измерениях [1].

Недостатком технологии PPP является время сходимости фильтра. Для измерений протяженностью четыре часа или более данная проблема в значительной степени преодолевается, когда траектории «прямо» и «обратно» комбинируются с использованием инверсной дисперсной системы весов. Однако для измерений продолжительностью менее четырех часов система весов траектории «прямо» и «обратно» не всегда способна решить данную проблему. Чтобы уменьшить ее, была разработана многоходовая обработка, которая показала значительное улучшение для наборов данных, протяженность которых не соответствовала времени для хорошей сходимости [1]. Будут рассмотрены реализация и результаты многоходовой обработки для жесткосвязанного PPP/ИНС фильтра. В добавление к эффекту улучшения сходимости жесткосвязанный многоходовой подход также может повысить надежность процесса выставки ИНС. Технология PPP отлично работает в условиях, где обеспечивается полная видимость спутников с крайне редкими срывами слежения. Однако в случае потери слежения величины неопределенности фазы несущей должны быть разрешены заново, и точное решение будет возможно с неоднозначностью, заново прошедшей процесс сходимости. По причине долгого времени сходимости и потенциального многократного перезапуска процесса сходимости, технология PPP не рекомендована для кинематических наземных измерений, если только они не проводятся при условии полностью открытого неба.

Проблемы сходимости решения являются наиболее очевидными в свободносвязанной PPP/ИНС обработке, когда решение по PPP вычисляется первым, используя только GPS-данные, и затем комбинируется с данными инерциального блока во второй обработке. Этот метод не позволяет использовать данные ИНС в качестве вспомогательных при вычислении решения по PPP. Кроме того, когда видны менее чем пять спутников, решение по PPP невозможно, и решение по инерциальным данным будет обрабатываться в свободно-инерциальном режиме без обновлений по GPS-координатам и скорости и ограничено дрейфом

датчиков инерциальной системы.

В жесткосвязанном PPP/ИНС фильтре инерциальные и GPS-данные обрабатываются вместе для вычисления решения. Когда количество спутников падает ниже минимально необходимого для вычисления решения по PPP, данные измерений могут все еще использоваться в инерциальном фильтре, чтобы обеспечить точное ограничение дрейфа ИНС. Когда спутники захвачены снова, данные измерений инерциального блока могут оказать положительное влияние на повторную инициализацию вычислительного процесса решения PPP. Несмотря на то, что жесткосвязанные PPP и ИНС-данные не обязательно будут обеспечивать оптимальную обработку PPP в городских или других сложных условиях для приема навигационных сигналов. Это может помочь преодолеть периоды, когда количество спутников падает ниже пяти или когда встречаются короткие, но полные срывы слежения. Это возможно при аэросъемке в случаях, когда повороты с большим креном могут затруднить прием спутниковых сигналов.

**Описание технологии PPP.** Основные уравнения измерений, используемые в технологии PPP, составлены с учетом комбинации двухчастотных кодовых и фазовых GPS-измерений, свободной от влияния ионосферы. С данной комбинацией влияние ионосферы уменьшается за счет увеличения шума сигнала от комбинирования измерений. Также нужно отметить, что неопределенности фазы несущей не являются целочисленными величинами.

В отличие от ионосферы тропосфера не является дисперсной средой для радиоволн. Это означает, что влияние тропосферы не может быть учтено комбинированием сигналов с разными частотами [2]. Однако т. к. технология PPP не производит дифференциальной обработки сигналов, то она производит стохастическое измерение тропосферной задержки в зените. Способность технологии PPP измерять тропосферную задержку является одной из особенностей, которые делают ее прекрасно подходящей для обработки измерений при аэросъемке по сравнению с традиционной дифференциальной обработкой, где базовый и подвижный приемники могут иметь большое вертикальное отстояние и, следовательно, тропосферные характеристики, отличающиеся на большую величину.

Технология PPP не производит обработ-

ку неоднозначностей фазы несущей как целочисленных величин, что обычно происходит при обработке дифференциальным способом. Величины неоднозначности определены как плавающие точки, что требует продолжительных фазовых измерений, чтобы решение сошлось к истинной величине. Время, необходимое для сходимости решения, зависит от качества измерения псевдодальности, количества доступных спутников и геометрического положения спутников, по которым ведется измерение. В постобработке данные могут быть обработаны в направлениях «прямо» и «обратно» [3]. Это в значительной степени устраняет проблемы сходимости при условии наличия небольшого количества срывов сигнала.

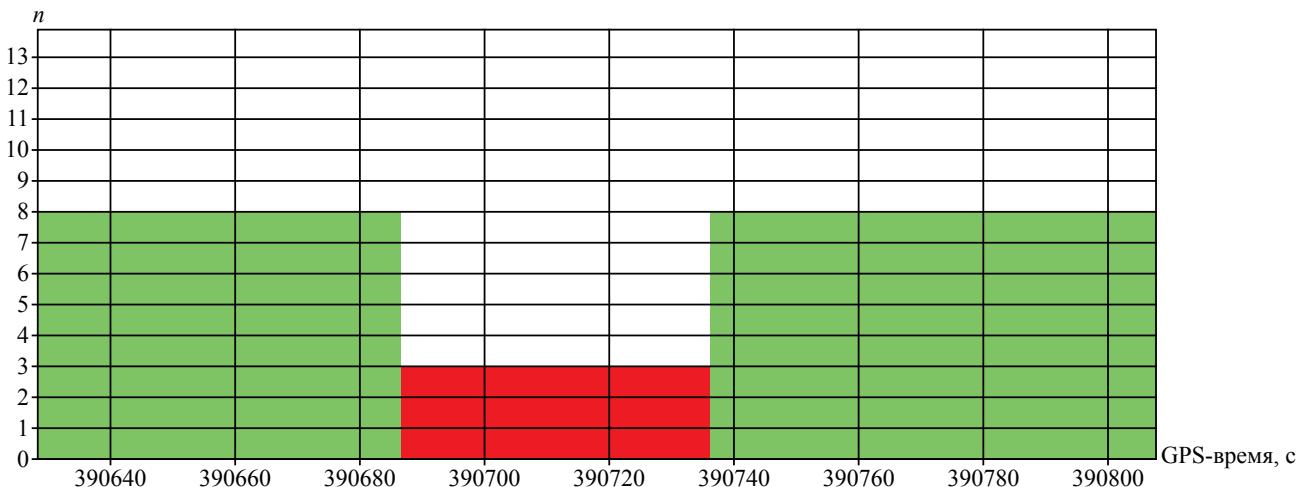
#### **Жесткосвязанное решение по PPP и ИНС.**

Автономное решение по PPP требует минимум пять измерений по навигационным спутникам для вычисления решения. Пять измерений используются для получения трех неизвестных координат, ухода часов приемника и зенитной тропосферной задержки. Если наблюдается менее чем пять спутников, то на оставшихся спутниках будет определен срыв слежения и эпоха будет пропущена без вычисления решения. Однако при применении жесткосвязанного фильтра по PPP GPS-измерения могут продолжать использоваться в вычислительном фильтре, когда доступны менее чем пять спутников [4]. Важно отметить, что когда измерения ведутся менее чем по четырем спутникам, уход часов GPS-приемника не может быть раз-

решен напрямую и должен быть введен вручную соответствующим образом. Тем не менее, фазовые измерения по оставшимся спутникам могут значительно помочь в уменьшении роста ошибки определения координат во время периодов, когда вычисление координат по PPP невозможно.

Чтобы избежать подобной ситуации при аэрокартографировании, маршруты полета проектируются с включением таких широких плоских поворотов, чтобы видимость спутников сохранялась. Это позволяет избежать случаев недопустимого ухудшения GPS/ИНС-решения во время блокировки сигнала при повороте. Однако при этом происходит значительное увеличение полетного времени. При жесткосвязанном решении оставшиеся спутники могут продолжать использоваться в общем решении и оказывать значительное влияние на уменьшение роста ошибки определения координат, появление которой вероятно во время частичных потерь сигнала. Правильное технологическое решение во время частичных потерь GPS-сигнала может быть крайне полезным для такого рода приложений. Пример поворота самолета с крутым креном в  $70^\circ$  приведен ниже.

На рис. 1 изображено количество спутников, доступных до, во время и после поворота. Во время поворота все спутники за исключением трех были удалены из фактических данных на период 60 с, и данные повторно обрабатывались с урезанной конфигурацией спутников.



**Рис. 1. Количество спутников до, во время и после поворота:**

— слишком мало; — минимально; — приемлемо; — достаточно; — избыточно

Рис. 2 иллюстрирует рост ошибки слабосвязанного фильтра по сравнению с истинной траекторией перед сглаживанием.

В случае слабосвязанного подхода решение по PPP вычисляется первым независимо от данных ИНС. GPS-данные не доступны для улучшения решения по ИНС во время частичной потери, т. к. фильтр ИНС функционирует в свободно-инерциальном режиме и, по существу, дрейф координат во время поворота принимает довольно большое значение.

Рис. 3 иллюстрирует рост ошибки жесткосвязанного фильтра по сравнению с истинной траекторией. Здесь видно, что использование только трех спутников дает очень малую ошибку во время данного поворота. Нужно

отметить, что при менее чем пяти спутниках рост ошибки зависит от геометрического расположения оставшихся спутников и качества инерциального блока. Например, если только три спутника были доступны и все они находились близко к горизонту, то был бы отмечен большой рост ошибки определения высоты.

**Многопроходная обработка.** Для наборов данных продолжительностью не более 4 ч долгое время сходимости, типичное для технологии PPP, может ухудшить общее решение. Технология многопроходности была разработана для получения улучшенного решения по траектории в подобных ситуациях. Применяя технологию многопроходности, данные обрабатываются последовательно три раза: «пря-

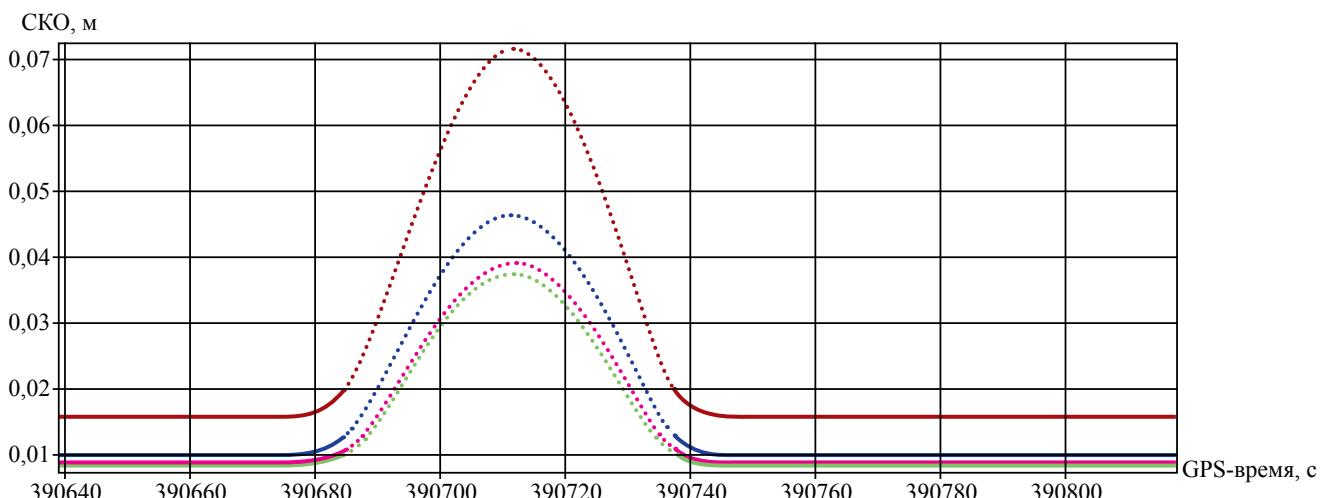


Рис. 2. Ошибка при слабосвязанном решении:

широко; — долгота; — высота; — общая

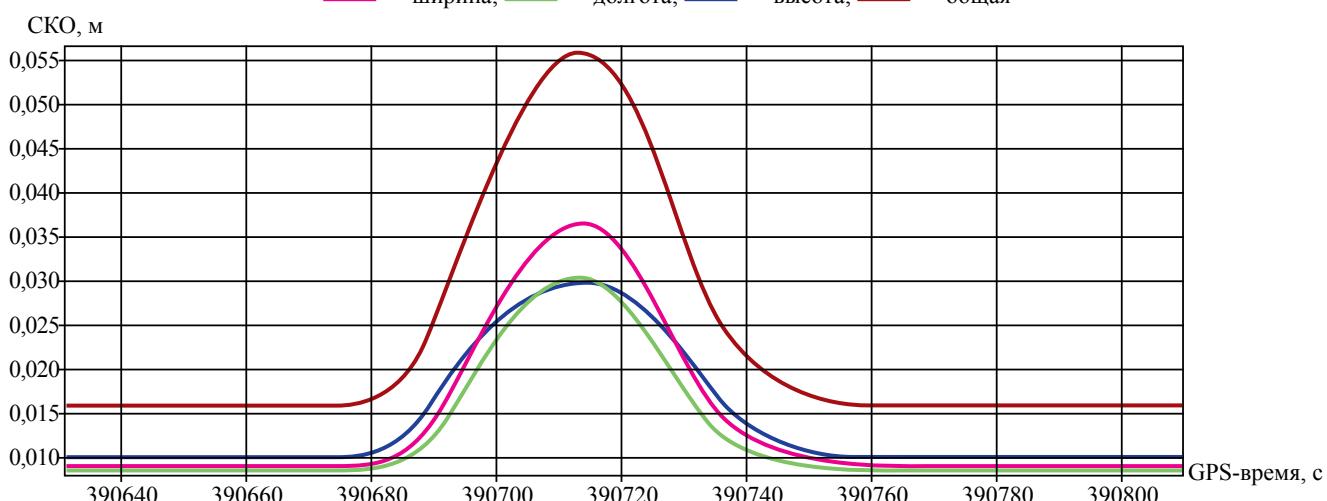


Рис. 3. Ошибка при жесткосвязанном решении:

широко; — долгота; — высота; — общая

мо», «обратно» и затем снова «прямо». После каждой обработки состояния сошедшегося фильтра Калмана (координаты, скорость, тропосферная задержка, элементы ориентирования, фазовые неоднозначности и прочее) сохраняются. Многопроходная обработка может обеспечить от 20 до 40% улучшения точности позиционирования для аэросъемки продолжительностью 4 ч или меньше [1]. Данный уровень улучшения достижим при обычном сборе данных во время полета при условии открытого неба, низкой многолучевости, хорошей геометрии спутников и минимального количества срывов слежения за GPS-спутниками. Уровень улучшения для измерений продолжительностью более 4 ч значительно меньший [3].

Ниже представлен пример многопроходной обработки. Был собран относительно короткий одночасовой набор аэросъемочных данных. Для данного тестирования неподалеку была расположена базовая станция, и была получена высококачественная дифференциальная опорная траектория с помощью программы Inertial Explorer. Погрешность данной опорной траектории определена в пределах 5 см. Первым было вычислено обычное комбинированное жесткосвязанное PPP/ИНС-решение и получена разница между данными траекториями (рис. 4). Далее была вычислена траектория движения с использованием многопроходной обработки. Данная траектория была сравнена с опорной (рис. 5).

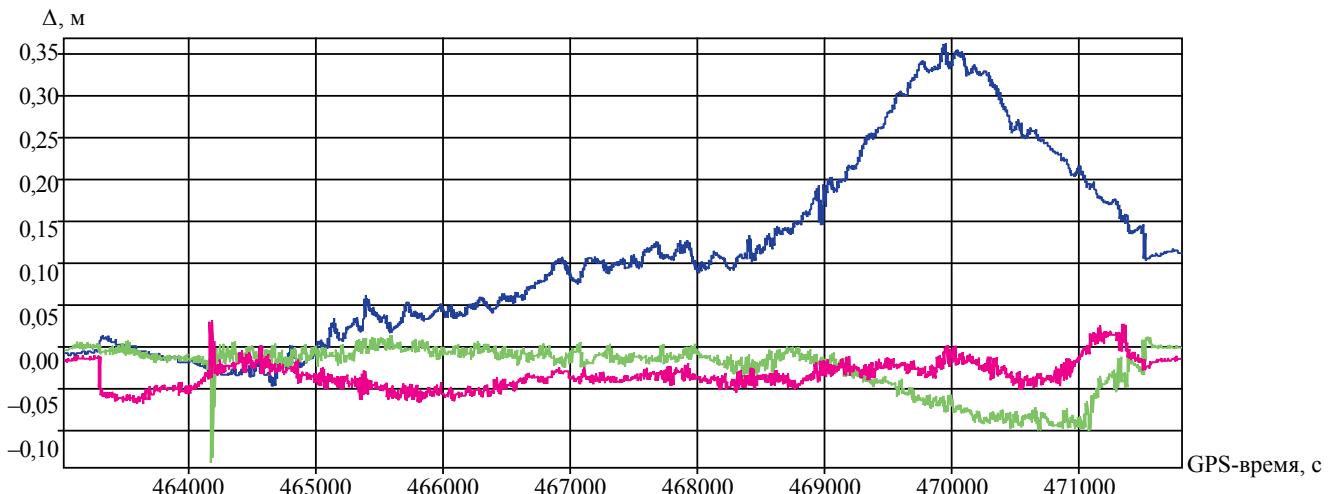


Рис. 4. Разница между комбинированным PPP/ИНС и опорным решением:  
— широта; — долгота; — высота

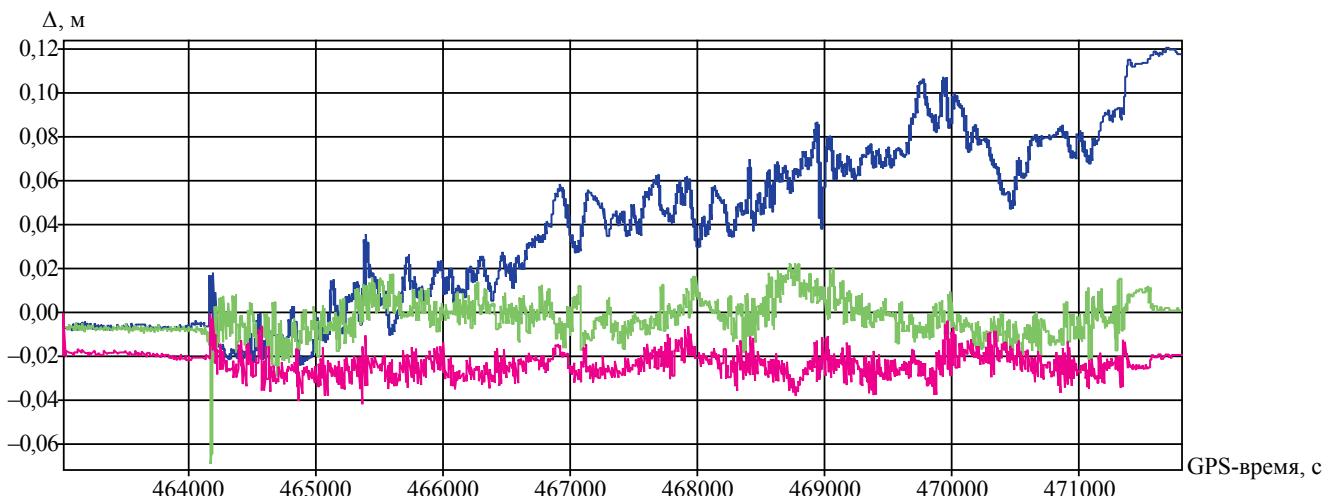


Рис. 5. Разница между многопроходным PPP/ИНС и опорным решением:  
— широта; — долгота; — высота

Многопроходная обработка оптимально подходит для наборов данных, протяженностью по крайней мере 90 мин. Наборы данных протяженностью 60 мин в некоторых случаях не обеспечивают достаточное количество измерений для полного процесса сходимости.

**Описание эксперимента.** Для тестирования жесткосвязанного PPP/ИНС-метода обработки был рассмотрен набор данных аэросъемки. Для него была создана опорная траектория (рис. 6) с использованием дифференциальной GPS/ИНС-обработки в программе *Inertial Explorer*. Здесь максимальный угол крена варьируется между 15 и 25°. Для проверки эффективности жесткосвязанного решения крен необходимо увеличить.

Для достижения этого спутники были удалены из наборов данных, чтобы искусственно увеличить крен во время поворотов. Тестились углы крена в 45 и 70°, хотя известно, что крен в 70° является преувеличением для авиационных приложений, связанных с ГНСС/ИНС-измерениями. Для обоих тестов с креном 45 и 70° было вычислено жесткосвязанное PPP/ИНС-решение, и координаты и элементы ориентирования сравнивались с опорной траекторией.

Сводка результатов сбора данных: продолжительность: 1 ч; высота полета: 3000 м; используемый инерциальный блок: iIMAR FSAS; ГНСС-приемник: NovAtel OEM-V3; начальный угол крена 25°.

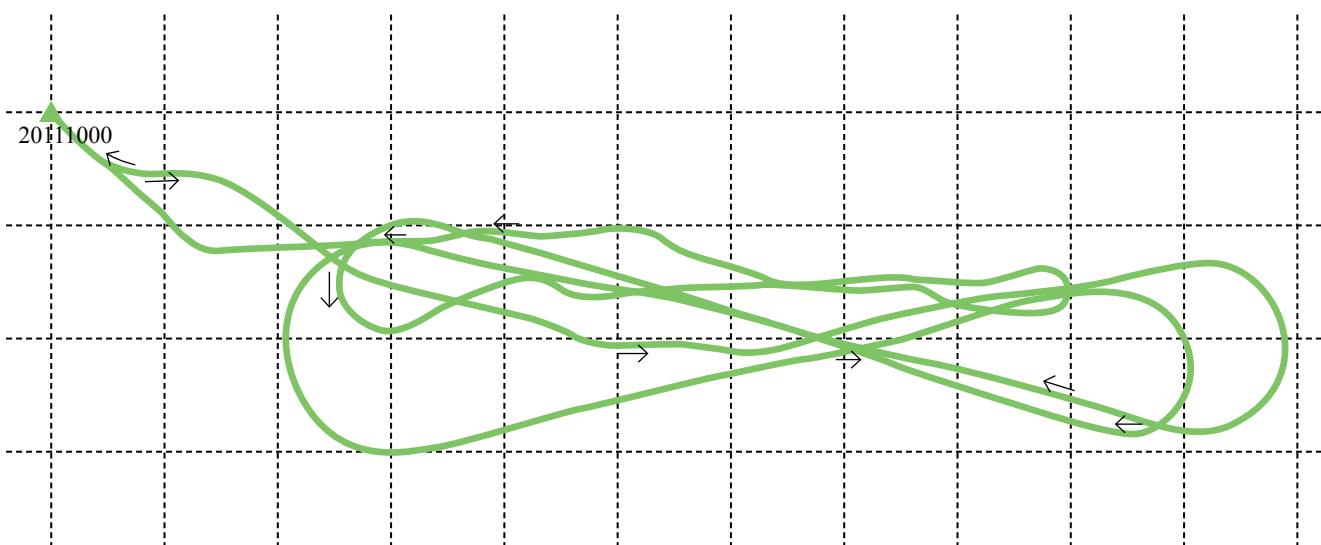


Рис. 6. Схема полета

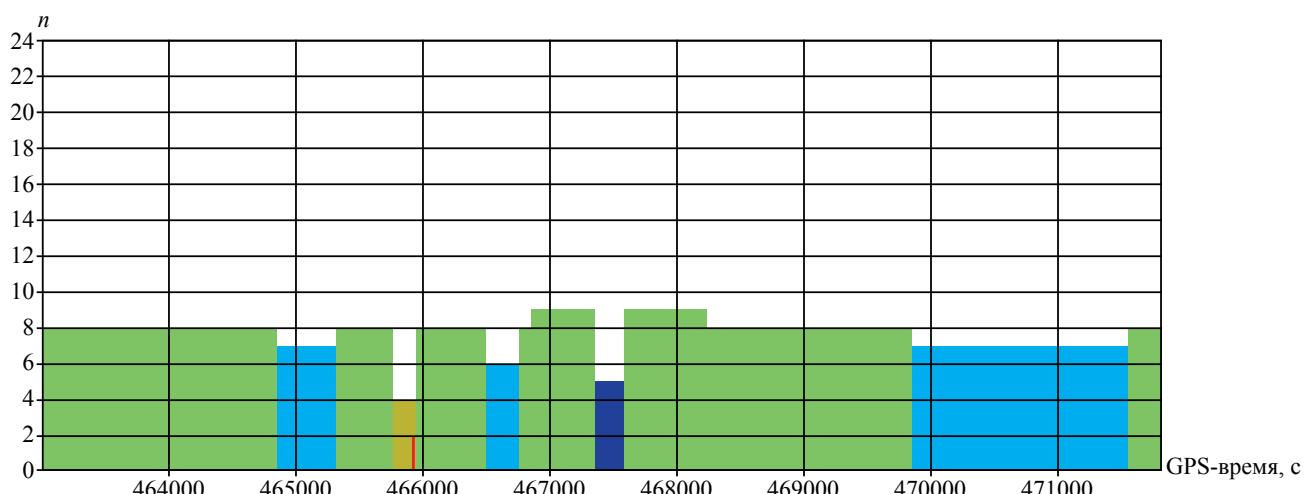


Рис. 7. Количество спутников при крене в 70°:

— слишком мало; — минимально; — приемлемо; — достаточно; — избыточно

Средняя продолжительность поворота для данного полета была приблизительно 60–90 с. Во время второго поворота количество спутников упало до четырех (рис. 7). Далее была поучена разница между жесткосвязанной траекторией по PPP с креном в  $70^\circ$  и опорной дифференциальной траекторией (рис. 8).

В данном полете ошибка позиционирования оставалась ниже 10 см для обеих модуляций: с креном в  $45^\circ$  и в  $70^\circ$ . В табл. 1 указаны значения разностей ошибок позиционирования с опорной дифференциальной траекторией для установленных значений крена в  $15^\circ$ ;  $45^\circ$  и  $70^\circ$ . Значения СКО приведены для всех случаев на протяжении всего полета, включая повороты. В табл. 2 приведены разности СКО элементов ориентирования для различных значений крена по сравнению с опорной траекторией. Колебание элементов ориентирования находится на уровне допустимого шума инерциального блока FSAS.

Т а б л и ц а 1

Разности СКО координат, м

Крен	$dE$	$dN$	$dH$
$25^\circ$	0,023	0,001	0,056
$45^\circ$	0,026	0,030	0,077
$70^\circ$	0,037	0,037	0,087

Т а б л и ц а 2

Разности СКО элементов ориентирования, угл. мин

Крен	Крен	Тангаж	Азимут
$25^\circ$	0,043	0,064	0,161
$45^\circ$	0,055	0,078	0,180
$70^\circ$	0,056	0,078	0,182

**Выходы.** В данной статье был рассмотрен фильтр Калмана для жесткосвязанного решения по PPP и ИНС, и вычислены результаты по набору данных аэросъемки. Набор данных был проанализирован с искусственными значениями кренов в  $45^\circ$  и  $70^\circ$ . В итоге было показано, что горизонтальная и вертикальная СКО координат по сравнению с опорной дифференциальной траекторией не превышает 10 см. СКО элементов ориентирования во всех случаях лежит в пределах допустимого уровня шума для данного инерциального блока. Качество решения зависит от количества спутников, по которым ведутся измерения, геометрии спутников, длины полетных линий и продолжительности набора данных. Более длинные полетные линии и более продолжительный период сбора данных лучше подходит для полета с крутыми углами наклона. Жесткосвязанный PPP/ИНС-фильтр обеспечивает улучшение по сравнению со слабосвязанным решением в пределах 5–30% после сглаживания и комбинирования траектории. Только с фильтрацией улучшения могут быть более значительными. В жесткосвязанной обработке технический процесс упрощен тем, что всю обработку можно выполнить за единственный шаг.

Вышеописанные испытания показали, что стоимость проведения аэрофотосъемки можно уменьшить, воспользовавшись технологией PPP для постобработки, позволяющей обрабатывать ГНСС-измерения без использования

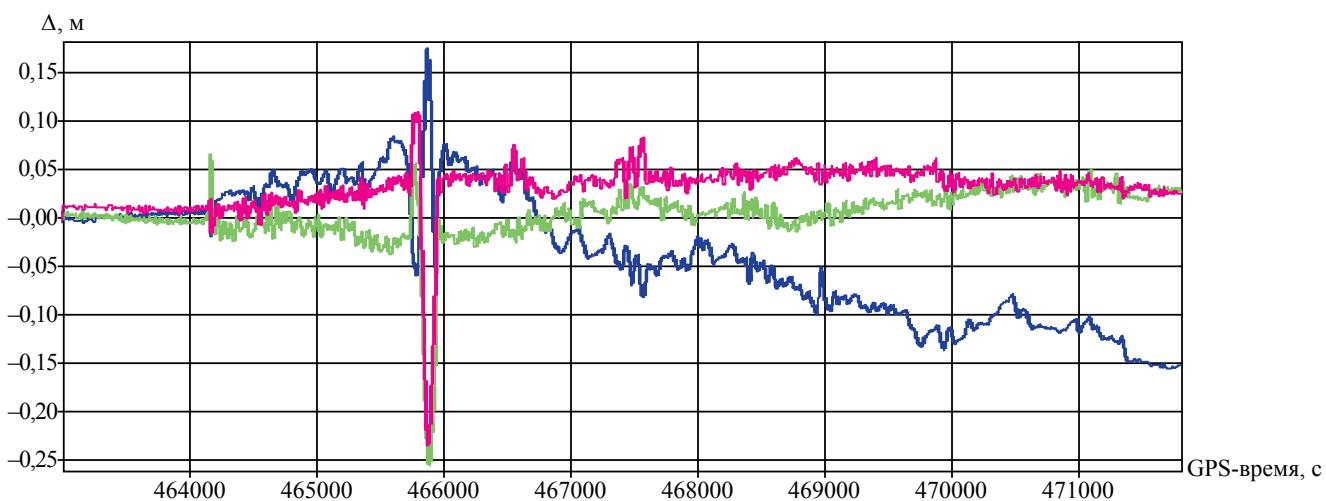


Рис. 8. Разница между жесткосвязанной траекторией по PPP с креном в  $70^\circ$  и опорной дифференциальной траекторией:

— широта; — долгота; — высота

базовых станций. Соответственно, затраты на проведение работ уменьшатся на сумму покупки и установки базовой станции (или базовых станций, что зависит от длины траектории полета). При этом получение элементов ориентирования производится с помощью бесплатного инерциального блока, производящего измерения в комплексе с ГНСС-приемником по технологии SPAN. Обработка полученных инерциальных измерений производится с использованием жестко связанных фильтров, который позволяет включить в процесс обработки те моменты, когда доступны менее пяти спутников (в этом случае решение по технологии PPP невозможно), например, во время поворотов. Благодаря этой особенности возможно

увеличить крен самолета до 50° во время поворота, тем самым сократив общее время полета, что уменьшит затраты на топливо, аренду самолета и прочее.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Greg Roesler, Hugh Martell, «Tightly Coupled Processing of Precise Point Position (PPP) and INS Data», Novatel Inc., Канада, 2008.
2. Антонович К.М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии, Т. 1, М.: ФГУП Картгеоцентр, 2005, –334 с.
3. «*GraNav / GraNet User Guide*», Waypoint Products Group, Канада, 2009, 271 pp.
4. «*Inertial Explorer User Guide*», Waypoint Products Group, Канада, 2009, 90 pp.

Поступила 20 января 2011 г.  
Рекомендована кафедрой фотограмметрии МИИГАиК

## РАЗВИТИЕ НАВИГАЦИИ В РОССИИ

Профессор, доктор техн. наук **А.Н. Живичин<sup>1</sup>**,  
профессор, доктор техн. наук **А.В. Флегонтов<sup>2</sup>**, **А.О. Воробьев<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>НИЦ 27 ЦНИИ МО РФ

<sup>2</sup>ООО «ТелеПроводник»

E-mail: zfleg@yandex.ru

**Аннотация.** Статья посвящена основным направлениям развития наземной навигации с использованием современных навигационных и телекоммуникационных средств. Рассмотрены основные подходы к построению on-board, off-board и гибридных навигационных систем. Для оперативного решения задач интеграции разнородной геопространственной информации, необходимой для решения задач навигации, предложен способ, основанный на использовании геоплатформы, представляющей собой основу объединения различных баз геоданных.

**Ключевые слова:** навигация, геопространственная информация, база геоданных, геоплатформа

**Abstract:** The article describes the main trends in development of mobile navigation software in conjunction with modern navigation and telecommunication technologies. Main trends to developing on-board, off-board and hybrid navigation systems are investigated. A method proposed to integrate different geospatial data for the purposes of navigation application on unified geoplatform, which in itself is a base for integrating different geospatial databases.

**Keywords:** navigation, geospatial data, geospatial database, geoplatform

Развитие информационных и телекоммуникационных средств привело к прогрессу многих отраслей народного хозяйства за счет внедрения передовых, инновационных технологий в сферу управления производственными процессами. Развитие спутниковой навигационной системы ГЛОНАСС дало мощный толчок развитию навигации, направленное в первую очередь на внедрение и совершенствование системы управления мобильными ресурсами.

Наземная навигация — прикладная наука о точном, надежном и безопасном вождении

разнообразных транспортных средств и подвижных (мобильных) объектов из одного пункта в другой по заданному маршруту (пути) в установленное время. Наземная навигация разрабатывает и использует методы и навигационные средства, с помощью которых определяются координаты местоположения объекта, рассчитывается оптимальная трасса пути следования, обеспечивается безопасное вождение транспортных средств и мобильных объектов, автоматически непрерывно или с некоторой периодичностью определяются скорость и направление движения объекта, что дает возмож-

ность достаточно точно прогнозировать его движение.

При этом в навигации можно выделить три основных функциональных блока: определение навигационных параметров объекта в реальном масштабе времени (координатно-временные данные и составляющие скорости и направления движения), визуализация его местоположения на карте и ориентирование пользователя на местности.

Существует несколько принципиальных подходов к структурной организации решения задач наземной навигации в современных условиях.

Первый подход (*on-board*-навигация), появившийся в 70–80-е годы прошлого века, основан был на интеграционных принципах, когда на устройстве пользователя (или на борту автомобиля) размещались все компоненты навигационной системы: вычислитель (ноутбук, PDA, устройства связи и т.д.), навигационная аппаратура пользователя (ГЛОНАСС/GPS) и картографическая основа для решения задач навигации. Если подвижное средство является объектом диспетчеризации, то на борту размещались средства цифровой связи для передачи своих параметров и получения команд с диспетчерского пункта. С расширением навигационных услуг, усложнением решаемых задач и наполнением баз геоданных ужесточались требования к аппаратным средствам пользователя. При этом разработчики технических средств пользователя постоянно идут по пути их дальнейшей миниатюризации, что неизбежно приводит к росту стоимости устройства при сохранении тех же технических характеристик. Решать в полном объеме навигационные задачи становится все сложнее: нужны более мощные процессоры, оперативная память, расширенное программное обеспечение с удобным интерфейсом и более емкие базы геоданных.

В начале 2000-х годов на рынке появился новый подход организации предоставления навигационных услуг (*off-board*-навигация). Он предполагает наличие единой геоплатформы с базой геоданных коллективного доступа, что полностью исключает загрузки какой-либо картографической основы на пользовательское устройство. При этом часть программного обеспечения, которое ранее размещалось на поль-

зовательском устройстве, также становится неотъемлемым компонентом серверной части (расчет и прокладка маршрута). Это позволило значительно снизить требования к пользовательским устройствам. При этом передача информации между пользовательским устройством и геоплатформой устанавливается на уровне беспроводных средств связи. Появление смартфонов и коммуникаторов со встроенной навигационной аппаратурой ГЛОНАСС/GPS дало определенный толчок в развитии этого подхода к решению задач навигации.

Принципиально важным моментом в реализации нового подхода является возможность автономного ведения (оперативного создания и обновления) баз геоданных без непосредственного прерывания процесса оказания услуг пользователям. Обновление баз геоданных и оказание навигационных услуг при данном подходе стали независимыми процессами, что дает возможность оперативно вносить изменения в картографическую основу по мере их получения. При этом пользователь автоматически (без его участия) будет получать эти изменения в режиме, близком к реальному времени [1].

Вторым важным моментом является наличие геоплатформы, которая позволяет интегрировать различные базы с пространственными данными и на основе этого постоянно расширять круг предоставляемых услуг. В данном случае перечень услуг является настраиваемым под конкретного пользователя. Кроме информационной интеграции геоплатформа позволяет расширять и функционал системы в целом за счет «встраивания» своего программного обеспечения (отдельные программные модули или комплексы) уже в существующую программную среду.

Не менее важным моментом является и то, что при реализации данного подхода не требуется заблаговременной загрузки картографического материала на пользовательское устройство. По сути данный подход можно охарактеризовать для пользователя, как «навигация без карт». Это очень важно. Пользователя не должен интересовать вопрос о том, где взять карты и как получить обновление к ним. Этот вопрос решается автоматически через сервер с базой геоданных, которая, как было сказано, независимо от пользователя оперативно об-

новляется. То же самое касается и пешеходной навигации [2].

При формировании запроса на пользовательском устройстве указывается только место, куда вы хотите приехать (при необходимости можно указать и точку старта, например, при отсутствии сигналов спутниковой навигационной системы). Этот запрос передается по каналам беспроводной связи на сервер, который производит обработку полученной информации, расчет оптимального маршрута (например, с учетом пробок) и отправляет его по каналам связи на пользовательское устройство. При этом на пользовательское устройство поступает не только маршрут движения, но и некий коридор вокруг данной дорожной сети, что позволяет пользователю (при необходимости) легко ориентироваться на местности.

Связь пользовательского устройства с геоплатформой и базой геоданных осуществляется посредством беспроводной связи через Интернет. В данном случае важным является то, какие объемы информации передаются по каналам связи, так как эта услуга является платной для пользователя. Поэтому требования к минимизации этих транзакций накладывает некоторые ограничения не только к формату баз геоданных, но и к моделям представления базовых объектов местности, представляющих

интерес с точки зрения решения навигационных задач. В таком виде навигация является доступной там, где есть покрытие беспроводной связи.

Интересным вариантом реализации навигации является интеграция этих двух подходов, то есть использование смешанного (гибридного) варианта реализации. В этом случае цифровая навигационно-карографическая информация на интересуемый район местности загружается полностью на пользовательское устройство, которое может работать в автономном режиме, то есть не обращаясь к серверу (*on-board*-навигация). В случае изменения рассчитанного маршрута и наличия средств беспроводной связи автоматически происходит соединение с сервером, который рассчитывает новый маршрут и загружает его на пользовательское устройство (*off-board*-навигация).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Евразийский патент № 013011 Способ обновления и использования картографических данных и пространственно-распределенная гибридная навигационная система для его реализации, ООО «ТелеПроводник», 26.02.2010.
2. Евразийский патент № 012147 Способ интерактивного навигационно-туристического средства в реальном времени и устройство для его реализации, ООО «ТелеПроводник», 28.08.2009.

Поступила 27 декабря 2011 г.

УДК 528.9

## КАРТОГРАФИЯ

### КАРТОГРАФИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

Профессор, доктор техн. наук **С.А.Сладкопевцев**, аспирант **А.А.Богданова**

*Московский государственный университет геодезии и картографии*

Тел.: 8(495) 378-48-00

**Аннотация.** Рассмотрены возможности картографических методов оценки нарушенных земель на глобальном уровне. По двум сериям карт глобального охвата выявляются потенциально уязвимые территории и области интенсивной эксплуатации земель. На основе предпосылок и текущей ситуации оцениваются возможные пути её развития.

**Ключевые слова:** картографические методы, нарушенные земли

**Abstract.** The potential of cartographic methods for global disturbed land assessment is examined. Potentially vulnerable territories and regions of intensive land resource usage are exposed on the examples of two series of maps. Possible scenarios are estimated on the base of preconditions and present situation.

**Keywords:** cartographic methods, degraded lands

Изучение нарушенных земель на глобальном уровне сегодня как никогда актуально. В последние годы международное сообщество прилагает немалые усилия по обеспечению рационального землепользования в мире, чтобы вырвать страны и целые регионы из пучин бедности, а главное, улучшить ситуацию с продовольственным обеспечением населения мира. По некоторым оценкам, число жителей нашей планеты, испытывающих нехватку продовольствия, сейчас превышает 900 млн человек. Наруженные земли же находятся в тесной взаимосвязи с текущим землепользованием: нерациональное землепользование, накладываясь на природные предпосылки, приводит к возникновению или расширению нарушенных земель, которые, в свою очередь, ограничивают возможности по использованию земельных ресурсов. Выявление стран и регионов мира, потенциально подверженных появлению нарушенных земель, уже имеющих подобные проблемы, оценка значительности нарушений и возможных путей развития ситуации, имеет большое значение при изучении планетарных закономерностей природного и социально-экономического характера, а также при планировании рационального землепользования на глобальном уровне.

Оценивать нарушенность земель можно с использованием различных источников: по результатам полевых исследований, статистическим показателям, по данным дистанционного зондирования, по картам. На глобальном уровне наибольшее применение имеют данные, охватывающие обширные территории и обладающие высокой степенью генерализации. Полевые исследования имеют локальный характер, поэтому могут носить лишь вспомогательный характер. Статистические показатели сложны в восприятии и сопоставлении, прежде всего, территориальном; данные дистанционного зондирования содержат большой объём информации, что является их и преимуществом, и недостатком: её интерпретация зачастую требует специальной подготовки, а главное, выявления исследуемых объектов, их отбора и обобщения.

Картографические материалы от этих недостатков избавлены: на них отображается территория требуемого охвата, интересующие объекты и явления соотнесены с областью, на которой они наблюдаются, отображаются с необходимой степенью генерализации, то есть информация представляется в наиболее удобном для восприятия и анализа пользователем виде. Все вышеперечисленные источники (и

картографические в том числе) используются, в свою очередь, для составления карт. Знание того, по каким источникам составлялась карта, поможет провести более качественный и объективный её анализ.

Для оценки нарушенных земель используются карты разной тематики. Это могут быть общегеографические карты, в числе прочих отображающие отдельные элементы нарушенности (например, эрозионные формы рельефа), могут быть специальные карты, показывающие имеющиеся нарушения земель, а также карты, на которых изображены отдельные факторы, являющиеся предпосылками, причинами и следствиями возникновения нарушенных земель.

Например, косвенно указывают на возможность нарушенности земель карты, показывающие интенсивность эксплуатации земельных ресурсов. Дополнительные указания на вероятность развития нарушенных земель могут дать карты плотности населения. Также важную характеристику дают карты, отображающие существующие проблемы земель. По ним можно сделать вывод о неустойчивом состоянии природной среды, являющемся предпосылкой к возникновению нарушений земель. Таким образом происходит выявление земель, потенциально подверженным нарушениям, а также земель, на которых, вследствие интенсивной эксплуатации, нарушения будут возникать с большей вероятностью, развиваться с большей скоростью и иметь более тяжёлые последствия для природной среды. Существующую ситуацию характеризуют частные карты, например, распространения разных видов эрозии, и комплексные, например, деградации земель. Совместный анализ имеющихся предпосылок и существующей ситуации позволяет предложить вероятность возникновения нарушений и оценить направления развития ситуации.

Некоторые примеры оценки нарушенных земель на глобальном уровне по картографическим материалам будут приведены ниже на основе двух групп карт. Первая — карты, составленные в последние 20 лет Национальным центром по сохранению природных ресурсов США (NRCC) и отображающие проблемы почв. Вторая — серия карт, показывающих различные аспекты глобальных проблем земле-

пользования, описанная в [1, 2]. Первая группа карт составлена при помощи способа ареалов, то есть распространение проблем показано в соответствии с их действительным распределением, вторая — способом картограмм по странам мира. Первая лучше подходит для выявления распространения и взаимосвязи проблем в мире, вторая — для характеристики ситуации в конкретных странах и регионах мира.

Комплексная характеристика качества почв мира дана на карте «Inherent Land Quality Assessment» («Оценка качества земель») [3]. Здесь почвы проранжированы в соответствии с их устойчивостью к внешним воздействиям и продуктивностью. Районы распространения почв с низкой устойчивостью к внешним воздействиям и, особенно, с высокой продуктивностью — это территории с высокой степенью уязвимости, здесь вероятность возникновения нарушенных земель особенно высока. Также к таким территориям относятся районы с высоким риском антропогенно-обусловленной водной (карта «Risk of Human Induced Water Erosion») [4] и ветровой (карта «Risk of Human Induced Wind Erosion») [5] эрозии, а также антропогенно-обусловленного опустынивания (карта «Risk of Human Induced Desertification») [6].

На карте «Основные проблемы земельных ресурсов» масштаба 1:100 000 000 («Major Land Resources Stress») [7], выпущенной в 1998 г., показаны 24 вида проблем, ухудшающих агрономические качества земель. По ней также могут быть выделены районы, потенциально подверженные появлению нарушенных земель. Особое внимание следует обратить здесь на районы распространения почв малой мощности на крутых склонах. Обобщённые ареалы распространения предпосылок, проранжированные в зависимости от их количества и степени выраженности, будут указывать на наиболее уязвимые территории, где при интенсивной и/или нерациональной эксплуатации будут развиваться нарушенные земли. Это, например, восточные районы Китая, горные районы Южной Европы, густонаселённая долина Ганга.

Характеристику ситуации по странам мира даёт вторая серия карт, отображающая глобальные проблемы землепользования. Серия со-

стоит из семи карт, показывающая некоторые аспекты структуры земельных ресурсов (карта «Доля пахотных земель в общей площади земельных ресурсов»), особенностей потенциала земельных ресурсов и использования земель (карты «Орошаемые обрабатываемые земли» и «Использование потенциальных пахотных земель»), состояния земельных ресурсов (карты «Факторы, ограничивающие плодородие земель», «Земли, не имеющие основных ограничений плодородия», «Интенсивность деградации земель») и продовольственного обеспечения населения мира (карта «Недостаток продовольствия»). Для оценки нарушенных земель применимы карты, отображающие долю площади пахотных земель, факторы-ограничители плодородия (среди которых наибольший интерес представляют факторы, характеризующие высокую вероятность развития нарушений земель: эрозионный риск и малая мощность почв) и деградацию земель. Эти карты также могут быть проанализированы с точки зрения оценки возникновения и путей развития неблагоприятной ситуации на основе имеющихся предпосылок и текущего использования.

В Китае высокая доля пахотных земель (текущее использование) при обширном распространении маломощных почв, преимущественно в горных районах (предпосылки). Как результат — распространение земель с очень сильной интенсивностью деградации на значительных площадях.

В Индии высокий эрозионный риск (предпосылки) и высокая доля пахотных земель (текущее использование) также привели к широкому распространению земель с очень сильной интенсивностью деградации. В обоих случаях на необходимость интенсивного использования имеющегося пахотного фонда для обеспечения многочисленного населения продовольствием накладывается изначальная уязвимость земель. В дальнейшем в этих странах только глубочайшая продуманность и максимальная бережность землепользования может остановить развитие неблагоприятных тенденций и улучшить текущую ситуацию.

Население Мексики менее многочисленно, однако проблемы интенсивно использующихся земель те же. Малая мощность в сочетании с

высоким риском эрозии почв Мексики определили возникновение значительных площадей нарушенных земель. Аналогичная ситуация и в других горных районах мира (Балканы, юго-восточная Азия, восточная Африка, ЮАР): уязвимость маломощных почв при их интенсивной сельскохозяйственной эксплуатации привела к возникновению обширных нарушенных земель.

Совокупность ограничивающих факторов и возможных рисков указывает, в частности, на потенциальную уязвимость земель Центральной Африки. В настоящее время интенсивность использования этих земель невелика, но если здесь в более широких масштабах будет применяться практика нерационального землепользования, высока вероятность возникновения обширных нарушенных земель.

Но даже относительно благоприятные условия не гарантируют того, что на интенсивно используемых землях не возникнут нарушения большей или меньшей площади и интенсивности. Пример того — Украина, где на более 75% земель не наблюдается ни один из факторов-ограничителей плодородия. Здесь наряду с высокой долей пахотных земель (более половины земельного фонда) значительные площади затронуты деградацией очень сильной интенсивности.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект 09-05-00396-а).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Сладкопевцев С.А. Тематическое картографирование: монография. —М.: Изд-во МИИГАиК, 2010. —13 с.
2. Богданова А.А. Картографическое обеспечение глобальных проблем земельных ресурсов. // Изв. вузов «Геодезия и аэрофотосъёмка». —2010. —№ 1. —С. 59–64.
3. *Inherent Land Quality Assessment*. —1: 100 000 000; Проекция Миллера. — Washington D.C., 1998.
4. *Risk of Human Induced Water Erosion*. —1: 100 000 000; Проекция Миллера. — Washington D.C., 1999.
5. *Risk of Human Induced Wind Erosion*. —1: 100 000 000; Проекция Миллера. — Washington D.C., 1999.
6. *Risk of Human Induced Desertification*. —1: 100 000 000; Проекция Миллера. — Washington D.C., 1999.
7. *Major Land Resources Stress*. —1: 100 000 000; Проекция Миллера. — Washington D.C., 1998.

*Поступила 26 мая 2011 г.  
Рекомендована кафедрой географии МИИГАиК*

## ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ РАСШИРЕНИЯ ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКОЙ БАЗЫ КОСМИЧЕСКОЙ ТОПОНИМИКИ

Профессор, доктор геогр. наук **А.А. Лукашов**

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова.

E mail: smoluk@yandex.ru

**Аннотация.** В настоящее время в космической топонимике сформировался определенный набор терминов, охватывающий большую часть объектов поверхности планетных тел. Однако этот спектр нуждается в расширении благодаря успехам в дальнейшем изучении внеземного рельефа. Пристального внимания в частности заслуживают формы и комплексы форм мезорельефа. Настало время подбора терминов для дюнных полей Марса, Венеры и Титана. Заслуживают собственного термина поля ярдангов на Марсе. Явным пробелом в планетарной топонимике является отсутствие специальных терминов для ареалов сетей мерзлотных полигонов (на Марсе, как и на Земле). База терминов космической топонимики до сих пор не включает многих деталей поверхности астероидов и ядер комет. Налицо необходимость продолжения работы по совершенствованию рассматриваемой грани внеземной картографии.

**Ключевые слова:** рельеф планет, космическая топонимика, дюнные поля, ярданги, мерзлотные полигоны

**Abstract.** To date, a certain spectrum of terms was formed in the cosmic toponymy, which covers the surface of most planetary body objects. However, this spectrum needs expansion due to progress in the study of space body surfaces. The forms of mesorelief and their complexes deserve close attention. The time has come to designate in terms fix-dime fields on Mars, Venus and Titan. Fields of jardangs on Mars deserve its own term. Another gap in cosmic toponymy can be considered the absence of special terms and toponyms for networks of permafrost polygons on Mars (like on the Earth). The database of cosmic toponymy terms still does not include many details of asteroids' and comets' surfaces. It is necessary to continue the work on improvement of the extraterrestrial cartography.

**Keywords:** planetary relief; cosmic toponymy; dune fields; jardangs; networks of permafrost polygons

Первым из фундаментальных принципов «Общей концепции космической топонимики», сформулированных 26.05.2010 на 6-м заседании Комиссии РАН по космической топонимике, признано «определение круга объектов номинирования ... с выработкой и расшифровкой соответствующей терминологии».

Сложившийся спектр терминов, задействованных в космической топонимике, нуждается в расширении. Такая необходимость связана, прежде всего, с прогрессом в изучении твёрдой поверхности небесных тел — планет Земной группы, спутников планет шарообразной и неправильной формы, астероидов. До сих пор нам не известны и случаи наименования деталей рельефа поверхности кометных ядер. Лакуны в терминологическом «арсенале» бывают также следствием известной недоработанности земной терминологической базы. Как подчёркивал А.В. Багров (ИНСАН) 4.03.2010, даже структуры размером менее 0,001 поперечника планеты, но более 1 км являются топонимами, что оправдывает более пристальное внимание к формам мезорельефа и их комплексам.

Оставляя на данном этапе в стороне вопросы совершенствования смысловой нагрузки и генетических трактовок уже используемых понятий космической топонимики, остановимся на некоторых примерах геологогеоморфологических объектов, до сих пор не обеспеченных адекватными терминами [1, 2].

Наиболее назревшим действием представляется подыскание термина (терминов) для обозначения крупных ареалов аккумулятивного эолового рельефа — дюнных полей различного облика, широко распространённых на Марсе и Титане, а также выявленных на Венере.

В земной топонимике для песчаных дюнных массивов аридных и semiаридных областей [3] используются такие термины, как «эр» (Северная Африка), «кум, гум» (Средняя Азия, Дагестан), «нефуд» (Аравия), «шамо» (Китай), «пески» (Прикаспий, Сибирь). Впрочем, термин «пески» используется не только в засушливых регионах (вспомним «Рын-пески» в Прикаспии), но и в областях достаточного атмосферного увлажнения, в том числе прилежащих ареалам распространения вечной

мерзлоты. Например, в рифтовых впадинах на севере Прибайкалья и Забайкалья подвергаются активной ветровой переработке озёрно-ледниковые песчаные массивы (рис. 1).

Морфологическая нюансировка каждого из перечисленных нарицательных наименований связана с различиями местных физико-географических условий [4]. Так эргам, как правило, присущи преимущественно высокие (до 200–300 м) песчаные гряды, вытянутые в направлении пассатных ветров (Большой Восточный эрг, Эрг-Игиди, Эрг-Шеш), иногда в сочетании с ячеистым рельефом (Большой Западный эрг). В нефудах Аравии наблюдается сочетание барханных цепей и гряд, закреплённых песков, участков гамады и островных гор. Кумы демонстрируют весьма различные формы — от кучевых песков до пирамидальных дюн. В генетическом отношении дюнные комплексы Земли получают «питание» за счёт перевевания материала отмерших речных дельт (Сахара, Северный Прикаспий), речных террас (Руб-Эль-Хали, Нижний Дон), временных озёр (Байкальская рифтовая зона, Тува), морских террас и песчаных пляжей (пустыня Тихама в Аравии, Намиб). Лишь в немногих случаях источником песчаной массы служат подверженные корразии и дефляции массивы кристаллических пород и песчаников (подножия хребта Этбай на востоке Египта, Синай).

Песчаные массивы на поверхности *Марса* имеют региональное распространение в высоких широтах Северного полушария — т.н. «Северное дюнное море — sand sea, Sandmeer, mer de sable». Оно располагается на Великой Северной равнине, в полосе вокруг северной полярной шапки, причём его площадь, по оценке М.Ш. Карра (Carr M.H.), равна площади всех вместе взятых активных песчаных массивов Северной Африки. Менее значительные по размерам области эоловой аккумуляции выявлены в низких широтах. Формы марсианского песчаного рельефа представлены преимущественно полумесяцевидными барханами (рис. 2), барханными цепями и полями субпараллельно расположенных барханных цепей, сложными барханными грядами.

Планетологами подсчитано, что средние параметры марсианских дюн близки по



Рис. 1. Дюнный массив «Чарские пески» в Верхне-чарской впадине Байкальской рифтовой зоны. На заднем плане — хребет Кодар — самый высокий в Становом нагорье. Мерзлотная обстановка в днище впадины и зимний температурный режим отдалённо напоминают соответствующие характеристики марсианских ландшафтов (фото автора)

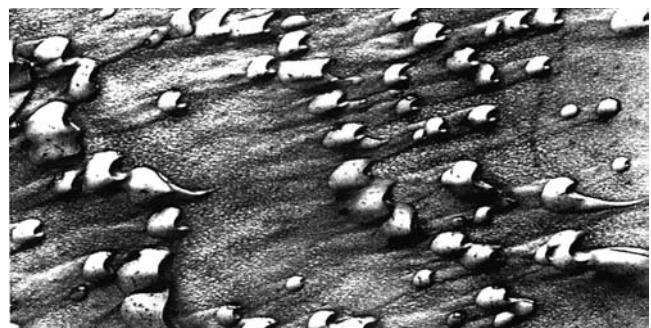


Рис. 2. Поле полумесяцевидных барханов на Марсе

размерам крупнейшим земным аналогам. Значительные площади песчаных массивов, осложнённых барханными цепями и другими формами эоловой аккумуляции, детально изучены А.Г. Марченко [5] в различных областях Марса. Такие комплексы обследованы в пределах Великой Северной равнине на долготах 38 и 50°, в районе Борозд Ахерон к северо-западу от Фарсиды, на Равнине Элизиум близ экватора под 208° з.д. и в северо-западной её части, на юге области Борозд Темпе под 34,5° с.ш. и 82° з.д., на северо-западной окраине вулканической конструкции Альба и в пределах восточного горного обрамления Бассейна Эллада. Ни в одном из перечисленных районов эоловые комплексы не получили ни нарицательных, ни, тем более, собственных наименований. Географический термин для ареальных

эоловых комплексов может быть предложен на основе латинских *ārēna* (*hārēna*), plur. *arenae*, что переводится в том числе как «песчаная пустыня», «песчаное место», «пески», «песчаная степь», «площадь, усыпанная песком».

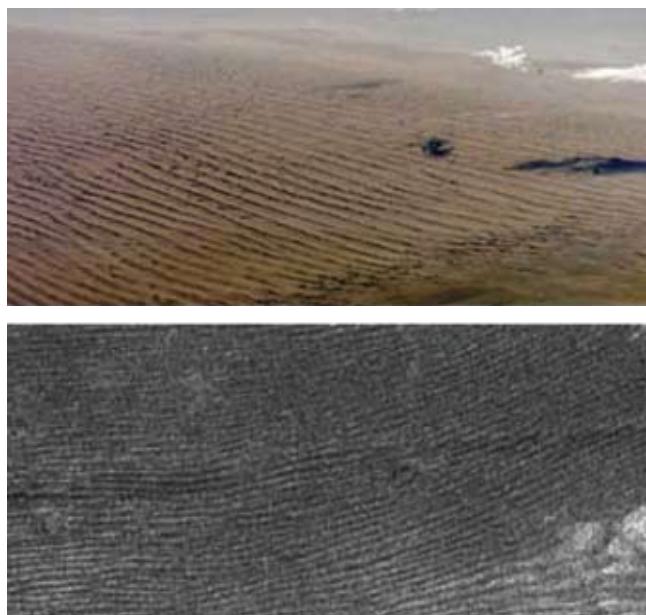
Скопления барханных цепей встречаются и во многих импактных кратерах различных областей Марса. Примером может служить четырнадцатикилометровый кратер, находящийся под  $71^{\circ}$  с.ш. и  $51^{\circ}$  з.д. Рассеянные дюнны поля в кратерах южного полушария имеют ещё более обширный ареал, чем «северное дюнное море». На Земле кратерные дюны встречаются редко; они отличаются весьма скромными размерами и низким рельефом. (Нам доводилось отмечать их лишь на невысоких потухших базальтовых вулканах северного обрамления Аденского рифта.) Хотя типологическая топонимика кратеров, казалось бы, достаточно разработана, внутрикратерный вид эоловых образований в ней до сих пор не обозначен.

Не получили пока типологического топонимического воплощения светлые и тёмные полосы длиною от сотен метров до нескольких километров, наблюдающиеся во многих районах Марса и образующиеся, вероятно, при взаимодействии ветрового потока с топогра-

фическими препятствиями. Считается, что ветровые шлейфы могут представлять собою как области аккумуляции или дефляции пылевых частиц, так и скопления небольших барханов и барханных цепей в ветровой тени выступающих положительных форм «коренного» рельефа [6].

На *Венере* эоловая аккумуляция (наряду с ветровой корразией и дефляцией) выступает в роли единственного активного фактора не только экзогенной моделировки поверхности, но и формирования её осадочного чехла. Ещё в 80-х годах XX в. Р.О. Кузьминым на низких венерианских равнинах, например, на равнине Лоухи и на северном продолжении равнины Гинервы (к западу от плато Лакшми), были выявлены системы извилистых радиоярких полос. Они отличались характерным полигональносетчатым, петельчатым и даже ажурным рисунком. Длина таких полос — от нескольких десятков до первых сотен километров, ширина — до пяти километров. Отметим, что для тропических пустынь Земли расстояние между крупными продольными эоловыми грядами типа «китовых спин» достигает 4–6 км, а максимальная длина — 700 км. Местами на радиолокационных изображениях видна структура типа дюнно-грядовых массивов. Эоловые комплексы с заметным дюнным рельефом пока что не нашли соответствующего отражения в топонимике Венеры.

С учётом данных, полученных 14.01.2005 при спуске на поверхность *Титана* зонда «Гюйгенс» (в ходе экспедиции космического аппарата «Кассини-Гюйгенс»), встаёт на повестку дня выработка терминов и для комплексов эолового рельефа крупнейшего спутника Сатурна. В атмосфере Титана, начиная с высоты 600 км над поверхностью, под внешним воздействием на молекулы доминирующего азота и в меньшей степени — метана, возникают богатые углеродом соединения. Эти соединения, порождённые ультрафиолетовой составляющей солнечного излучения и сильно заряженными частицами, ускоренными с помощью магнитного поля Сатурна, осаждаются на поверхность. Часть тяжёлых углеводородов оседает в форме зерен, составляющих «песок» огромного поля дюн на Титане (рис. 3).



**Рис. 3. Дюнны поля из частиц твёрдых углеводородов в субаэральных дельтах временных «водотоков» («метанотоков») на Титане (телеизображения переданы аппаратом «Гюйгенс»)**

Метан ( $\text{CH}_4$ ), являющийся субдоминантой состава атмосферы, может находиться на Титане в жидким и твёрдом состояниях. Температура его плавления (затвердевания) составляет  $-182,5^{\circ}\text{C}$ , а температура кипения (сжижения) —  $-161,6^{\circ}\text{C}$ . Конденсирующийся метан вместо воды образует облака, реки и озера на Титане. Дождь из капель, которые, по мнению члена команды «Кассини» РАДАР доктора Ральфа Лоренца, в два раза больше капель земных дождей, идёт, возможно, лишь раз в несколько десятилетий. (Каждый сезон на Титане длится приблизительно 7,5 лет; таким образом годовой цикл длится приблизительно 30 лет). В течение многолетних «засушливых» периодов поверхностные образования при температуре  $-179^{\circ}\text{C}$  подвергаются выветриванию, подготовливающему реголит к сносе и транзиту.

Из-за низкой гравитации на Титане и высокой плотности его атмосферы, в четыре раза превосходящей плотность земной атмосферы, капли метана должны падать медленнее, снижаясь, как снежинки. Тем не менее, обильные длительные осадки «очищают» возвышенные местности — такие, как горный район Ксанаду, и сносят углеводородные зерна вниз по уклонам. В субаэральных дельтах временных потоков наносы собираются в большие (длиною в сотни километров) области дюн высотою до 330 м. Ветры формируют крупные скопления тёмных, богатых углеводородом дюн, опоясывающие приэкваториальные и низкие широты спутника. Специалисты отмечают, что дюны, если не обращать внимания на альбедные характеристики, внешне сходны с теми, которые можно наблюдать в северной части пустыни Намиб (хотя там они обычно имеют высоту 30–40 м). Так же, как на Марсе и на Венере, «пески» Титана пока не получили терминологического «обеспечения».

Наряду с аккумулятивными эоловыми комплексами, возможно, заслуживают собственного термина и такие образования, как выявленные в некоторых районах **Марса** полосовидные поля **ярдангов** (jardang, yardang, Schleifgrat). В земных условиях под этим тюркским словом (*обрыв, обрывистый бугор, крутая грязда*) понимаются комплексы аридного коррозионного микрорельефа, включающие

прямолинейные коридоры выдувания и такие же по величине и форме разделяющие их останцовые, нередко заострённые гряды [3, 7]. Вытянутые в направлении господствующих сильных ветров они приурочены к площадям распространения молодых, но уплотнённых мелкообломочных супесчаных, суглинистых, глинистых и карбонатных отложений озёрного, реже — аллювиального происхождения (обсохшие незасолёные плоскади бывшего дна Лобнора в Центральной Азии, озера Чад в одноименной республике).

Марсианские полосовидные скопления ярдангов (рис. 4) достигают в длину 50 км (земные — не более 10), в ширину — 1 км, в высоту — 30 м (на Земле, в исключительных случаях — до 12 м). Примером может служить поле субширотно ориентированных ярдангов на равнине Элизий общей протяжённостью свыше 23 км с координатами  $2^{\circ}$  ю.ш.,  $210^{\circ}$  з.д.. Г.Н. Каттерфельд одним из первых предложил включать ярданги в систему значковых условных обозначений мелкомасштабных карт Марса. Однако их пространственные совокупности заслуживают и собственного понятия (оно, кстати, отсутствует и на земных картах).

Существенным пробелом в топонимике планет является отсутствие как собирательных терминов, так и собственных наименований для сомкнутых ареалов распространения *сетей*



Рис. 4. Поле ярдангов на поверхности Марса (телеизображение передано аппаратом «Викинг»)



Рис. 5. Сети мерзлотных полигонов на берегу Байда-рацкой губы, Ямал (фото Е. Гаранкиной)

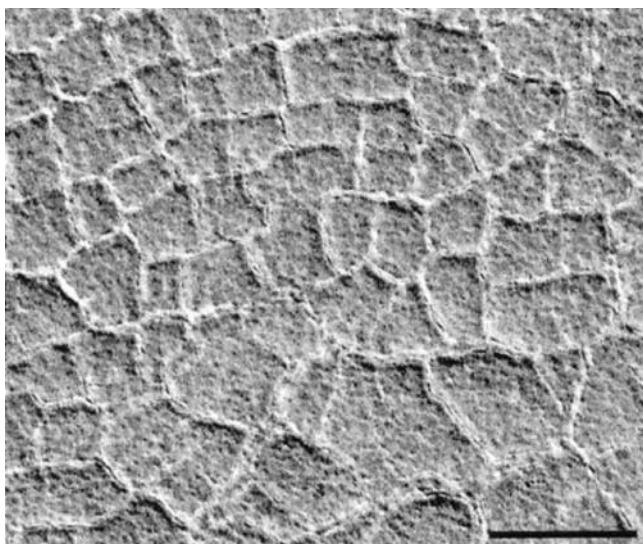


Рис. 6. Полигональные сети на поверхности одной из высокоширотных равнин Марса (изображение получено с помощью аппарата Mars Global Surveyor)

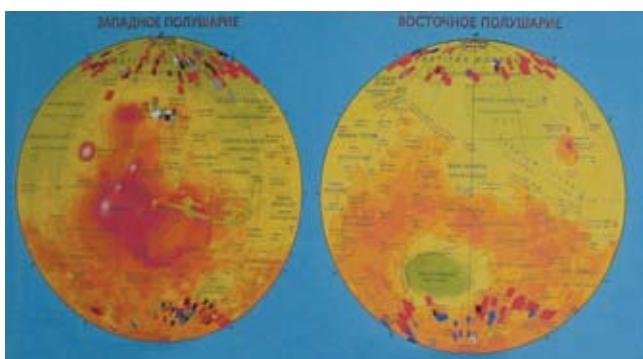


Рис. 7. Распространение полигонального рельефа на Марсе (по В.С. Исаеву и Р.О. Кузьмину)

мерзлотных полигонов. Такие образования распространены в высоких широтах и отчасти — в высокогорье Земли и Марса. Формированию полигональных структурных грунтов способствует интенсивная морозная деятельность. Они характерны для горизонтальных и слабонаклонных поверхностей, несущих рыхлый чехол различного генезиса.

На Земле полигональные сети покрывают прежде всего обширные пространства тундровых субарктических низменностей, в частности на Ямале (рис. 5), Тазовском полуострове, Новой Земле, на северо-востоке России, на севере Аляски и Канады [8].

Ограниченные по площади ареалы полигональных образований встречаются на высоких платообразных поверхностях районов распространения вечной мерзлоты и в антарктических оазисах. Именно последний вид полигонов близок по основным признакам к полигонам *Марса*.

Типологический спектр тундровых полигонов Земли охватывает многообразные ансамбли валиковых, безваликовых, выпуклых, вогнутых и т.п. криогенных ячеек, так или иначе связанных с развитием полигонально-жильных льдов. В отличие от субарктических комплексов, полигональные сети высокой Арктики и антарктических оазисов (на приокеанической периферии Земли Виктории, Земли Королевы Мод и др.) практически не содержат «чистых» ледяных клиньев. Морозобойный процесс сопровождается — в условиях малой мощности деятельного слоя и общей сухости приповерхностной атмосферы и грунта — процессом сублимации льда на фоне заполнения трещин золовым мелкозёмом.

Полигональные сети Марса рассредоточены — по подсчётам Р.О. Кузьмина, И.А. Комарова и В.С. Исаева [9], в 420-ти участках поверхности планеты севернее параллели  $40^{\circ}N$  и южнее параллели  $55^{\circ}S$  (рис. 6, 7).

Предположительно выполненные песчаноледяными жилами трещины морозобойных полигонов создают специфическую морфологическую основу крупных по площади высокоширотных ландшафтов. В качестве примеров укажем: 1) участок Северной равнины с координатами  $65,53^{\circ}$  с.ш. и  $312,144^{\circ}$  з.д., где пяти- и

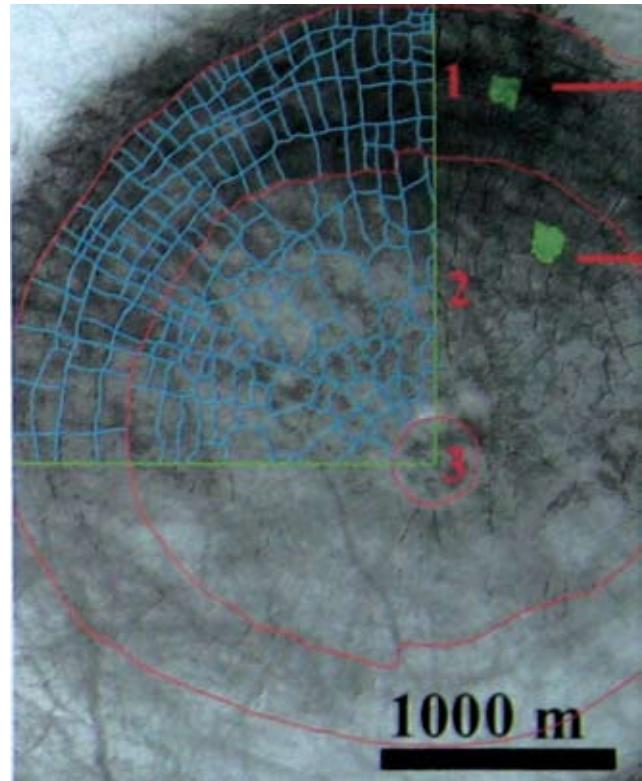
шестиугольные полигоны отличаются валиковым обрамлением трещин (в земных условиях — индикатор развивающейся сети); 2) участок равнины Утопия под  $43,5^{\circ}$  с.ш. и  $269,3^{\circ}$  з.д. с канавообразными понижениями по границам ортогональных полигонов (индикатор деградации). Регулярные полигональные сети выпуклых мелкоразмерных полигонов, характеризующихся гексагональным рисунком пересечения трещин, наблюдаются, например, на участке с координатами  $62,94^{\circ}$  ю.ш. и  $281,53^{\circ}$  з.д. [9]. Примеры можно продолжать. Ни один из ареалов распространения полигональных сетей не отражён в топонимике. Отсутствует в топонимике также весьма распространённый на Марсе тип импактных кратеров, вмещающих на своих днищах полигональные формы, как, например, плоскодонный четырёхкилометровый кратер под  $62,94^{\circ}$  ю.ш. и  $281,53^{\circ}$  з.д. (рис. 8).

Таким образом, приведенные материалы показывают, что налицо необходимость расширения терминологической базы космической топонимики. Лакуны в этой базе не ограничиваются отмеченными моментами. Не детализируя сюжеты, можно упомянуть отсутствие «топонимической аранжировки» деталей поверхности малых небесных тел, например, «пыльных луж» на астероидах (возможный латинский вариант — *stagnum pulvēreus*), микрократеров истечения «jet-ов» на ядрах комет и т.д. Работы в данном направлении следует продолжать.

Работа выполнена по Программе Гранта № 10-05-00517.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Лукашов А.А. Рельеф планетных тел. М.: Изд. МГУ. 1966. 111 с.
2. Савиных В.П., Смирнов Л.Е., Шингарева К.Б. География внеземных территорий. М.: Дрофа, 2009. —253 с.
3. Тимофеев Д.А. Терминология аридного и эолового рельефообразования. М.: Наука, 1980. —164 с.
4. Четырехъязычный энциклопедический словарь терминов по физической географии / Составитель И.С. Щукин. М.: Советская энциклопедия, 1980. —703 с.



**Рис. 8. Сети полигонов морозобойного растрескивания внутри импактного кратера (снимок MOC R1/04544. Интерпретация О.Н. Абраменко)**

5. Марченко А.Г. Сравнительный анализ эолового и флювиального морфолитогенеза на Марсе и Земле: Канд. диссертация. М.: 1999.

6. Ксанфомалити Л.В. Рельеф планет. М.: Наука. Физматлит, 1997. —256 с.

7. Чичагов В.П. Аридная геоморфология. Платформенные антропогенные равнины. М.: Научный мир, 2010. —520 с.

8. Мудров Ю.В. Мерзлотные явления в криолитозоне равнин и гор. Основные понятия и определения. М.: Научный мир. 2007. —312 с.

9. Исаев В.С. Сравнительный анализ мерзлотных условий и проявлений процесса морозобойного растрескивания на высоких широтах Земли и Марса. Канд. диссертация. М.: 2005.

10. Абраменко О.Н. Сравнительный анализ мерзлотных условий Антарктиды и полярных областей Марса. Канд. диссертация. М.: 2010.

*Поступила 28 октября 2010 г.  
Рекомендована кафедрой экономики  
и предпринимательства МИИГАиК*

## ИО — ОСОБЕННОСТИ РЕЛЬЕФА И ЕГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ

Аспирант И.Ю. Голодникова

Московский государственный университет геодезии и картографии

E-mail: nika\_saige@mail.ru

**Аннотация.** Ио является одним из четырех спутников Юпитера, открытых Галилео Галилеем в 1610 г. Действующий вулканизм на Ио — одно из самых больших открытых космической эпохи. Обычно при картографировании планетных тел используются сделанные с перекрытием стереопары изображений; однако при съемке Ио с пролетной траектории последовательность изображений строилась в расчете на максимальное покрытие, в результате чего перекрытие изображений (а следовательно, и область стереоизображений) оказалось небольшим. Рельеф Ио в основном равнинный, по цвету поверхностного материала выделяют три основных типа равнин: оранжевые, белые и коричневые.

**Ключевые слова:** Ио, рельеф, особенности картографирования

**Abstract.** Io is one of the four Jupiter's satellites, discovered by Galileo in 1610. In connection with active volcanism Io can be classified as one of the most unusual bodies of the Planetary system. Mapping the satellite requires some features to be taken into account. As a rule, when mapping planetary bodies, stereopairs are used, but there are not many stereopairs for Io. The relief is generally flat. By the color of the soil, three main types of flats are distinguished: orange, white, and brown ones.

**Keywords:** Io, relief, features of mapping

Ио является одним из четырех спутников Юпитера, открытых Галилео Галилеем в 1610 г. Он — третий по величине и самый внутренний из системы галилеевых спутников, которая характеризуется компланарностью орбит (расположение орбит в плоскости экватора планеты) и почти круговой их формой. Действующий вулканизм на Ио — одно из самых больших открытых космической эпохи.

Ио — весьма яркое небесное тело: его поверхность отражает в среднем около 60% падающего на него света [1]. Благодаря этому, Ио

имеет наиболее яркую окраску из всех галилеевых спутников. Температура поверхности Ио в экваториальной области днем в среднем около  $-50^{\circ}\text{C}$ . Атмосфера практически отсутствует. Его форма — почти сфера, размеры — немного больше Луны (радиус 1819 км). Юпитер своим мощным тяготением создал два приливных горба на поверхности Ио, которые затормозили вращение спутника таким образом, что Ио всегда обращен к Юпитеру одной и той же стороной. Период обращения спутника вокруг планеты - 1,769 суток - в точности совпадает с периодом вращения Ио вокруг своей оси (как и Луна, Ио имеет Юпитерово и обратное полушарие). Тело спутника имеет различную окраску (рис.1).

**Особенности изучения.** Съемка небесного тела Солнечной системы с пролетного космического аппарата неизбежно ведется при освещении его Солнцем под различными углами и с различных расстояний [2]. Такие условия съемки приводят к тому, что изображения получаются при сильно варьирующих геометрических соотношениях, значениях альбедо поверхности и разрешения.

Сближение «Вояджера-1» со спутником Юпитера Ио привело к открытию уникальных особенностей планетного тела, морфология поверхности которого, цвет и состав поверхностного слоя определяются почти исключительно вулканизмом. Извержения расплавленной лавы и выбросы сернистого газа связаны с при-

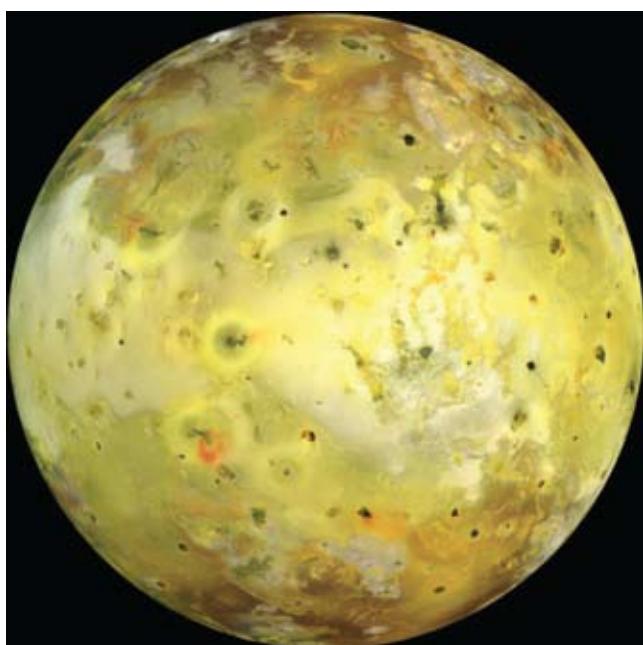


Рис. 1. Общий вид Ио. Натуральные цвета

ливным разогревом, а возможно, и с другими механизмами.

Геологическое картографирование и менее строгое картографирование типов местности — эффективные методы, позволяющие интерпретировать общее пространственное распределение поверхностных комплексов и тектонических структур на планете или спутнике — по данным съемки с космического аппарата. Однако картографировать Ио пришлось без использования двух методов, оказавшихся особенно эффективными при составлении карт Луны, Меркурия и Марса. На перечисленных планетных телах число импактных кратеров, покрывавших данную местность, служило для установления общих стратиграфических и иногда возрастных соотношений с другими местностями. На Ио сплошные покровы вулканических отложений перекрыли почти все ударные кратеры. Обычно при картографировании планетных тел используются сделанные с перекрытием стереопары изображений; однако при съемке Ио с пролетной траектории последовательность изображений строилась в расчете на максимальное покрытие, в результате чего перекрытие изображений (а следовательно, и область стереоизображений) оказалось небольшим. Таким образом, видимые стратиграфические соотношения между поверхностными комплексами в процессе первоначального геологического картографирования определялись в основном при фотогеологическом анализе без использования стереомодели. Цвет и альbedo поверхности, а также разломы, линеаменты и денудационные уступы, помогали установить местные стратиграфические соотношения.

**Геолого-геоморфологическое описание.** Рельеф Ио в основном равнинный. По цвету поверхности материала выделяют три основных типа равнин: оранжевые, белые и коричневые. Очевидно, это является результатом присутствия на поверхности различных аллотропных форм серы. Оранжевые и белые равнинны приурочены к приэкваториальному поясу (до 20–40° к северу и югу от экватора). Материал, слагающий оранжевые равнинны, содержит серу и ее соединения, придающие поверхности Ио яркую окраску. Белые равнинны распространены на меньшей площади — в ви-

де пятен посреди оранжевых равнин, преимущественно в пределах обратного (обращенного от Юпитера) полушария Ио. По-видимому, они приурочены к пониженным участкам поверхности. Белый материал, скорее всего, представляет собой иней  $\text{SO}_2$ . Коричневые равнинны распространены севернее и южнее широт 30–40°. Как в экваториальной, так и в полярных областях имеются небольшие участки, покрытые темнокоричневым или черным материалом. Такие участки приурочены к вулканическим кратерам.

Геолого-геоморфологические комплексы Ио включают следующие группы, которые можно видеть на снимках «Вояджеров»: равнинны, горные сооружения, отложения жерл, а также линеаменты. Здесь выделяется три основных комплекса: межкратерных равнин, слоистых равнин и эродированных слоистых равнин. Поверхности слоистых равнин на Ио явно преобладают.

*Комплекс слоистых равнин* характеризуется наличием обширных слаженных плоских поверхностей, ограниченных уступами высотой от 150 до 1700 м; широко распространены здесь грабены, которые либо протягиваются параллельно уступам, либо секут их.

*Комплекс межкратерных равнин.* Для равнин этого комплекса характерны слаженные поверхности со слабо меняющимся в региональном масштабе альбедо промежуточной величины. Преобладают красновато-оранжевые, оранжевые, желтые и оранжево-бурые оттенки. На переданных «Вояджером-1» изображениях с более высоким разрешением видно, что в пределах занятой данным комплексом площади много уступов высотой от менее 10 до 100 м, форма которых в плане меняется от прямолинейной до извилистой.

*Комплекс эродированных слоистых равнин* представлен изолированными останцами из материала слоистых равнин. Эрозионные процессы, разрушившие эти равнинны, очевидно, протекали только в пределах верхних слоев литосферы и обусловлены потерей летучих компонентов.

Равнинны почти лишены ударных кратеров размером свыше 2 км, но осложнены более чем сотней спорадически разбросанных вулканических кратеров диаметром более 25 км.

Поверхностные рыхлые образования на Ио, вероятно, представляют собой светлые пеплы серного и сернистого состава, поступающие из недр через жерла целого ряда действующих вулканов [3]. Концентрация вулканических жерл несколько повышена в пределах экваториального пояса, но в целом вулканические жерла относительно равномерно распределены по поверхности Ио [2].

На Земле в географическом распределении вулканов намечается определенная закономерность, связанная с новейшей историей развития земной коры [4]. На материках вулканы располагаются главным образом в их краевых частях, на побережьях океанов и морей, в пределах молодых тектонически подвижных горных сооружений. Особенно широко развиты вулканы в активных переходных зонах от материков к океанам — в пределах островных дуг, граничащих с глубоководными желобами. В океанах многие вулканы приурочены к срединно-океаническим подводным хребтам, вершины которых местами образуют вулканические острова, и к глубоким разломам, параллельным к хребтам. Таким образом, основной закономерностью расположения современных вулканов является их приуроченность только к

подвижным зонам земной коры. Расположение вулканов в пределах этих зон тесным образом связано с глубинными разломами, достигающими мантии. Слабый структурный контроль вулканических жерл на Ио может отражать аномальные тепловые условия в приповерхностном слое, что связано с высокой степенью плавления недр.

По степени тектонической переработки, морфологии и стратиграфическим соотношениям с окружающей поверхностью изолированные возвышенности, сложенные породами горных сооружений, считаются выходами древнейших геологических комплексов, достигающих перепадов высот  $\geq 9 \pm 1$  км. Древние породы, видимо, встречаются как в экваториальных, так и в южных полярных районах. Вероятно, горные массивы сложены главным образом силикатными вулканическими породами, что и обусловило сохранность рельефа с большими перепадами высот (рис.2). В пределах горных массивов распространены кратеры с центральной лункой и с крутыми внутренними склонами, что указывает на генетическую связь горных сооружений с вулканическими жерлами.

Слагающие горные сооружения породы явились характеризуют вулканизм, активный лишь в прошлом, о чем можно судить по изолированным останцам и эродированным участкам, поверхность которых несет следы тектонических нарушений. Источником пород горных сооружений, скорее всего, является щитовой вулканизм на силикатной коре в тех местах, где она выходит на поверхность из-под обогащенного серой верхнего слоя Ио. Мощные потоки трещинных излияний и аномально мощные лопастные уступы, встречающиеся вместе с обнажениями пород горных сооружений, свидетельствуют об излиянии на поверхность жидких масс уникально высокой вязкости, которую можно связывать либо с серой, извергавшейся при температурах в интервале между 433 и 463К, либо — что менее вероятно — с силикатными материалами, сильно обогащенными кремнеземом.

Вулканические постройки Ио напоминают земные аппараты центрального типа. Их трудно назвать вулканическими горами, ибо при громадных поперечниках — иногда до нескольких



Рис. 2. Горы Тохиля ( $28^{\circ}$  ю.ш.,  $161^{\circ}$  з.д.).  
Высота 4,5 км

сот километров — высота эруптивных центров измеряется, как правило, лишь сотнями метров (рис.3).

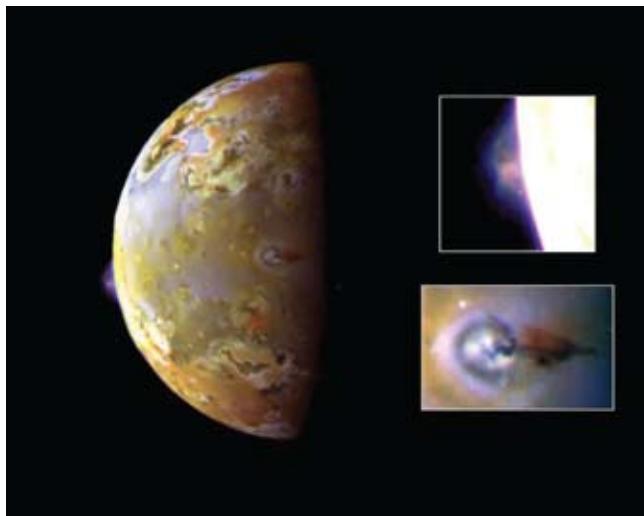
По морфологии наиболее близкими земными аналогами вулканам на Ио являются щитовые вулканы. На Земле жидкые базальтовые магмы формируют обширные лавовые покровы, потоки, плоские вулканические лавовые щиты [5]. Извержения базальтовых лав приурочены к трещинам, но могут быть и центральными — связанными с каналами. Базальтовые щиты иногда достигают больших размеров. Диаметр их основания до 100–120 км. По мере опустошения магматического очага, находящегося под базальтовым щитом, происходит обрушение его вершины. Щит осложняется провалом, который называется вулканической кальдерой. Размеры кальдер могут достигать 20–25 км в диаметре. На склонах щита образуются радиальные разломы, по которым развиваются линейные провалы — вулканические рифты. Одним из наиболее ярких примеров щитовых вулканов являются вулканы гавайского типа. Гавайи образованы слившимися вершинами пяти вулканов, для которых характерно наличие кальдер. Лава в этих вулканах основная щёлочно-базальтовая ( $\text{SiO}_2$ , 52–45%), легкоподвижная, высокотемпературная (около 1200°C). В кратерном озере Килауэа лава все время бурлит, ее уровень то понижается, то повышается. При извержениях происходит подъем лавы, возрастает ее подвижность. Газы выделяются относительно спокойно, образуя над кратером всплески, лавовые фонтаны, поднимающиеся в высоту от нескольких до сотен метров (редко). Затем кратерное озеро переполняется и лава начинает переливаться через его края и стекать по склонам вулкана в виде крупных потоков. Скорость движения базальтовой лавы в несколько раз выше скорости вязких кислых и средних лав и иногда достигала 20–40 км/ч. Длина лавовых потоков доходит до 50–80 км, иногда 100 км. Строение и морфология таких вулканов определяются характером извержения. Поскольку крупных газовых взрывов не бывает, твердые пепловые продукты почти не образуются или имеют незначительное распространение. Вследствие этого вулканический аппарат сложен преимущественно слоями застывшей лавы разных из-



**Рис. 3. Цепочка Тваштар (60° с.ш., 120° з.д.) — цепь гигантских вулканических кальдер**

вержений. По морфологии это — уплощенные поверхности, которые характеризуются уклонами 5–10°. На склонах щитовых вулканов — линейно-вытянутые радиальные трещины, в пределах которых образуются побочные центры извержения базальтовой лавы.

Ряд вулканических жерл на Ио представляет собой активно действующие эруптивные центры («вулканы»), выбрасывающие газ. Выбросы из «вулканов» на Ио (султаны) состоят преимущественно из газообразной двуокиси серы  $\text{SO}_2$  (рис.4). Они достигают от 70 до 300 км в высоту; скорость извержения — до 1 км/с, что в 8 раз больше рекордной для Земли скорости извержения вулканических продуктов из кратера сицилианской Этны. «Султаны» выбросов вулканов на Ио имеют вид гигантских зонтиков, края которых касаются поверхности в сотнях километров от эруптивного центра (до 500 км). Такие высота и скорость извержения возможны благодаря небольшой (относительно Земли) силе тяжести и практически полному отсутствию атмосферы. На снимках, полученных со станций «Вояджер», наблюдалось в действии девять таких центров. Кроме того, вокруг, по крайней мере, тринадцати жерл имелись светлые отло-



**Рис. 4. Кратеры Пеле (на лимбе, увеличен справа вверху) и Прометей (около терминатора, увеличен справа внизу)**

жения с характерным концентрическим рисунком, весьма сходные с теми, что окружают действующие центры. Это можно рассматривать как признак активности жерл.

Также широко распространенными структурами являются линеаменты, а отчетливые грабены с хорошо выраженным центральным желобом выявлены только южнее  $20^{\circ}$  ю. ш. Возможно, это объясняется просто более низ-

ким положением Солнца над горизонтом, что привело к большей контрастности изображений. По-видимому, грабены представляют собой простые структуры растяжения. У отдельных структур удается проследить их ширину; обычно они линейны или слабо изогнуты в плане. Пересечения для грабенов не характерны. Грабены и линеаменты имеют преимущественно северо-западные и северо-восточные простирации. Такие простирации характерны для планетарной системы трещиноватости, которая возникает, очевидно, за счет ротационного эффекта и приливных изгибов коры и наблюдается почти на всех силикатных и ледяных телах Солнечной системы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бурба Г.А. Номенклатура деталей рельефа галилеевых спутников Юпитера. М.: Наука, 1984. –88 с.
2. Моррисон Д. Спутники Юпитера: в 3-х частях. Ч.2 М.: Мир, 1986. –448 с.
3. Лукашов А.А. Рельеф планетных тел. Введение в сравнительную геоморфологию: Учеб. пособие. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1996. –112 с.
4. Якушова А.Ф. Геология с элементами геоморфологии. 2-е изд. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1983. –375 с.
5. Апродов В.А. Вулканы. М.: Мысль, 1982. –367 с.

Поступила 7 апреля 2011 г.  
Рекомендована кафедрой экономики  
и предпринимательства МИИГАиК

## ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЦВЕТОВОЙ ПЛАСТИКИ (ПРОСТРАНСТВЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ЦВЕТА) В ОФОРМЛЕНИИ КАРТ

Доцент, кандидат техн. наук **О.Ю. Жукова**, доцент **О.В. Ковалёва**

*Московский государственный университет геодезии и картографии*

*E-mail: superstring@list.ru; cart777@yandex.ru*

**Аннотация.** Основным изобразительным средством для достижения многоплановости и объёмности картографического изображения является цвет. Исследования в области зрительного восприятия выступания или отступания цветов являются немногочисленными и основные выводы не всегда согласуются друг с другом. Поэтому известные в этой области теоретические данные были проверены в эксперименте. Результаты эксперимента могут использоваться в оформлении карт.

**Ключевые слова:** оформление карт, восприятие цвета, цветовая пластика, пространственное воздействие цвета, воздушная перспектива

**Abstract.** Color is the basic graphic tool to make an impression of 3D on maps. Researches in the field of visual perception in colors are not numerous and the basic conclusions are often lacking coordination. Therefore the theoretical data known has been checked up in experiment. Results of the experiment can be used in map design.

**Keywords:** map design, color, perspective

В оформлении карт, как и в реалистической живописи, одной из важнейших задач является передача на плоскости третьего измерения. В

живописи и в трехмерном картографировании отмечается необходимость отражения глубины пространства. Исследованием изменения пара-

метров цвета и четкости очертания предметов по мере их удаленности от глаза наблюдателя занимается воздушная перспектива (рис. 1).

В оформлении карт необходимо передать зрительный эффект *объёмности* изображения рельефа местности, а также подчеркнуть *многоплановость* элементов содержания. Главным инструментом для достижения этой цели является цвет. Свойство цвета создавать зрительную иллюзию выступания или отступания, используемое для достижения многоплановости, объёмности и глубины изображения, физиологи называют «*хроматической стереоскопией*» (Гамильтон Хартридж) [1], художники — «*пространственным воздействием цвета*» (Йоханнес Иттен) [2], картографы — «*цветовой пластикой*» (П. А. Скворцов) [3].

В картографии цветовая пластика используется, главным образом, при изображении рельефа — для передачи высоты (рис. 2), а также в трехмерном картографировании для передачи удаленности территории от глаза наблюдателя (рис. 3).

В оформлении тематических карт важной задачей является передать тематическое содержание первым, а общегеографическую нагрузку — вторым планом. В достижении названной цели цвет также является главным инструментом: объекты тематического содержания изображаются яркими красками с использованием контрастных обводок, тогда как общегеографического — приглушенными, малонасыщенными цветами (рис. 4).

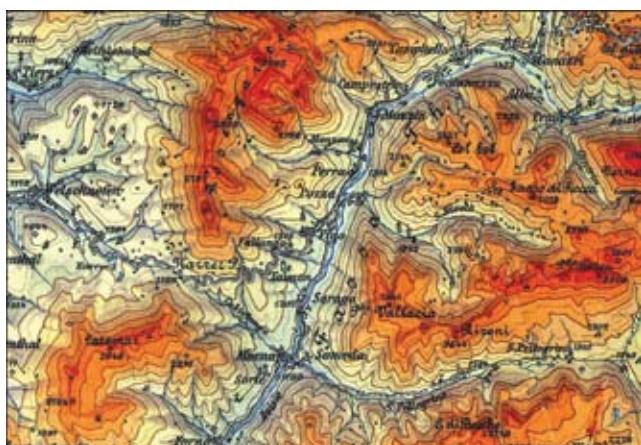
Пространственное воздействие цвета от-



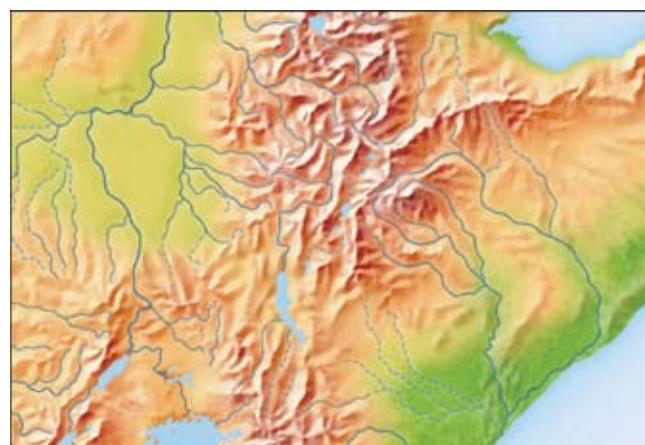
Рис. 1. Передача глубины пространства в реалистической живописи («Лесные дали» И.И. Шишкин)

мечал ещё Леонардо да Винчи. Даже изолированный цвет, как утверждал мастер, может казаться выступающим (например, красный) или отступающим (синий) [4], хотя в настоящее время известно, что пластический эффект возникает во многом благодаря «безусловному рефлексу», который заключается в различии в физиологических раздражениях цветоощущающих рецепторов человеческого глаза при рассматривании не изолированного цвета, а фигуры и фона.

Физиологи установили тот факт, что в хрусталике глаза, который по сути является линзой, коротковолновые лучи преломляются под большим углом, чем длинноволновые, в результате чего у человека создается зрительное впечатление, что источник синих лучей находится дальше от наблюдателя, чем крас-



*a*



*б*

Рис. 2. Использование цвета для передачи объемности изображения на карте с помощью: гипсометрической окраски (спектральная шкала Пойкера) (*a*) и цветной отмычки рельефа (*б*)



Рис. 3. Использование цвета для передачи глубины пространства при трехмерном картографировании. («Панорамная карта национального парка Денали» Генрих Цезарь Берани)

ных. В некоторых случаях человеческий опыт («условный рефлекс») вступает в противоречие с «безусловным рефлексом». Наблюдая пятно на фоне, мы склонны думать, что оно собой загораживает фон, а значит, находится впереди. Чем больше разница в раздражении между фоном и пятном, тем больше шансов видеть пятно впереди фона, тем больше эффект. Так, на рис. 5, а синий квадрат выглядит расположенным ближе к глазу наблюдателя, потому что действует иллюзия «загораживания» синей фигурой красного фона, тогда как при расположении рядом двух квадратов — красного и синего — красный будет казаться ближе синего (рис. 5, б).

Эксперименты по зрительному восприятию выступания или отступания цветов имеют большое значение, поскольку исследования в этой области являются немногочисленными и основные выводы не всегда согласуются друг с другом.

Изучением пластики цвета в картографии занимались многие зарубежные и отечественные ученые примерно с конца XIX в. Наиболее

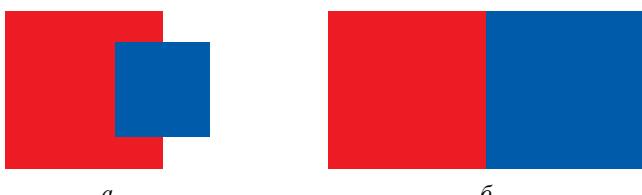


Рис. 5. Иллюзия «загораживания» фигурой фона — синий квадрат выглядит ближе красного (а); красный квадрат кажется ближе синего (б)

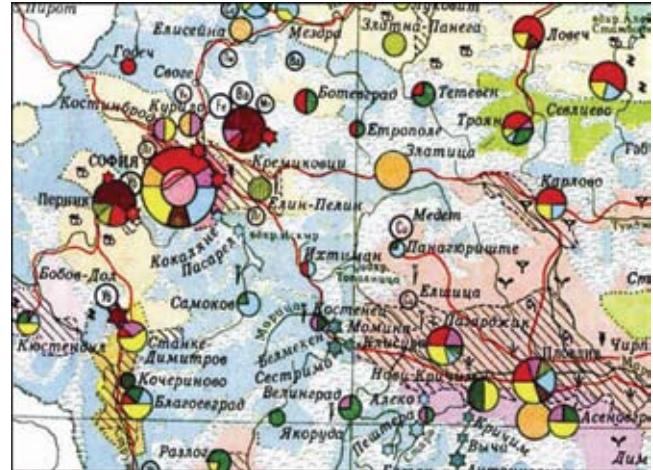


Рис. 4. Использование цвета для передачи много-плановости изображения на экономической карте Болгарии из школьного географического атласа

известными являются работы Пойкера «Теневая и цветовая пластика» (1898, 1928, Вена) и «Гипсометрические карты» (1910, Штутгарт), Кремлинга «Цветовая пластика в настоящем и в будущем» (1925, Мюнхен), Е. и А. Брюнеров «К вопросу цветовой пластики в картографии» (1909, Вена). Из перечисленных выше трудов наибольшего внимания заслуживают труды Пойкера, особенно его практические предложения, нашедшие самое широкое признание во многих странах мира. Вместе с тем, П. А. Скворцов в работе «Вопросы теории и практики цветового оформления рельефа на картах» [Труды ЦНИИГАиК, 1947] указал на недочеты данных работ, в частности, Пойкер и Кремлинг не сравнивали пластику холодных и теплых оттенков зеленого цвета, тогда как зеленый — это один из наиболее широко используемых цветов на географических картах.

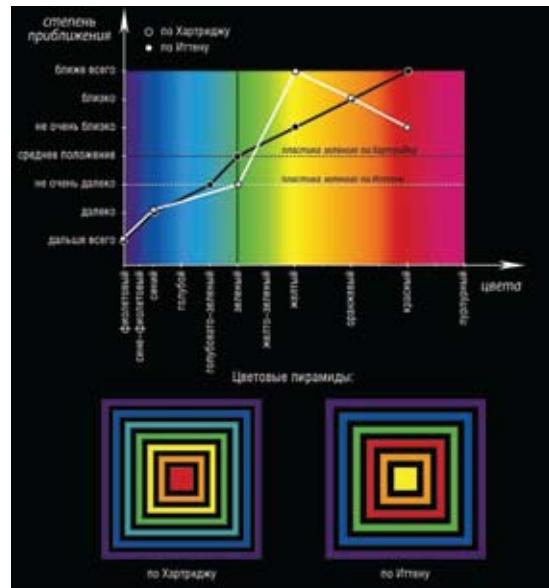
Многочисленные исследования психологов и физиологов чаще всего сводились к постановке опытов в условиях, не схожих с восприятием цвета на картах, особенно в шкалах. Как правило, изучалась сравнительная пластика пар цветов, когда один глаз мог видеть только один цвет, второй — другой. Обычно для этих целей цветные (или белые, освещенные цветными лучами) пластинки помещались в длинный футляр, имеющий внутри перегородки. Испытуемому предлагалось передвигать пластинки до тех пор, пока он не начнет их воспринимать находящимися на одинаковом удалении от глаз. Затем фиксировались полу-

ченные результаты. Другой вариант проведения эксперимента: наблюдение движущихся цветных или ахроматических фигурок или пятен на том или ином фоне. Среди трудов, непосредственно не связанных с картографией, одной из самых известных является работа американского учёного Гамильтона Хартриджа «Современные успехи физиологии зрения».

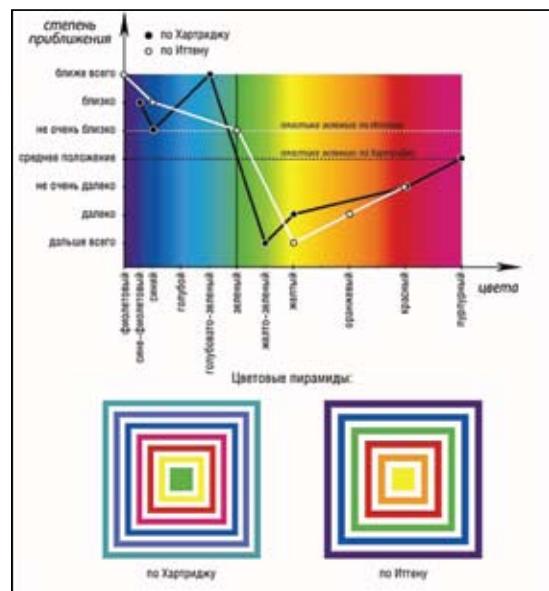
На рис. 6 и в таблице приведены данные исследований американского учёного Г. Хартриджа (1896–1976) и швейцарского художника, крупнейшего исследователя цвета в искусстве Иоханнеса Иттена (1888–1967). Хартридж изучал относительный стереоскопический эффект цветов, представленных испытуемым на чёрном и белом фоне [5]. Иттен свои исследования пространственного воздействия цвета предназначал художникам, предлагая испытуемым зрительно оценить степень выступания или отступания шести цветов на чёрном и белом фоне [2]. В отличие от Хартриджа, Иттен не использовал пурпурный цвет, так как данного цвета нет в его цветовом круге.

Сравнение результатов показывает наибольшее расхождение у двух авторов для красного и жёлтого цветов на чёрном фоне. Кроме того, можно считать некорректным в эксперименте Хартриджа исследование неидентичных наборов цветов для черного и белого фона.

Среди отечественных представителей различных научных дисциплин, уделявших внимание вопросу пластических цветовых явлений, следует отметить первого отечественного исследователя Софию Николаевну Беляеву-Экземплярскую [6]. При всей ценности результатов исследований физиологов и психологов, их выводы не были сведены в единую систему с целью использования ее в оформлении полиграфических изданий и, в том числе, —



a



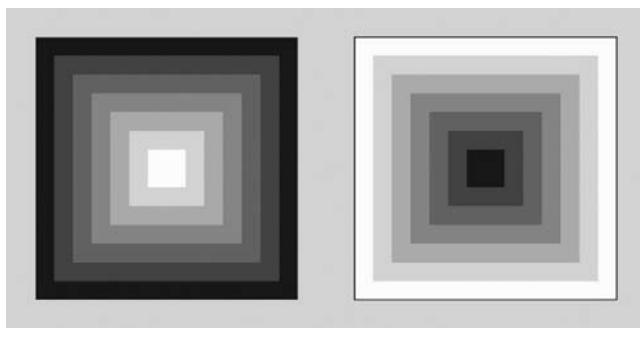
б

Рис. 6. Результаты эксперимента Г. Хартриджа и И. Иттена по рассматриванию цветов:  
а — на чёрном фоне; б — на белом фоне

Видимое положение цвета	По Хартриджу		По Иттену	
	на чёрном фоне	на белом фоне	на чёрном фоне	на белом фоне
Ближе всего	красный	голубово-зелёный	жёлтый	фиолетовый
Близко	оранжевый	сине-фиолетовый	оранжевый	синий
Не очень близко	жёлтый	синий	красный	зелёный
Среднее положение	зелёный	пурпурный	—	—
Не очень далеко	голубово-зелёный	красный	зелёный	красный
Далеко	синий	жёлтый	синий	оранжевый
Дальше всего	фиолетовый	жёлто-зелёный	фиолетовый	жёлтый

картографических произведений. Еще более полувека тому назад в работе «Практическая психология красок на картах» (1958) Г. Шида утверждал, что «... от каждого картографо-оформителя в интересах создания живых и логически правильных карт требуется так много знаний о цвете, чтобы гарантировать их применение на основе теории и практики».

Применительно к картографии и, в частности, к оформлению рельефа на картах, опыт отечественных и зарубежных ученых обобщили и развили П. К. Колдаев и П. А. Скворцов, отмечавшие, что явление пластики цветов чрезвычайно сложное, поскольку обусловлено многими причинами. Чтобы восполнить пробелы, устраниить противоречия в результатах опытов и приблизить наблюдения к теории оформления карт, П. А. Скворцовым в 1946–1947 гг. были проведены масштабные исследования пластических свойств цветовых рядов



**Рис. 7. Пластика в ахроматическом ряду. Используются шкалы в виде многослойных квадратов с утенением от центра к краям (а) и от краев к центру (б)**



**Рис. 8. Шкала в виде треугольника с изменением цветов по светлоте, насыщенности и густоте окраски**

— однородных и смешанных. Для того, чтобы избежать действия фона на пластические свойства шкал, исследования проводились на светло-сером фоне со шкалами, имеющими вид многослойных квадратов, при этом один и тот же ряд исследовался дважды: с изменением цвета от центра к краям и наоборот (рис. 7), а также с цветовыми треугольниками.

Треугольники позволяли менять цветовые параметры по трем направлениям: насыщенности, светлоте и густоте окраски (рис. 8).

Всего было выполнено и обследовано 103 рисунка и 12 таблиц в виде многоступенчатых вытянутых прямоугольников. Кроме того, П. А. Скворцовым производились опыты по определению пластики участков спектра, отброшенного на экран в затемненной комнате. Результаты опытов были оформлены в рукопись объемом более 400 страниц, но из-за сложностей полиграфического воспроизведения и большого количества иллюстраций монография «Теория цветовой пластики» так и не была опубликована. Очень краткие выводы вошли позже в учебное пособие [3].

Наблюдения пластического эффекта в спектре, отброшенном на экран в затемненной комнате, проводились Скворцовым со студентами и преподавателями картографического факультета МИИГАиК в количестве примерно ста человек. Испытуемых просили написать, кажутся ли им все цвета спектра лежащими в одной плоскости или же какие-то цвета выглядят более близкими или отдаленными. Подавляющее большинство испытуемых указало на самый сильный эффект выступания у красного цвета и отступания — у голубого и синего. Таким образом был сделан вывод о том, что участки перехода голубого цвета в синий и красный цвет — границы пластического диапазона цветов спектра. Показательно, что лишь один человек из ста назвал фиолетовый цвет самым отдаленным. Любопытно, что таким же образом всего один человек написал о наибольшем эффекте выступания у желтого цвета.

В спектре светлота и насыщенность цветов не одинакова, поэтому для определения пластического действия цветового тона на бумаге проверка проводилась на фигурах вписанных квадратов, приведенных к одной светлоте и насыщенности. И здесь испытуемые ощущали

легкую приподнятость от голубого к красному, но в опыте с цветными лучами этот эффект был выражен сильнее.

Гипсометрическая шкала, построенная из спектральных цветов, приведенных к равной светлоте и насыщенности, использовалась в конце XIX в. венским издательством Фрайтага. Целью создания такой шкалы было использование пластических свойств цвета и уменьшение ступенчатости окраски по сравнению с коричневыми шкалами (рис. 9).

Помимо испытания полного ряда спектра, П. А. Скворцов проверял пластический эффект на шкалах, состоящих из пар цветов, плавно переходящих друг в друга — голубого и розового, голубого и желтого. В таких шкалах ощущался подъем в сторону теплого. Кроме того, в экспериментах Скворцова было доказано, что более насыщенные цвета кажутся более выступающими по сравнению с менее насыщенными.

Таким образом, Скворцовым был сделан вывод о том, что утепление цветового тона в цветовых рядах создает эффект выступания, причем наибольший его процент приходится на область перехода от зелено-голубых до желтых. Фиолетовый цвет, как показали опыты, обладает меньшим эффектом отдаления, чем сине-голубой. Хартридж сделал аналогичный вывод, утверждая при этом, что результаты справедливы лишь при наблюдении красок на черном фоне. Следует уточнить, что во времена проведения эксперимента фиолетовая краска получалась смешиванием синей и красной красок, что создавало достаточно грязный и малонасыщенный, в отличие от чистого спектрального, фиолетовый тон, поэтому в экспериментах Хартриджа и Иттена фиолетовый цвет казался более отступающим, чем голубой. На белом фоне пластическая последовательность связана с цветами, дополнительными к указанным выше (см. рис. 6), а голубовато-зеленый и желто-зеленый цвета оказались на разных полюсах пластического эффекта, синий и красный, наоборот — сближены. Эти, на первый взгляд, парадоксальные выводы, возможно, имеют под собой и некоторую физиологическую почву. Для того, чтобы подтвердить или опровергнуть данные опытов, проводимых зарубежными учеными, Скворцов тщательно проанализировал научные гипотезы, обосно-

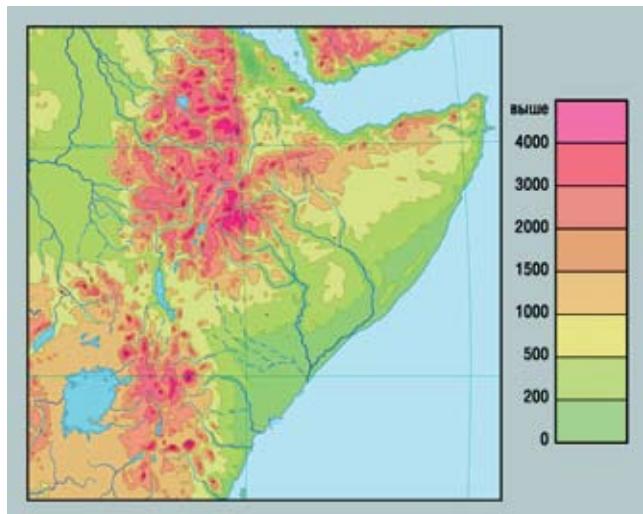


Рис. 9. Гипсометрическая шкала Фрайтага

вывающие явление цветовой пластики.

В причинах возникновения цветового пластического эффекта можно усматривать участие двух начал:

1) различия в физиологических раздражениях и возбуждениях разноокрашенных площадей (безусловный рефлекс);

2) свойство мозга использовать жизненный опыт — приобретенный (условный) рефлекс: цветовые изменения в природе, загораживание близкими предметами более удаленных, изменение размеров предметов по мере удаления их от наблюдателя и др.

При оформлении карт эти два рефлекса, как было сказано выше, могут действовать односторонне — усиливая друг друга, а также в противоположных направлениях — ослабляя или нейтрализуя действия каждого из них. Таким образом, иллюзию трехмерности пространства при восприятии разноокрашенных площадей на плоскости мы действительно можем рассматривать как подсознательную рефлекторную реакцию центральной нервной системы человека на количественную и качественную разницу цветовых раздражений. Данное утверждение позволило П. А. Скворцову назвать эту гипотезу причин цветовой пластики «гипотезой разностных количественных и качественных раздражений и возбуждений», или — более обобщенно — «гипотезой разностных цветовых пластических возбуждений».

Исходя из неизменности видимой удален-

ности неба, синевато-голубоватого оттенка удаленных объектов Скворцовым было сделано допущение, что любое раздражение сетчатки глаза имеет тенденцию к подсознательному ощущению той или иной степени отдаления холодных окрасок на плоскости, если только какие-либо иные, более сильные, условия не вступают с ними в противоречие. Наоборот, раздражение зеленого и красного, равно как и световое, создает предпосылки к выступанию этих цветов с силой, пропорциональной разнице раздражений. Исходя из этой предпосылки, Скворцов, придав величинам сине-фиолетовых возбуждений знак минус, рассчитал суммарные возбуждения на каждые 20 нм и построил соответствующую кривую. Получилась кривая пластических раздражений (возбуждений), которую он назвал «*психофизиологической кривой пластики спектральных тонов*» (рис. 10).

Горизонтальная ось по смыслу расчета отвечает пластике белого цвета (когда действие трех цветовых возбуждений нивелируется). Пластический эффект выступания, начиная от зеленого и продолжая в сторону красного, медленно увеличивается. Он выше белого. В сторону более холодных тонов, чем зеленый, кривая показывает быстро усиливающийся отрицательный эффект отступания зелено-голубых тонов до стыка голубого с синим. От синего к фиолетовым эффект, оставаясь отрицательным, быстро сокращается и немного не доходит до белого. Таким образом, холодные зеленые оттенки и лиловые в пластическом отношении оказываются почти равны и близки к пластике белого цвета.

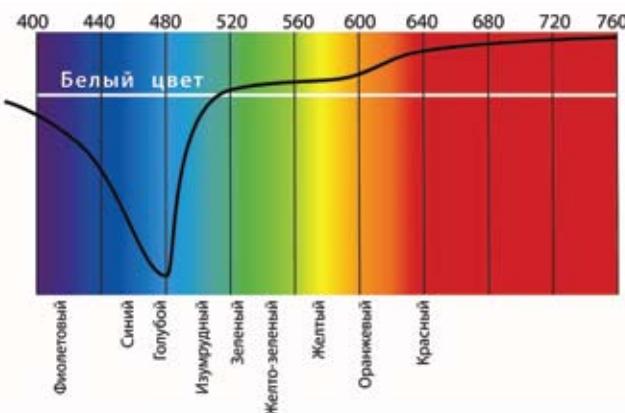


Рис. 10. Психофизиологическая кривая пластики спектральных тонов П. А. Скворцова

Полученная кривая полностью совпала с результатами наблюдений пластических эффектов от цветов спектра, которые были описаны ранее. В пластической кривой обращает внимание достаточно большая разница в эффектах зеленого и голубого, и даже зелено-голубого. Это в какой-то мере напоминает картину, описанную Хартриджем на белом фоне. Если исходить из предположения, что сила пластического эффекта находится в пропорции с разницей раздражений, то кривая показывает, что разницу по сравнению с белым дают (по мере убывания): голубой, синий, зеленовато-голубой, фиолетовый, красный, оранжевый, желтый, желто-зеленый, зеленый.

Существенная разница с наблюдениями Хартриджа в том, в какую сторону от белого направлен эффект. Однако если Хартридж в опыте имел не подравненные цвета, а густой сине-зеленый и очень бледный желто-зеленый, то в силу условия фигуры и фона и большой разницы в раздражении испытуемые могли ощущать густой сине-зеленый ближе желто-зеленого, у которого очень мала светлотная разница с белым фоном.

Скворцов доказал, что пластический эффект возникает лишь в цветовых рядах с логическим изменением цветов. В этом легко убедиться, сравнив фигуры на рис. 11. На рис. 11, а цвета даны в случайном порядке — пластический эффект отсутствует, на рис. 11, б порядок цветов соответствует спектральному ряду — наблюдается выступание теплых тонов.

Целью проводимого нами исследования является проверка названных выводов и тео-

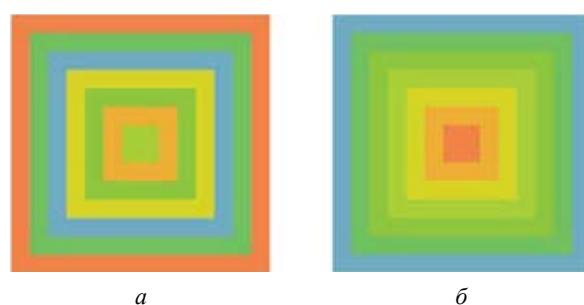


Рис. 11. Отсутствие пластического эффекта в шкале с произвольным чередованием цветов (а) и наблюдение выступания цветов в шкале с логическим чередованием (б)

ретических данных. Для эксперимента были выполнены и напечатаны цветные образцы формата А4 с кругами 12-ти цветов на черном и белом фоне (красный, оранжевый, желтый, желто-зеленый, зеленый, зелено-голубой, голубой, синий, фиолетовый, серый, пурпурный, а также белый (на черном фоне) или черный (на белом фоне) (рис. 12).

Образцы были предложены экспертам для зрительной оценки выступания и отступания цветов на черном и белом фоне. Оценка проводилась по способу ранжирования (12 цветов — 12 баллов: 1 — самый отдаленный по ощущению цвет, 12 — самый близкий).

20 экспертов (студентов факультета картографии и геоинформатики МИИГАиК), обладающие нормальным цветовым зрением, выполнили задание, проанализировав образцы при дневном равномерном освещении. Полученные результаты были записаны в опросных листах. Результаты зрительной оценки представлены на рис. 13.

Проведенный нами эксперимент позволил сделать следующие выводы.

1. При рассматривании изолированных цветов на фоне пластический эффект выражен слабо, особенно это касается цветов с отрицательной пластикой (вызывающих эффект отступания). Это объясняется несколькими причинами:

действует принцип фигуры и фона. Любойю фигуру глаз человека прежде всего воспринимает как выступающую, загораживающую фон;

пластика выражена тем сильнее, чем больше условий загораживания: для получения

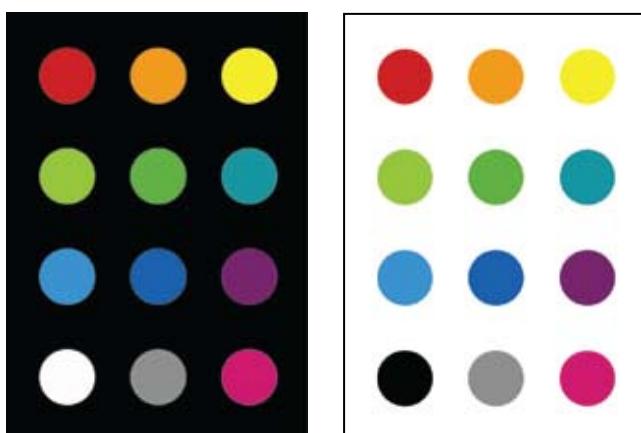
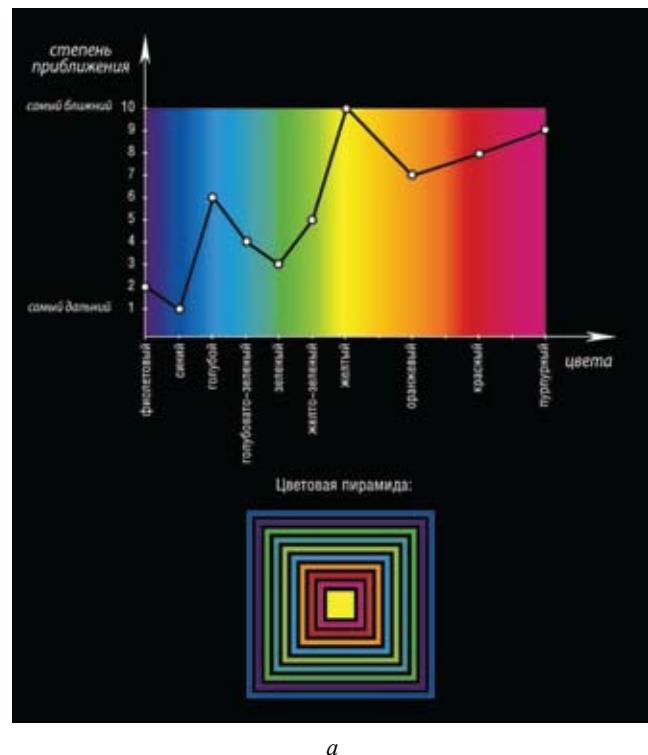


Рис. 12. Цветные образцы, оформленные для эксперимента

устойчивого пластического эффекта необходимы многоступенчатые фигуры;

при рассматривании цветных фигур на фоне действует прежде всего цветовое разли-



*a*

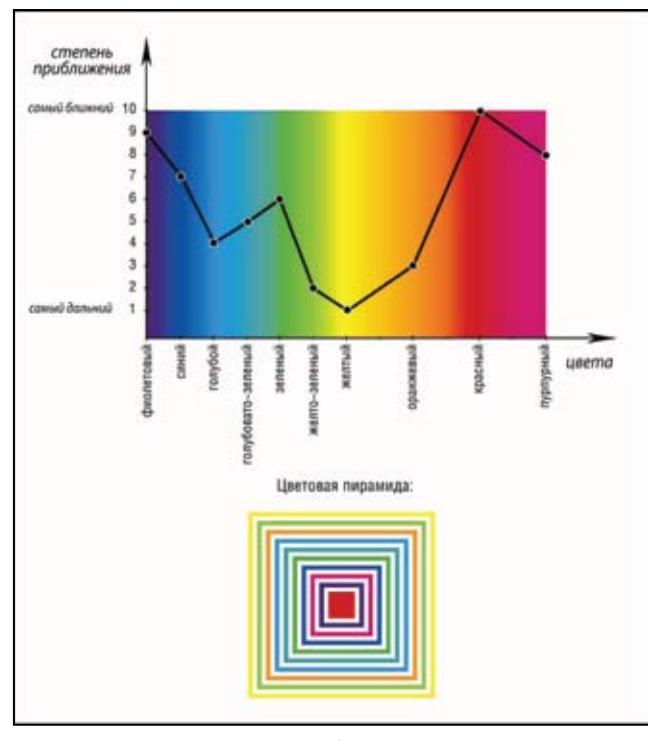


Рис. 13. Результаты эксперимента по рассматриванию цветов:

*a* — на черном фоне; *б* — на белом фоне

чие: чем оно больше, тем больше ощущается выступание цвета. По данным эксперимента Герхарда Цойгнера, [7] наилучшее цветовое различие дает желтый цвет на черном фоне, что соответствует данным как эксперимента Иоханнеса Иттена (табл.), так и проведенного нами. Такой вывод позволяет сделать оценку выступания черного цвета на белом фоне (15 человек из 20-ти испытуемых отметили черный цвет как сильно выступающий, а 12 из них — как самый выступающий цвет на белом фоне), а также оценку выступания белого и желтого цветов на черном фоне (17 человек из 20-ти отметили желтый цвет как сильно выступающий, 18 из 20 — белый). Именно с целью выявить данную закономерность в оценку были включены черный и белый цвета фигур.

2. Результаты эксперимента в полной мере могут быть использованы при проектировании оформления тематических карт для передачи многоплановости изображения.

3. Данных, полученных в результате проведенного опыта, недостаточно для проекти-

рования гипсометрических шкал, в которых практически не используются исключительно чистые спектральные цвета, поэтому необходимо продолжить эксперимент по изучению цветовой пластики для оформления карт на примере многоступенчатых шкал.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Хартидж Г. Современные успехи физиологии зрения: пер. с англ. Изд-во иностранной литературы, 1952. –328 с.
2. Иттен И. Искусство цвета. –М.: Д. Аронов, 2004. –96 с.
3. Скворцов П.А. Цветовое оформление рельефа на картах. Учебное пособие. – М.: МИИГАиК, 1976. –71 с.
4. Зайцев А.С. Наука о цвете и живопись. –М.: Искусство, 1986. –158 с.
5. Колдаев П.К. Пластическое изображение рельефа на картах. –М.: Изд-во геодезической литературы, 1956. –134 с.
6. Беляева-Экземплярская С.Н. Об иллюзии выступающих вперед цветов. // Психология, неврология, психиатрия, 1924, прил. к IV тому.
7. Цойгнер Г. Учение о цвете. –М.: Изд-во литературы по строительству, 1971. –160 с.

*Поступила 19 мая 2011 г.  
Рекомендована кафедрой оформления  
и издания карт МИИГАиК*

## КАРТОГРАФИРОВАНИЕ АСТЕРОИДА 433 ЭРОС В РАВНОПРОМЕЖУТОЧНЫХ ВДОЛЬ МЕРИДИАНОВ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ И АЗИМУТАЛЬНОЙ ПРОЕКЦИЯХ ТРЕХОСНОГО ЭЛЛИПСОИДА

Доцент, кандидат техн. наук **М.В. Нырцов<sup>1</sup>**,

ст. научный сотрудник, кандидат техн. наук **М.Э. Флейс<sup>2</sup>**,

научный сотрудник **М. М. Борисов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Московский государственный университет геодезии и картографии*

<sup>2</sup>*Институт географии РАН*

*E-mail: nyrtsovmaxim@gmail.com; E-mail: maria@geocnt.geonet.ru*

**Аннотация.** Рассматриваются равнопромежуточные вдоль меридианов цилиндрическая и азимутальная проекции трёхосного эллипсоида для картографирования небесных тел с любым значением эксцентриситета, получаемые с помощью вычислений эллиптического интеграла. Этот способ вычислений обладает более высокой точностью по сравнению с ранее существовавшими.

**Ключевые слова:** астероид, трёхосный эллипсоид, картографическая проекция, планетоцентрическая широта

**Abstract.** The equidistant along meridians cylindrical and azimuthal projections of triaxial ellipsoid for mapping of celestial bodies with any value of eccentricity are described. They are obtained by calculation of elliptical integral. It gives more accuracy than earlier techniques.

**Keywords:** asteroid, triaxial ellipsoid, cartographical projection, planetocentric latitude

В настоящее время космические агентства всего мира – Федеральное космическое агентство (Роскосмос), Европейское космическое агентство (ЕКА), Национальное управление США по аeronавтике и исследованию косми-

ческого пространства (НАСА) установили в качестве приоритетного — направление исследований малых небесных тел (МНТ).

Кометы и астероиды представляют большой практический интерес благодаря их хими-

ческому составу, так как он не изменился со дня основания Солнечной системы. Важнейшими научными задачами в комплексе исследований МНТ являются определение их формы, размеров и картографирование их поверхностей. В [1] было установлено, что фигуры тел, у которых разница в осях оставляет более 10%, следует считать отличными от сферы, поэтому для их картографирования необходимо применять другие референц-поверхности.

30 мая 1971 г. была запущена американская автоматическая межпланетная станция «Маринер-9», основной целью которой было изучение поверхности Марса. Кроме Марса, «Маринер-9» исследовал два его естественных спутника — Фобос и Деймос. Фобос стал первым, отличающимся в своей фигуре от сферы, малым телом, на которое были получены космические изображения. Его размеры определяются осями  $a=27$  км,  $b=21$  км,  $c=19$  км трёхосного эллипсоида [1].

В 1988 г. профессор Л.М. Бугаевский разработал специально для картографирования Фобоса нормальную равноугольную цилиндрическую проекцию трёхосного эллипсоида.

В Московском институте инженеров геодезии, аэрофотосъёмки и картографии (МИИГАиК) при участии Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова в этой проекции была создана карта поверхности Фобоса (рис. 1). В основу содержания легла карта П. Томаса и опубликованные материалы съёмок с космических аппаратов «Маринер-9» и «Викинг-1», а также модель Р. Тёрнера.

Помимо равноугольной цилиндрической проекции трёхосного эллипсоида, профессор Л.М. Бугаевский разработал равнопромежуточную вдоль меридианов цилиндрическую проекцию трёхосного эллипсоида, формулы которой были опубликованы в [3].

Вычисления координат проекции складываются из следующих этапов:

1) условие сохранения равнопромежуточности записывается в виде

$$m = \frac{x_\xi}{\Phi} = 1; \quad (1)$$

2) изометрическая широта вычисляется по формулам

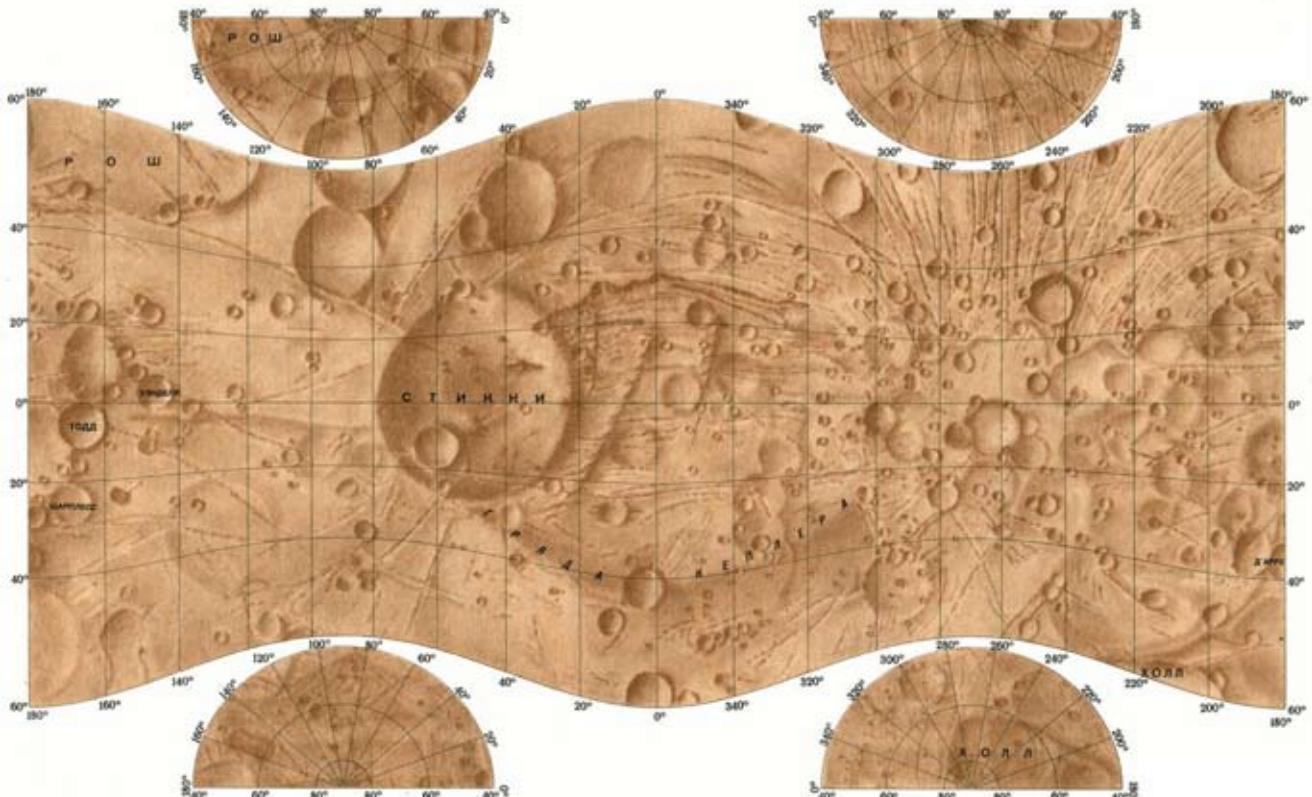


Рис. 1. Карта поверхности Фобоса (проекция Л. М. Бугаевского, 1998) [2]

$$d\xi = \frac{M}{r} dB (1 + z^2 \cos^2 B)^{-\frac{1}{2}}; \quad (2)$$

$$\Phi^2 = r^2 (1 + z^2 \cos^2 B), \quad (3)$$

где  $M$  — кривизна меридианного сечения,

$$M = \frac{d_{\text{эл}}(1-p^2)}{(1-p^2 \sin^2 B)^{\frac{3}{2}}}; \quad (4)$$

$r$  — радиус кривизны параллели,

$$r = N \cos B; \quad (5)$$

$N$  — радиус кривизны первого вертикала,

$$N = \frac{d_{\text{эл}}}{(1-p^2 \sin^2 B)^{\frac{1}{2}}}; \quad (6)$$

$$d_{\text{эл}} = \frac{b}{\sqrt{1-k^2 \cos^2 \lambda}}; \quad p^2 = 1 - \left( \frac{c}{d_{\text{эл}}} \right)^2; \quad (7)$$

$$z = \frac{k^2 \sin 2\lambda}{2(1-k^2 \cos^2 \lambda)}; \quad k^2 = 1 - (b/a)^2;$$

$a, b, c$  — полуоси трёхосного эллипсоида;  $d_{\text{эл}}$  — большая полуось эллипса меридианного сечения;  $B$  — условно-геодезическая широта.

С учётом формул (2–7), можно записать уравнение для вычисления абсцисс проекции:

$$x = \int \Phi d\xi + F(\lambda) = \int M dB + F(\lambda). \quad (8)$$

Этот интеграл является эллиптическим. Для того чтобы привести его к виду, пригодному для вычислений, необходимо найти его приближенное выражение. С этой целью подынтегральная функция раскладывается в ряд, а затем этот ряд интегрируется почленно [4].

В результате интегрирования (8) вдоль каждого меридиана абсциссы вычисляются как

$$X = s + F(\lambda), \quad (9)$$

где  $F(\lambda)$  — функция интегрирования, которая при получении проекций, симметричных относительно экватора, приравнивается к нулю.

В монографии [3] приводятся два результата интегрирования для  $S$  — длины дуги меридиана от экватора до данной параллели.

В первом случае  $S$  выражается в виде следующего ряда:

$$S = \frac{d_{\text{эл}}}{1+n} \begin{bmatrix} \left( 1 + \frac{n^2}{4} + \frac{n^4}{64} + \dots \right) B - \\ - \left( \frac{3}{2}n - \frac{3}{16}n^3 - \dots \right) \sin 2B + \\ + \left( \frac{15}{16}n^2 - \frac{15}{64}n^4 + \dots \right) \sin 4B - \dots \end{bmatrix}, \quad (10)$$

где  $n = \frac{d_{\text{эл}} - c}{d_{\text{эл}} + c}$ ;  $d_{\text{эл}}$  — находится из выражения (7);  $c$  — полярная полуось трёхосного эллипсоида.

Во втором случае для отображения поверхностей, аппроксимируемых поверхностью трёхосного эллипсоида с большим полярным сжатием, профессора Л.М. Бугаевский рекомендует использовать ряд известный из формул сфероидической геодезии [4]:

$$S = a_0 B - \frac{a_2}{2} \sin 2B + \frac{a_4}{4} \sin 4B - \\ - \frac{a_6}{6} \sin 6B + \frac{a_8}{8} \sin 8B - \dots, \quad (11)$$

где

$$a_0 = m_0 + \frac{m_2}{2} + \frac{3}{8}m_4 + \frac{5}{16}m_6 + \frac{35}{128}m_8 + \dots;$$

$$a_2 = \frac{m_2}{2} + \frac{m_4}{2} + \frac{15}{32}m_6 + \frac{7}{16}m_8 + \dots;$$

$$a_4 = \frac{m_4}{8} + \frac{3}{16}m_6 + \frac{7}{32}m_8 + \dots;$$

$$a_6 = \frac{m_6}{32} + \frac{m_8}{16} + \dots;$$

$$a_8 = \frac{m_8}{128} + \dots$$

$$m_0 = d(1-p^2); \quad m_2 = \frac{3}{2}p^2m_0;$$

$$m_4 = \frac{5}{4}p^2m_2; \quad m_6 = \frac{7}{6}p^2m_4;$$

$$m_8 = \frac{9}{8}p^2m_6; \quad \dots \dots \dots$$

В результате формулы для абсцисс и ординат проекции записываются в следующем виде:  $x = S$ ;  $y = \Phi_0 \lambda$ , где  $\Phi_0$  определяется по широте параллели  $B_0$ , на которой отсутствуют ис-

кажения длин:

$$\Phi_0 = r_0(1 + z^2 \cos^2 B_0)^{\frac{1}{2}}.$$

Формула (11) была использована для определения радиуса кривизны меридиана на эллипсоиде Красовского в [4], показав высокую точность вычислений. Используя полуоси эллипсоида Красовского, были получены аналогичные результаты и по формуле (10).

Наряду с равноугольной цилиндрической проекцией трёхосного эллипсоида Л.М. Бугаевский рекомендовал также равнопромежуточную вдоль меридианов цилиндрическую проекцию трёхосного эллипсоида для картографирования небесных тел, подобных нерегулярному в своей фигуре, спутнику Марса Фобос. По аналогии с Фобосом было решено рассмотреть возможности по её использованию для картографирования астероида 433 Эрос.

Астероид Эрос характеризуется экстремально вытянутой и, в тоже время, нерегулярной формой (рис. 2). Он описывается полуосами трёхосного эллипсоида  $a=15000$  м,  $b=c=7500$  м (по первоначальным оценкам).

Формулы для определения абсцисс (11) были рекомендованы в [3] для тел с большим полярным сжатием, поэтому они были использованы для построения картографических сеток поверхности астероида 433 Эрос для составного эллипсоида в [5, 6].

С полярным сжатием тесно связаны характеристики эксцентриситетов. Первый полярный и экваториальный эксцентриситеты вычисляются по формулам:

$$e^2 = (a^2 - c^2)/a^2; \quad e_a^2 = (a^2 - b^2)/a^2.$$

Их значения для Фобоса и Эроса составляют соответственно:  $e^2=0,5$ ;  $e_a^2=0,4$ ;  $e^2=0,75$ ;  $e_a^2=0,75$ .

В связи с тем, что использование формул (10) и (11) даёт приближённый результат вычисления абсцисс, для проверки результатов и более точного вычисления равнопромежуточных вдоль меридианов проекций трёхосного эллипсоида, получим длины дуг меридианов и экватора проекции с помощью эллиптического интеграла. Для этого была написана специальная программа вычисления определенного интеграла, дополненная подпрограммами вычисления трёх вариантов подынтегральной

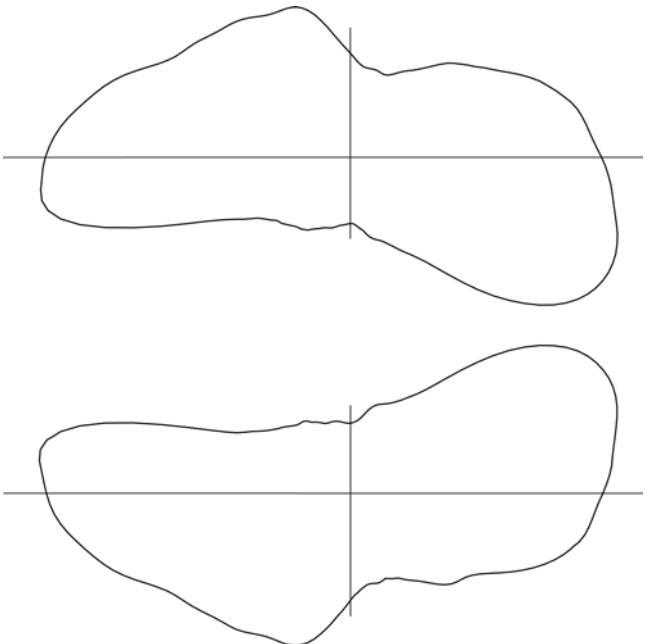


Рис. 2. Силуэты северного и южного полюсов Эроса

функции. Использование этой программы позволяет получать координаты равнопромежуточной вдоль меридианов цилиндрической проекции, сохраняющей длины вдоль экватора. Выбор эллиптического цилиндра соответствует результатам работы [7], в которой убедительно показаны преимущества такого цилиндра перед круговым.

Формула для определения ординат в проекции, соответствующих длине дуги экваториального эллипса

$$S_y = b \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \frac{\sqrt{1-(2-k^2)k^2 \cos^2 \lambda}}{(1-k^2 \cos^2 \lambda)^{\frac{3}{2}}} d\lambda \quad (12)$$

получается из уравнения эллипса в плоской полярной системе координат  $\rho, \delta$  и известного соотношения

$$S = \int_{\delta_1}^{\delta_2} \sqrt{\rho^2 + \left(\frac{d\rho}{d\delta}\right)^2} d\delta,$$

где  $S$  — длина произвольной кривой.

В работе [3, с. 35, формулы (88)–(89)] предлагается использовать то же соотношение, но вычисление конкретных значений проводится по приближенным формулам [3, с. 30, формулы (70)–(71)], рассчитанным на малые значения эксцентриситета эллипса. Поэтому приведенные в цитируемой работе результаты вычислений прямоугольных координат на экваторе при

долготе в  $90^\circ$  для картографирования Фобоса [3, с.34] почти совпадают с нашими (отклонение 16 м), а координаты для спутника Юпитера Амальтеи [3, с. 129] из-за значительного экваториального сжатия ( $e_a^2 = 0,6$ ) отличаются от наших довольно сильно (отклонение 41508,4 м).

Программа вычисления интеграла написана на основе квадратурной формулы Гаусса [8, 9] с пятью узлами. Формула Гаусса является частным случаем интеграла от интерполяционного многочлена Лагранжа, со специальным подбором узлов и весовых коэффициентов, позволяющим существенно повысить точность интерполяции, не повышая степени многочлена. Узлы на произвольном отрезке вычисляются из условия сохранения соотношения расстояний между концами отрезка и соответствующими узлами на отрезке  $[-1, +1]$ , которые являются нулями многочлена Лежандра [8] пятой степени. Значения весов для произвольного отрезка также легко получаются из заранее вычисленных для  $[-1, +1]$ . Программа реализована на языке программирования JavaScript и представлена на сайте ЦГИ ИГ РАН как часть инструмента, позволяющего вычислять координаты точек пересечения параллелей и меридианов в равнопромежуточных проекциях трёхосного эллипсоида ([10] на русском языке и [11] на английском). При выбранной степени многочлена Лежандра, любая наперед заданная точность вычисления интеграла достигается за счёт дробления отрезка.

Для равнопромежуточной вдоль меридианов цилиндрической проекции трёхосного эллипсоида предлагаются три варианта определения широты, для каждого из которых длина дуги меридиана вычисляется по-своему.

1.  $B$  — условно-геодезическая широта, то есть угол между нормалью к эллипсу в плоскости меридианного сечения и линией пересечения этой плоскости с экваториальной плоскостью. Для эллипсоида вращения такая широта совпадает с геодезической широтой. Длина дуги меридиана от экватора до параллели с широтой  $B_i$  вычисляется по формуле

$$S_x = \int_0^{B_i} M d\varphi, \quad (13)$$

где  $M$  — кривизна меридианного сечения, вычисляемая по формуле (4).

2.  $\varphi$  — геодезическая широта, то есть угол между нормалью к поверхности трёхосного эллипсоида и экваториальной плоскостью. Длина дуги меридиана от экватора до параллели с широтой  $\varphi_i$  вычисляется после замены переменной по формуле

$$\begin{aligned} S_x &= \int_0^{\varphi_i} \frac{d_{\text{ш}}(1-p^2)}{\left[1-p^2 \sin^2 B(\varphi)\right]^{\frac{3}{2}}} dB d\varphi = \\ &= \int_0^{\varphi_i} \frac{d_{\text{ш}}(1-p^2) \sqrt{1+z^2 \sin^2 \varphi} \sqrt{1+z^2}}{\left[1-p^2 \sin^2 \varphi + z^2 \sin^2 \varphi (1-p^2)\right]^{\frac{3}{2}}} d\varphi, \end{aligned} \quad (14)$$

где  $B(\varphi) = \arcsin \left[ \frac{\sin \varphi \sqrt{1+z^2}}{\sqrt{1+z^2 \sin^2 \varphi}} \right]$ ;  $z$  и  $p^2$  вычисляются по формулам (7).

Для контроля при отладке программы длина дуги меридиана от экватора до параллели с широтой  $\varphi_i$  также вычислялась по формуле (13) с заменой верхнего предела интегрирования  $B_i = B(\varphi)$ . Результаты вычислений полностью совпали.

3.  $\varphi$  — планетоцентрическая широта, то есть угол между радиус-вектором из центра эллипсоида на данную точку поверхности эллипсоида и плоскостью экватора. Длина дуги меридиана от экватора до параллели с широтой  $\varphi_i$  вычисляется по той же формуле, что и длина дуги экватора с заменой  $b$  на  $c$ ,  $p^2$  на  $k^2$  и  $\lambda$  на  $\varphi$ :

$$S_x = c \int_0^{\varphi_i} \frac{\sqrt{1-(2-k^2)k^2 \cos^2 \varphi}}{(1-k^2 \cos^2 \varphi)^{\frac{3}{2}}} d\varphi. \quad (15)$$

Для контроля длина дуги меридиана от экватора до параллели с широтой  $\varphi_i$  также вычислялась по формуле (13) с заменой верхнего предела интегрирования  $B_i = B(\varphi)$ . При этом условно-геодезическая широта вычисляется из соотношения:

$$\operatorname{tg} B = \left( \frac{d_{\text{ш}}^2}{c^2} \right) \operatorname{tg} \varphi.$$

Таким образом, абсциссы равнопромежуточной вдоль меридианов проекции вычисляются по формулам (13, 14 или 15) в зависимости от способа задания широты на трёхосном эллипсоиде. Ординаты проекции вычисляются по формуле (12).

Разные способы задания широты для ци-

линдрической проекции позволяют провести сравнительный анализ вида параллелей (рис. 3) и сопоставить наши результаты вычислений с приведёнными в работах [3, 5]. Сравнение параллелей интересно в связи с тем, что хотя соответствие точек поверхности трёхосного эллипсоида точкам на плоскости в проекции не зависит от способа задания широты, сами параллели в зависимости от этого представляют собой разные линии на поверхности трёхосного эллипсоида. Причём в отличие от эллипса вращения на линии с постоянной, например, планетоцентрической широтой условно-геодезическая широта не постоянна.

На рис. 3 видно, что условно-геодезическая широта совпадает с геодезической на меридиане с долготой  $180^\circ$ . Это является следствием того, что нормаль к поверхности эллипса лежит в плоскости меридианного сечения при долготе 0;  $90^\circ$ ;  $180^\circ$  и  $270^\circ$ .

Практическое значение имеет способ, связанный с планетоцентрической широтой  $\varphi$ , так как данные для планетной картографии, как правило, представлены в системе координат  $\varphi, \lambda$ . На рис. 4 представлена карта поверхности астероида 433 Эрос в равнопромежуточной

вдоль меридианов цилиндрической проекции трёхосного эллипса, в которой параллели построены в соответствии с планетоцентрическими широтами.

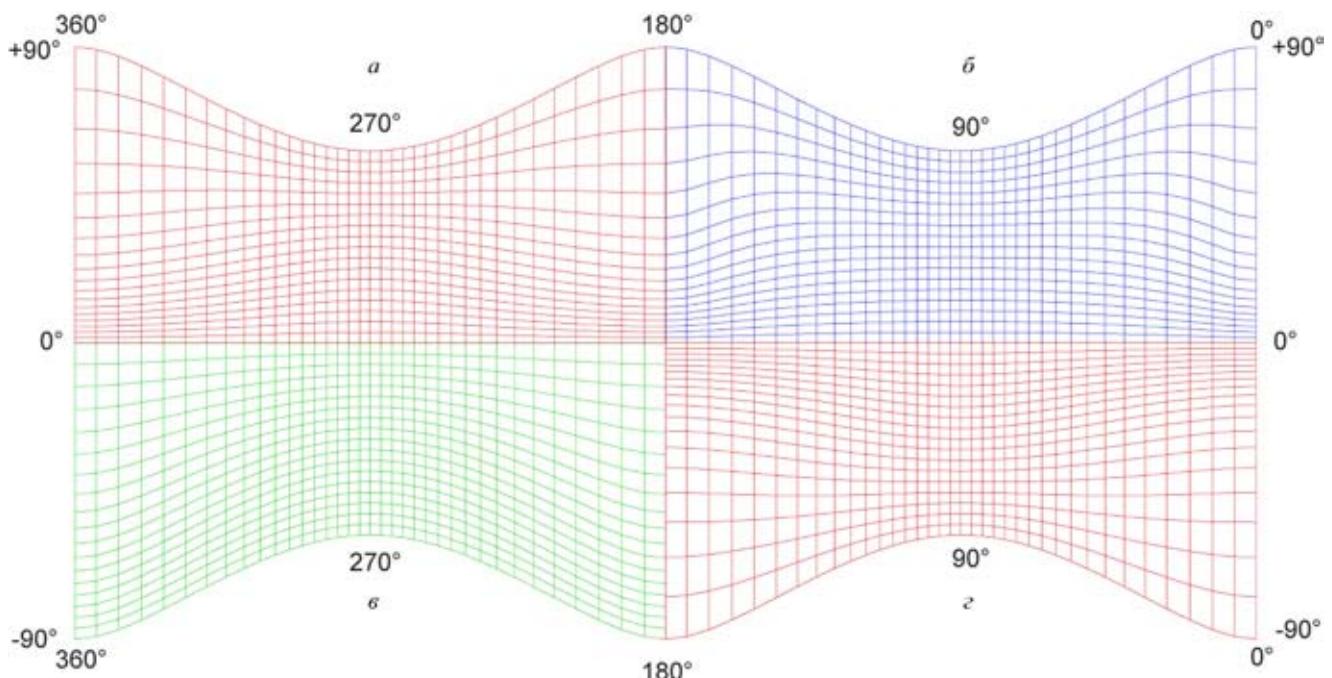
Азимутальная проекция вычислялась только для планетоцентрической широты с использованием той же подынтегральной функции, что и для меридиана соответствующей цилиндрической проекции.

$$x = \rho \sin \delta; \quad y = -\rho \cos \delta,$$

$$\text{где } \rho = c \int_{\varphi_i}^{\frac{\pi}{2}} \frac{\sqrt{1 - (2 - k^2)k^2 \cos^2 \varphi}}{(1 - k^2 \cos^2 \varphi)^{\frac{3}{2}}} d\varphi \text{ и } \delta = \lambda.$$

На рис. 5 представлены карты северного и южного полушарий астероида 433 Эрос в равнопромежуточной вдоль меридианов азимутальной проекции трёхосного эллипса.

Сравнение результатов вычислений равнопромежуточной вдоль меридианов цилиндрической проекции трёхосного эллипса, приведённых в статье [5], с нашими результатами показало, что формула (241) из работы [3, с. 78] не пригодна для картографирования небесных тел с большим полярным сжатием. Формулы



**Рис. 3. Вид картографической сетки в равнопромежуточной вдоль меридианов цилиндрической проекции трёхосного эллипса:**

*a, c — абсциссы вычислялись с учётом условно-геодезической широты; б — абсциссы вычислялись с учётом геодезической широты; в — абсциссы вычислялись с учётом планетоцентрической широты*

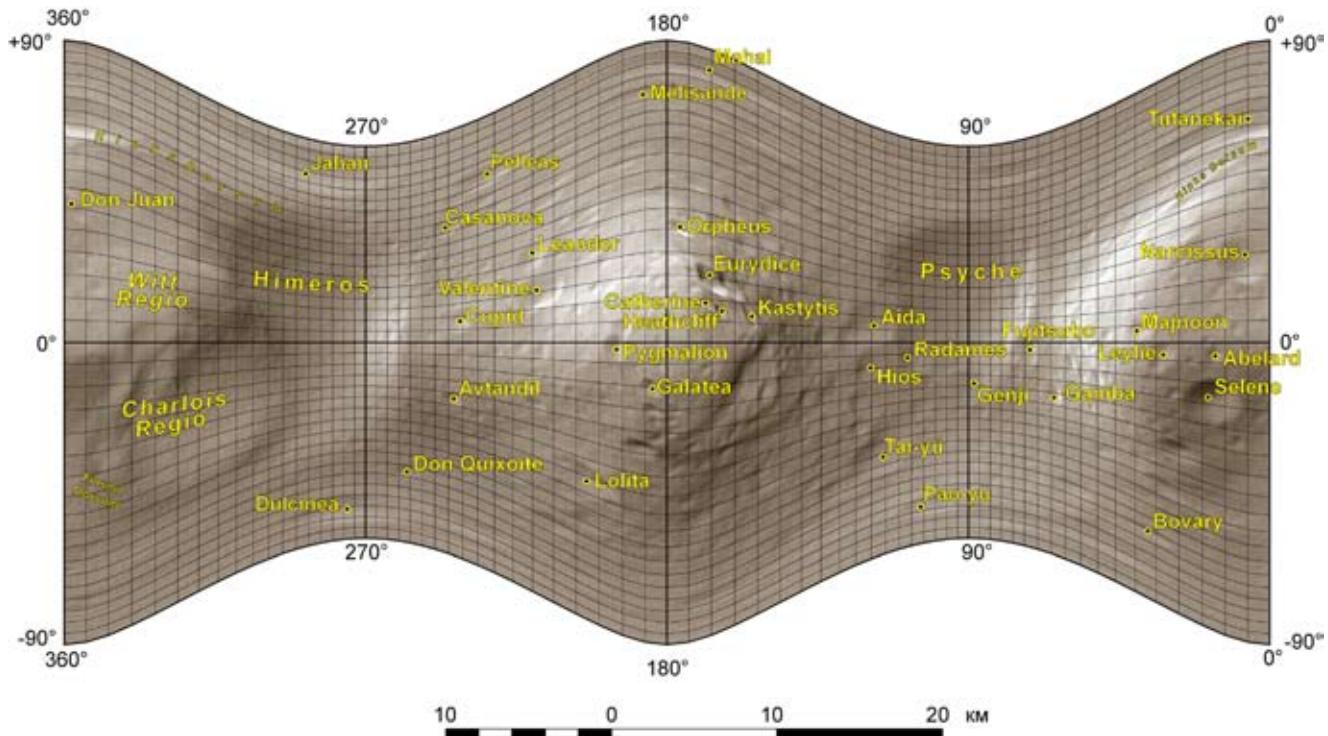


Рис. 4. Карта поверхности астероида 433 Эрос в равнопромежуточной вдоль меридианов цилиндрической проекции трёхосного эллипсоида

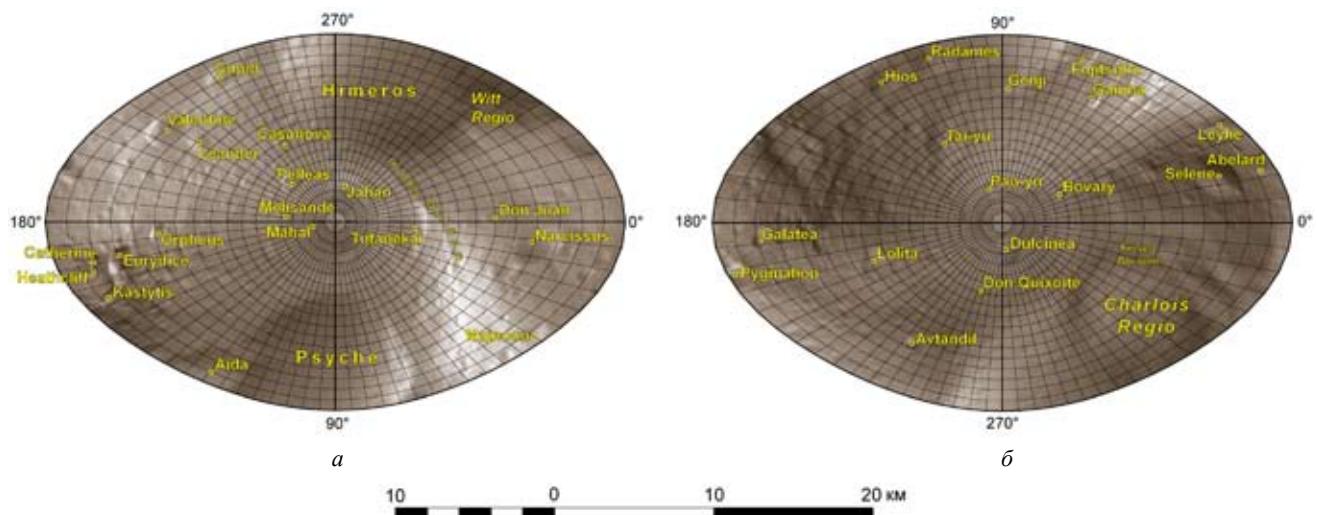


Рис. 5. Северное (а) и южное (б) полушария астероида 433 Эрос в равнопромежуточной вдоль меридианов азимутальной проекции трёхосного эллипсоида

(70), (71) для получения ординат проекций трёхосного эллипсоида, сохраняющих длины вдоль экватора, из работы [3, с. 30] не пригодны для картографирования небесных тел с большим экваториальным сжатием.

В соответствии с [3] мы называем предложенные проекции равнопромежуточными вдоль меридианов, хотя строго говоря, допол-

нительно к свойству сохранения длин вдоль меридианов требуется, чтобы в любой точке экстремальный масштаб длин вдоль меридиана был равен единице. Для уточнения такого дополнительного свойства необходимо отдельное исследование, которое можно проводить, используя методику, предложенную в [7].

Рассмотренный в данной статье математи-

ческий аппарат даёт возможность вычислять равнопромежуточные цилиндрические и азимутальные проекции трёхосного эллипсоида для небесных тел с любыми значениями эксцентриситета. Программа, реализованная на языке программирования JavaScript и представленная на сайте ЦГИ ИГ РАН, позволяет вычислять проекции для любых типов референц-поверхностей — от сферы до составного эллипсоида.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Stooke P.J. (1986). Automated cartography of non-spherical worlds. Proc. 2<sup>nd</sup> Internat. Symp. Spatial Data Handling, pp. 523–536.
2. <http://planetmap.ru/atlas/phobos-surface-maps.html>.
3. Бугаевский Л.М. Теория картографических проекций регулярных поверхностей. М.: Златоуст, 1999. –144 с.
4. Морозов В.П. Курс сфериодической геодезии. М.: Недра, 1979.
5. Бугаевский Л.М., Нырцов М.В. Картографирование малых небесных тел с использованием составных эллипсоидов// Изв. вузов «Геодезия и аэрофотосъёмка», 2006. –№6. –С. 158–168.
6. Maxim V. Nyrtsov, Lev M. Bugaevsky, Philip J. Stooke. The multiple axis ellipsoids as reference surfaces for mapping of small celestial bodies. Proceedings of the 23<sup>d</sup> International Cartographic Conference, 4–10 August Moscow 2007, Russia “Cartography for everyone and for you” CD-ROM.
7. Bilibina N.A., Vereshchaka T.V. Some peculiarities of generating projections for a triaxial ellipsoid. Proceedings of the 27<sup>th</sup> International Cartographic Conference 3–8 July Paris 2011, France, CD-ROM.
8. Никольский С.М. Квадратурные формулы. М.: Наука, 1988. –256 с.
9. Калиткин Н.Н. Численные методы. М.: Наука, 1978. –512 с.
10. [http://geocnt.geonet.ru/ru/3\\_axial](http://geocnt.geonet.ru/ru/3_axial).
11. [http://geocnt.geonet.ru/en/3\\_axial](http://geocnt.geonet.ru/en/3_axial).

Поступила 2 ноября 2011 г.  
Рекомендована кафедрой географии МИИГАиК

УДК 550.837.82; 528

## ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ И МОНИТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ

### ФРАКТАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАЙОНОВ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ НА СНИМКАХ В ТЕПЛОВОМ ИК-ДИАПАЗОНЕ

Аспирант Н.Е. Чуфарова

Московский государственный университет геодезии и картографии

E-mail: its\_keane@mail.ru

**Аннотация.** Рассмотрено применение фрактальной геометрии для анализа текстуры и изучения эффекта «городского острова теплоты» на снимках в тепловом ИК-диапазоне. Для этого было получено распределение поверхностной радиационной температуры, построены фрактальные модели – поверхностная и профильная, определены значения их фрактальных размерностей. На основе этих параметров была проведена классификация изображений.

**Ключевые слова:** пространственная радиационная температура, фрактальная размерность, лакунарность, тепловое ИК-изображение

**Abstract.** The application of fractal geometry for texture analysis and study of "urban heat island" effect is under review. Images in the thermal infrared range are used. The fractal models were constructed on the data of surface temperature distribution. Surface and profile models were created, the values of their fractal dimensions were defined. An image classification was performed after these parameters.

**Keywords:** surface radiant temperature, fractal dimension, lacunarity, thermal infrared image

**Введение.** Тепловые изображения земной поверхности с высоким пространственным разрешением имеют гетерогенную (неоднородную) структуру, поэтому к ним можно применить методы фрактального анализа.

По одному из определений Мандельброта, фракталом называется структура (множество), состоящая из частей, которые в каком-то смысле подобны целому. Это свойство самоподобия случайных структур связано со статистической однородностью их строения на различных пространственных масштабах [1]. При описании различных типов подстилающих поверхностей на изображении, они рассматриваются как объединение областей, характеризующихся конкретным дробным числом, носящим название фрактальная размерность. Применение фрактальной геометрии в области дистанционного зондирования основывается на оценке фрактальной размерности.

Фрактальный метод для изучения эффекта «городского острова теплоты», проявляющегося в различии температуры воздуха над городской застройкой и окружающими терри-

ториями, был применен во многих исследованиях, посвященных этой теме [2, 3]. Были изучены взаимосвязи между температурой воздуха, поверхностной радиационной температурой и характером подстилающей поверхности, влияние динамики развития города на «городской остров теплоты» на основе тепловых ИК-изображений. Поэтому представляет интерес определить, насколько качественно и точно можно произвести классификацию и выделение городских областей по тепловым ИК-снимкам на основе фрактального анализа, как сильно существование «городского острова теплоты» меняет общую текстуру изображения и в какой степени это изменение может быть выявлено с помощью количественной оценки параметров фрактальной геометрии.

**Используемые данные.** Для разработки и тестирования метода классификации в работе были использованы два тепловых ИК-снимка Landsat Thematic Mapper (TM). Первое изображение было получено 7 августа 2008 г., оно покрывает область от 52,1 до 54,1° с.ш. и от 113 до 116,7° з.д. (Эдмонтон, Альберта, Канада).

Второе изображение было получено 17 августа 2007 г., находится между 53,4 и 55,5° с.ш. и 35,3 и 39,4° в.д. (Калужская область, РФ).

Спектральное разрешение снимков 10,40–12,50 мкм.

**Методика.** 1. Вычисление поверхностной радиационной температуры. Поверхностная радиационная температура (ПРТ) определяется как средняя радиационная температура подстилающей поверхности и объектов на ней, принятых за черные тела. Поверхностная радиационная температура может быть вычислена следующим образом [2]:

$$T = K_1 / \ln(1 + K_2 / R_{\text{TM}}),$$

где  $K_1$  и  $K_2$  — калибровочные константы ( $K_1 = 1260,56 \text{ К}$ ;  $K_2 = 60,766 \text{ мВт см}^{-2} \text{ стр}^{-1} \text{ мкм}^{-1}$ );  $R_{\text{TM}}$  — спектральная интенсивность излучения, измеренная сенсором.

Величину  $R_{\text{TM}}$  можно получить, используя значения пикселей  $DN$  тепловых ИК-изображений с помощью формулы

$$R_{\text{TM}} = \frac{DN}{255} (R_{\max} - R_{\min}) + R_{\min},$$

где  $R_{\max}$  и  $R_{\min}$  — соответственно максимальное и минимальное значения спектральной интенсивности излучения, определенные сенсором.

Распределение поверхностной радиационной температуры для одной из частей снимка показано на рис. 1 (светлые участки на изображении более теплые).

2. Оценка фрактальной размерности поверхности модели. Наиболее распространенный метод определения фрактальной размерности  $D$  — метод подсчета клеток (box-counting). Традиционный способ расчета фрактальной размерности этим методом заключается в том,

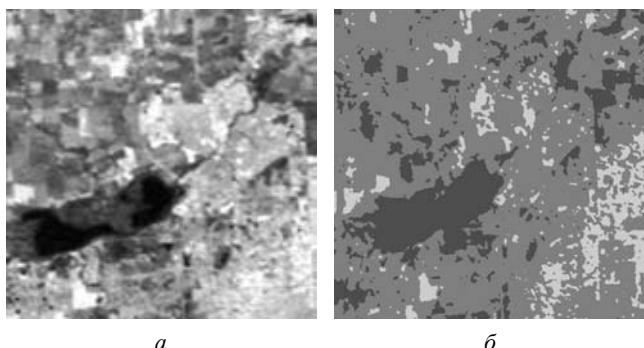


Рис. 1. Исходное контрастированное тепловое ИК-изображение (а); схема распределения ПРТ (б)

что исследуемый объект покрывается сеткой с размером клетки  $\varepsilon$  и подсчитывается количество клеток сетки  $N(\varepsilon)$ , покрывающих объект. Фрактальная размерность определяется как

$$D = -\lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{\lg N(\varepsilon)}{\lg \varepsilon}.$$

В силу того, что для природного фрактала интервал самоподобия ограничен, размер элементов покрытия для него может варьироваться в определенном диапазоне, максимальное значение которого определяется размерами объекта, а минимальное — его элементарным структурным элементом. Таким образом, для природного фрактала эта формула неприменима. В этом случае для оценки фрактальной размерности применяется алгоритм, в котором определяют зависимость числа клеток покрытия фрактала от размера клетки, выделяют на ней линейный участок (в двойном логарифмическом масштабе) и аппроксимируют зависимость на этом участке линейной функцией [4]. Но стандартный способ оценки фрактальной размерности не дает точных результатов классификации для тепловых ИК-изображений. Объекты, текстуры которых визуально различимы, не дифференцируются с достаточной точностью на основе фрактального анализа. Так, например, изображенные на рис. 2 различные типы подстилающей поверхности характеризуются близкими значениями  $D$ . Как видно из рис. 3, диапазоны фрактальной размерности этих типов объектов перекрываются, хотя видна тенденция их расположения, в частности, фрактальные размерности классов «с/х область» и «горная местность» перекрываются слабо.

Для разделения перекрывающихся диапазонов областей «с/х область» и «городская территория» можно оценивать фрактальную

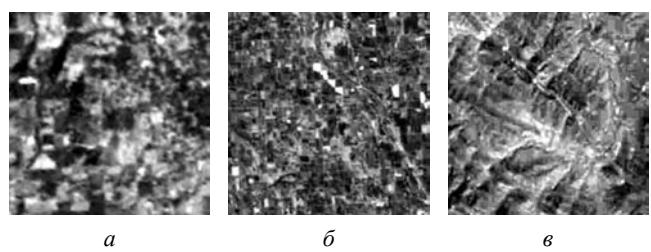


Рис. 2. Фрагменты тепловых ИК-изображений:  
а — городская территория; б — с/х область;  
в — горная местность

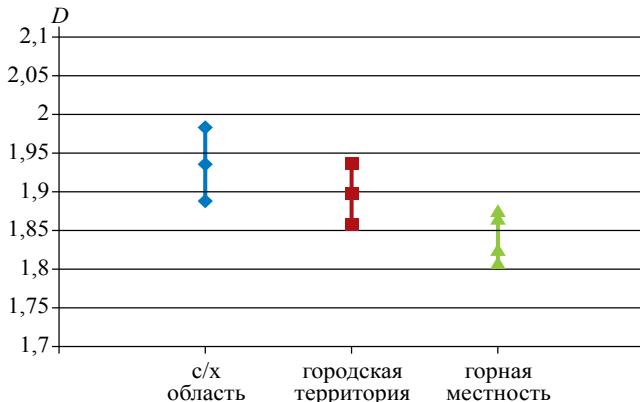


Рис. 3. Диапазоны фрактальной размерности трех типов объектов

размерность бинарного изображения и в качестве порога при бинаризации принять среднее значение поверхностной радиационной температуры. В этом случае появляется более заметная разница в текстурах этих объектов и, следовательно, в значениях их фрактальных размерностей. Это объясняется тем, что плотность участков с высокой ПРТ выше в зонах городской застройки, поэтому ее фрактальная размерность, которая характеризует степень заполнения пространства, больше. При одном и том же диапазоне значений ПРТ сохраняется различие фрактальных размерностей этих двух типов объектов, поэтому можно выполнить их первичную классификацию.

На рис. 4 показан фрагмент изображения, в который вошли городские и сельские территории. После определения пространственной радиационной температуры и оценки фрактальной размерности бинарного изображения области, выделенные красными линиями, классифицировались как «город».

Таким образом, приведенный метод фрактального анализа позволяет провести первичную классификацию объектов, различающихся фрактальной размерностью, однако он допускает выделение лишних объектов и ошибочно относит их к другому классу.

*3. Вычисление лакунарности.* Улучшить результаты классификации помогает вычисление лакунарности выделенных участков изображения, т.е. наличия пустот как меры неоднородности структуры фрактала. Лакунарность изображения вычисляется следующим образом [5]:

обозначим  $P(m, L)$  — вероятность того, что в окне размера  $L$ , расположенному вокруг произ-

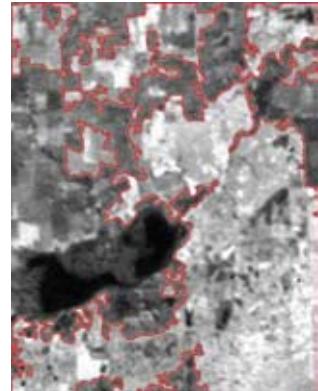


Рис. 4. Результаты классификации на основе фрактального анализа

вольной точки, содержится  $m$  пикселей определенной интенсивности, тогда  $\sum_{m=1}^N P(m, L) = 1$ , где  $N$  — число возможных точек в окне размера  $L$ ;

$$\text{приняв } M(L) = \sum_{m=1}^N mP(m, L) \quad \text{и} \\ M^2(L) = \sum_{m=1}^N m^2 P(m, L), \text{ лакунарность можно} \\ \text{найти как } \Lambda(L) = \frac{M^2(L) - (M(L))^2}{(M(L))^2}.$$

Однородные объекты характеризуются низкой лакунарностью, так как размеры всех пустот одинаковы или почти одинаковы, наоборот, лакунарность неоднородных объектов высока из-за различных размеров пустот. Так, например, для четырех тестовых объектов (рис. 5). Зависимость значения лакунарности от размера окна показана на рис. 6 [5].

Важно отметить, что однородные в мелких масштабах объекты могут проявлять высокую неоднородность в более крупных масштабах. Поэтому лакунарность можно рассматривать как зависящую от масштаба меру неоднородности или текстуры. На данном масштабе лакунарность показывает насколько подобны друг другу различные части объекта [5].

Лакунарность позволяет описать характеристики объектов с близкой фрактальной размерностью, но различной текстурой.

*4. Определение фрактальной размерности профильной модели.* Пространственную симметрию однородности выделенного объекта можно оценить, используя метод подсчета клеток и вычисляя фрактальную размерность профильной модели изображения. Для получения профилей ПРТ была выбрана центральная

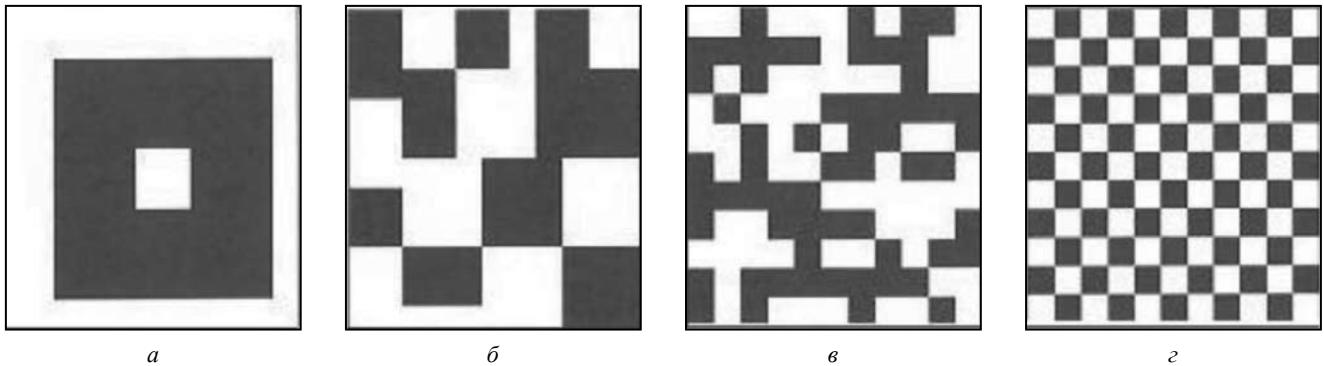


Рис. 5. Бинарные изображения четырех тестовых объектов

точка снимка, через которую проводились секущие линии с шагом 0,3 радиана в диапазоне углов от 0 до  $\pi$  (рис. 7).

Для каждого профиля определялась его фрактальная размерность. Ее значение и степень неоднородности профильной модели находятся в обратной зависимости — с увеличением изрезанности профиля, т.е. неоднородности изображения, его фрактальная размерность уменьшается. Продемонстрировать эту зависимость можно на трех тестовых изображениях (рис. 8). Для них профильная фрактальная размерность, определенная методом подсчета клеток вдоль горизонтальной секущей, принимает следующие значения: *a* — 0,852; *b* — 0,754; *c* — 0,742.

Далее, для каждого объекта определялась средняя фрактальная размерность его профилей. Объекты, содержащие городские области, показывали более высокие значения профильной фрактальной размерности, поэтому на основании этой характеристики был проведен следующий этап классификации.

Недостаток фрактального анализа профильной модели состоит в том, что оценка фрактальной размерности в достаточной степени зависит от размеров анализируемого объ-

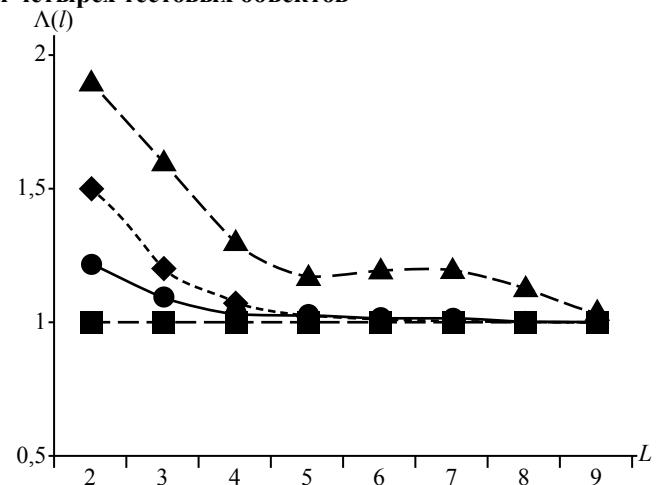


Рис. 6. Кривые лакунарности для изображений, показанных на рис. 5:

— объект *a*; — объект *b*;  
— объект *c*; — объект *d*

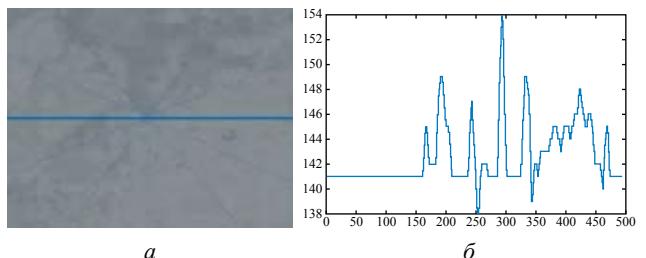


Рис. 7. Схематичное положение секущих линий (а) и профиль ПРТ в относительных единицах вдоль выделенной линии на снимке (б)

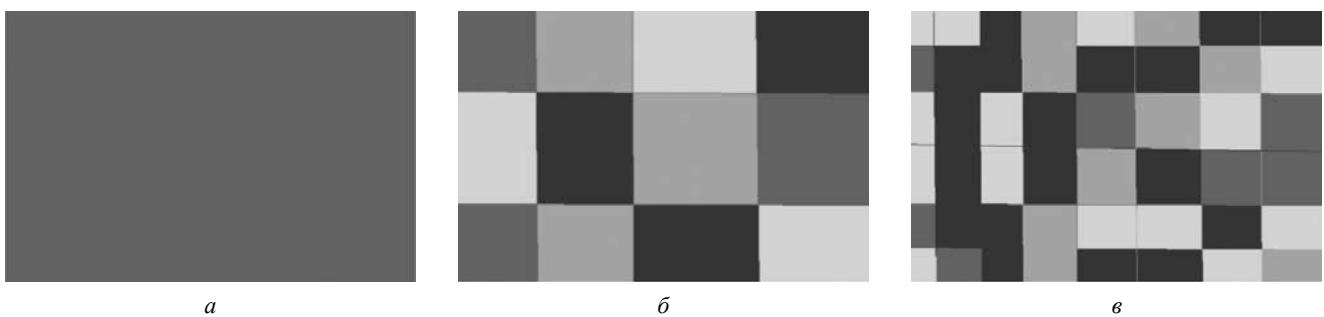
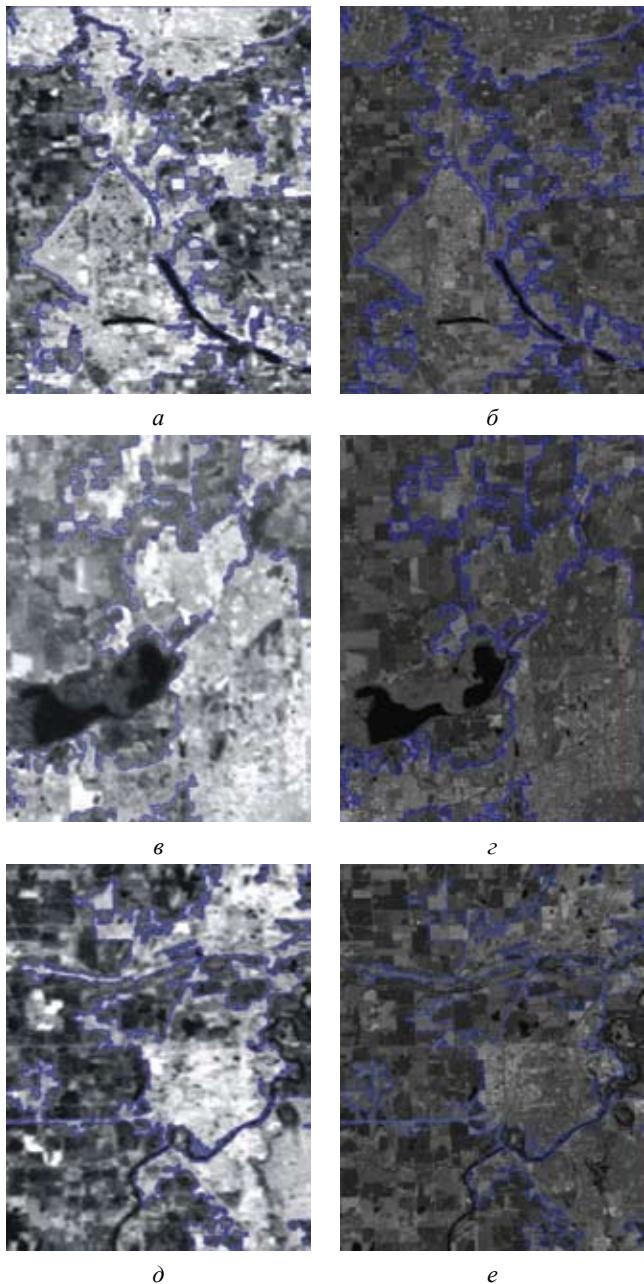


Рис. 8. Тестовые объекты с увеличивающейся неоднородностью



**Рис. 9. Классифицированные изображения:**  
а, в, д — контрастированные тепловые ИК-снимки;  
б, г, е — изображения в оптическом диапазоне

екта. Результаты будут более точными в том случае, когда сравниваются объекты сопоставимых размеров.

**Результаты и оценка точности.** Фрагменты тепловых ИК-изображений, классифицированных по описанной выше методике, представлены на рис. 9, а, в, д. Для лучшей визуальной оценки на рис. 9, б, г, е показаны аналогичные изображения в оптическом диапазоне, по которым проводилась оценка

точности результатов классификации. Для тепловых изображений последовательно проводилась сегментация изображения по величине ПРТ, далее для выделенных фрагментов, отнесенных к классу «городская территория», вычислялась  $D_n$  — фрактальная размерность поверхностной модели,  $\Lambda_{\max}$  — максимальное значение лакунарности,  $D_{\text{пр}}$  — фрактальная размерность профильной модели, а также коэффициент правдоподобия  $k$ .

Оценка точности проводилась путем определения коэффициента правдоподобия, вычисляемого следующим образом:

$$k = \frac{2AB}{A+B},$$

где  $A$  — количество пикселей, автоматически классифицированных как «городская территория» на основании тепловых изображений;  $B$  — пиксели, классифицированные путем ручного дешифрирования по оптическим снимкам;  $AB$  — объединение этих областей.

Таким образом, для идеального случая ( $A = B = AB$ ) коэффициент  $k = 1$ , в случае полностью ошибочной автоматической классификации ( $AB = 0$ )  $k = 0$ .

Полученные в ходе анализа значения параметров фрактального анализа для областей «городская территория» (город) и «сельскохозяйственная область» (с/х обл.) сведены в таблицу ( $\Delta T$  — диапазон ПРТ изображения).

Параметры	Рис. 9, а		Рис. 9, в		Рис. 9, д	
	город	с/х обл.	город	с/х обл.	город	с/х обл.
$\Delta T, K$	298,5–305,0	291,5–301,7	298,2–305,7	293,1–303,7	297,0–305,4	293,1–302,5
$D_n$	2,91	2,41	2,95	2,83	2,94	2,56
$\Lambda_{\max} \cdot 10^{-4}$	2,87	4,5	3,86	5,26	5,57	8,4
$D_{\text{пр}}$	1,48	1,24	1,46	1,24	1,42	1,23
$k$	0,53		0,72		0,59	

Для разных частей городской территории приведенные данные показывают, что фрактальная размерность поверхностной модели  $D_n$ , а также максимальное значение лакунарности  $\Lambda_{\max}$  изменяются в достаточно широких пределах, в то же время фрактальная размерность профильной модели  $D_{\text{пр}}$  изменяется незначительно, что может свидетельствовать о подобии текстуры районов городской застройки.

Наилучшие результаты будет давать классификация на основе поверхностной и профильной фрактальной размерностей. Эти параметры стабильно выше для областей городской застройки. Такой параметр как максимальная лакунарность можно применять для уточнения результатов классификации, но диапазон колебания ее значений от снимка к снимку не позволяет говорить о ней как о главном показателе. Коэффициент правдоподобия  $k$  оказался наибольшим для изображения, где городская застройка представлена более плотно и однородно.

**Заключение.** В работе был предложен алгоритм выделения городских областей тепловых ИК-снимков на основе применения фрактальной геометрии. Как было показано, непосредственное вычисление фрактальной размерности участков теплового изображения не дает однозначных результатов классификации, поэтому необходима комплексная обработка с применением различных характеристик. В связи с этим, каждое изображение было разделено на сегменты, которым был поставлен в соответствие набор основных параметров фрактального анализа.

По исходным тепловым снимкам была выделена поверхностная радиационная температура, по значениям которой проводился даль-

нейший анализ пространственной фрактальной размерности изображений. Были определены диапазоны значений максимальной лакунарности и фрактальной размерности профильной модели для участков городской застройки.

Анализируя результаты выполненной работы, можно сделать вывод, что эффект «городского острова теплоты» на тепловых ИК-снимках может быть описан с помощью параметров фрактального анализа, однако требуются дальнейшие исследования для точного определения границ найденных объектов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Султанов А.Х., Багманов В.Х., Киселев А.Е. Исследование фрактальной структуры данных дистанционного зондирования //Инфокоммуникационные технологии, 2007, т. 5, № 2, С. 29–33.
2. Chen Y., Sui D. Z., Fung T., Dou W. Fractal analysis of the structure and dynamics of a satellite-detected urban heat island // International Journal of Remote Sensing, 28, № 10, 20 May 2007, 2359–2366.
3. Weng, Q. Fractal analysis of satellite-detected urban heat island effect //Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 69, № 5, 2003, 555–566.
4. Иванов А.В., Короновский А.А., Минюхин И.М., Яшков И.А. Определение фрактальной размерности овражно-балочной сети города Саратова //Изв. вузов «ПИД», 2006, т.14, №2, С. 64–74.
5. Dong P. Lacunarity for spatial heterogeneity measurement in GIS //Geographic Information Sciences, 6, № 1, June 2000, 20–26.

Поступила 18 ноября 2010 г.  
Рекомендована кафедрой физики МИИГАиК

## КЛАССИФИКАЦИЯ ОПОЛЗНЕОПАСНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Преподаватель Н.А. Скнарина

Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону

E-mail: nadskn@mail.ru

**Аннотация.** Проведен анализ оползневой опасности Нижнего Дона. Сформулированы и обоснованы категории опасности оползней. Предложена схема и алгоритм классификации, основанные на положениях теории распознавания образов, позволяющие формализовать процедуру идентификации оползней и встроить ее в системы автоматизированного управления оползневой ситуацией.

**Ключевые слова:** классификация, оползни, распознавание образов

**Abstract.** The landslide hazard on Lower Don is under analysis. Landslide categories are formulated and substantiated. The presented scheme and the classification algorithm are based on the pattern recognition theory regulations. It allows to formalize the procedure for the identification of landslides and embed it into the automated control system of landslide situation.

**Keywords:** classification, landslides, pattern recognition

В настоящее время оценка изменений эколого-геологических условий оползневых склонов проводится на основе данных предшествующих изысканий и наблюдений, про-

водимых на сегодняшний день. Нарушение равновесия оползневых склонов имеет как природные предпосылки, так и техногенное воздействие на геосреду.

Одним из определяющих факторов оползнеобразования территории правого берега Нижнего Дона является обводнение делювиальных лесовых суглинков склонов (плиоценовая терраса Дона) и потеря ими прочностных свойств. Эти процессы давно служат объектом исследования, т.к. ущерб от оползней может быть значительным. Для оценки влияния оползневых процессов на состояние эколого-геологических условий правобережья Нижнего Дона используются критерии, характеризующие изменения рельефа массива и качества геологического пространства. Они подразделяются на площадные (отношение нарушенной площади к ненарушенной или общей площади в %), энергетические (скорость, глубина и объемы вовлеченных в смещение пород) и динамические (темперы нарастания негативных нарушений).

Оползни правобережья Нижнего Дона делятся на стабилизировавшиеся, временно стабилизировавшиеся и действующие. Они связаны или с погребением под грунтовой массой людей, животных, растительности, инженерных сооружений или со смещением, которое сопровождается нарушением ландшафта и деформацией сооружений, ведущей часто к их разрушению и жертвам. В качестве критериев определения класса состояния эколого-геологических [1] условий правобережья Нижнего Дона целесообразно использовать интенсивность проявления процесса (коэффициент пораженности площадной). Так как на карте в качестве самостоятельного массива пород могут быть выделены определенные объемы оползневых тел, существенное значение с точки зрения экологических последствий может иметь степень их активности (доля площади с признаками оползневых подвижек, в %) т. е. активность проявления процесса (коэффициент активности) (табл. 1).

На основе этих критериев проведена эколого-геодинамическая оценка [3] территории правого берега Нижнего Дона в связи с

развитием оползневых процессов на карте масштаба 1:200 000. В результате, с учётом анализа и обобщения информации на исследованной территории выделены:

1. *Умеренно-опасные территории* (УОТ). Класс состояния эколого-геологических условий удовлетворительный. Поражённость территории менее 5%; действующие оползни объемом не более нескольких десятков кубических метров; глубина смещения до 5 м.; среднегодовые величины горизонтального смещения менее 0,5 м/год. Склон представляет собой выпукленную поверхность. Граница проведена по верхней бровке склона с учётом данных расчёта устойчивости склона и результатов геодезических наблюдений за деформационными знаками, по которым практически отсутствует вертикальное смещение. Такие террасы распространены практически на всем протяжении правобережья Нижнего Дона.

2. *Опасные территории* (ОТ). Состояние эколого-геологических условий условно удовлетворительное. Поражённость территории 5–25%, действующие оползни объемом  $10^2$ – $10^3$  м<sup>3</sup>, глубина смещения до 20 м, скорость горизонтальных смещений 0,5–1 м/год. Природные качества литосферы в относительно неблагоприятном состоянии или заметно ухудшены хозяйственной деятельностью человека. Повышение уровня грунтовых вод до 5–25% от критического значения. В пределах склона наблюдаются протекающие эрозионные процессы, формирующие локальные базисы сползания, создающие неблагоприятную оползневую обстановку. Такими склонами являются: правый и левый склоны реки Темерник, г. Ростов-на-Дону, Донской склон в центральной части города, верховье балки Климова, мемориал «Змеевая балка», Константиновские склоны, Николаевский склон Ростовской области и другие склоны, имеющие локальные очаги подвижек.

3. *Весьма опасные территории* (зо-

Т а б л и ц а 1

#### Сводная классификационная оценка оползневых процессов

Интенсивность проявления процесса (коэффициент пораженности площадной)	Активность проявления процесса (коэффициент активности)	Категории опасности процесса по СНиП 22-01-95	Класс состояния эколого-геологических условий [3]
Менее 1%	Менее 10%	Умеренно-опасный	Удовлетворительное
1–10%	10–30 %	Опасный	Условно-удовлетворительное
11–30 %	31–40 %	Весьма опасный	Не удовлетворительное
Более 30 %	Более 40 %	Чрезвычайно опасный	Катастрофическое

на активных оползневых процессов) (ВОТ). Класс состояния эколого-геологических условий неудовлетворительный. Пораженность территории 25–50% действующие оползни объемом  $10^4\text{--}10^5 \text{ м}^3$ , глубина смещения до 50 м. Скорость горизонтального смещения 1–3 м/год. Повышение уровня грунтовых вод до 25–50% критического значения. Природное качество литосферы находится в весьма неблагоприятном состоянии или существенно ухудшено антропогенной деятельностью человека на значительной площади. Возможны смещения, сопровождаемые нарушением ландшафта и деформацией сооружений, часто ведущей к их разрушению и жертвам. Сюда вошли территории: Пухляковские склоны (ст. Мелиховская, ст. Пухляковская, ст. Раздорская) оползневой участок района Александровка, балки Кизитеринка г. Ростова-на-Дону, оползневой склон в г. Аксаке.

4. Чрезвычайно опасные территории (зона действующих оползней) (ЧОТ). Состояние эколого-геологических условий катастрофическое. Пораженность более 50% действующие оползни объемом  $10^6\text{--}10^7 \text{ м}^3$ , глубина смещения более 50 м, среднегодовые величины горизонтального смещения более 3 м/год. Геодинамические воздействия превышают пороговые значения и приводят к глубоким и необратимым последствиям. Катастрофическое оползание склона может произойти в любой момент. Отдельные участки на оползневых склонах от ст. Пухляковской до ст. Ольховской, в г. Ростове-на-Дону и г. Аксаке.

Таким образом, проведена оценка территории правого берега Нижнего Дона в связи с развитием оползневых процессов. Выделены территории по степени эколого-геодинамической нарушенности геосреды. Построена карта инженерно-геологического районирования с оценкой опасности развития оползневых процессов территории Нижнего Дона характеризующая эколого-геологическую обстановку данного района [3]. Результаты классификации сведены в табл. 2.

Учитывая вышеприведенные качественные рассуждения, введем ряд признаков, характеризующих оползневую ситуацию:

$x_1$  — степень поражённости территории, %;

$x_2$  — объем оползня,  $\text{м}^3$ ;

$x_3$  — глубина смещения, м;

$x_4$  — среднегодовые величины горизонтального смещения, м/год.

Таблица 2  
Границы выделенных классов оползней

Класс	$x_1$ , %	$x_2$ , $\text{м}^3$	$x_3$ , м	$x_4$ , м/год
УОТ	<5	<100	<5	<0,5
ОТ	5–25	$10^2\text{--}10^3$	5–20	0,5–1
ВОТ	25–50	$10^3\text{--}10^5$	20–50	1–3
ЧОТ	$\geq 50$	$10^5\text{--}10^7$	$\geq 50$	$\geq 3$

Учет всех четырех признаков приводит нас к четырехмерному пространству признаков, что существенно затрудняет процесс анализа. Для удобства рассуждений ограничимся далее двумерным пространством  $x_1$ - $x_3$  (рис).

На рис. прямоугольники характеризуют выделенные выше классы точек-ситуаций. Величины  $x_1$  и  $x_3$  имеют примерно одинаковый разряд единиц. Если же ориентироваться на переменные  $x_1$  и  $x_2$ , то картина будет не столь показательной. Кроме того, на осах признакового пространства исследования стоят разные размерности, что затрудняет проведение с этими числами различных вычислений.

Следовательно, необходимо привести все переменные к безразмерному и легко сравниваемому виду. Эту процедуру можно выполнить по следующей формуле масштабирования переменных:

$$\tilde{u} = (u - \min u) / (\max u - \min u), \quad (1)$$

где  $u$  — любая из исследуемых переменных.

Преобразование (1) для первых трех классов представлено в табл. 3.

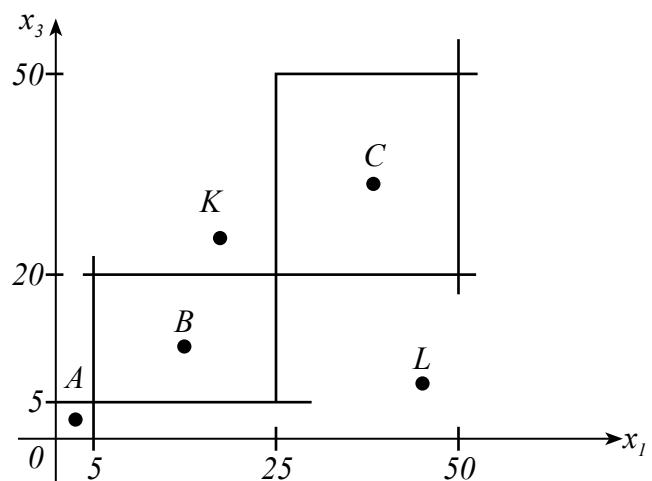


Рис. Графическая иллюстрация качественной схемы классификации оползней

Таблица 3

## Границы выделенных классов оползней в масштабированных значениях переменных

Класс	$x_1$ , %	$x_2$ , м <sup>3</sup>	$x_3$ , м	$x_4$ , м/год
УОТ	0<0,1	0<0,001	0<0,1	0<0,17
ОТ	0,1<0,5	0,001<0,01	0,1<0,4	0,17<0,33
ВОТ	0,5<1	0,01<1	0,4<1	0,33<1

Следующая проблема качественных рассуждений состоит в следующем. Относительно точек  $A$ ,  $B$ ,  $C$  (см. рис.) нет сомнений об их принадлежности к выделенным классам. Но как быть, например, с точками  $K$  и  $L$ ? К какому классу их следует отнести?

Предлагается следующая процедура, характеризующая метод распознавания известный как метод эталона [2]. В каждом классе находится эталон — наиболее типичный представитель класса. Существует несколько подходов для реализации этой процедуры: выбрать из конечного множества обучающей последовательности, найти средние значения признаков (например, математическое ожидание) и т.д. В нашем случае, ориентируясь на экспертные мнения, очевидно в качестве эталонных значений для первых трех классов следует взять центры соответствующих прямоугольников, получим:

$$\mathcal{E}_1(0,05; 0,05), \mathcal{E}_2(0,30; 0,25), \mathcal{E}_3(0,75; 0,70). \quad (2)$$

Аналитически задается мера близости точек — ситуаций. Не приводя доказательств, в качестве таковой примем для двумерного пространства  $x_1, x_3$  евклидову меру, задаваемую соотношением:

$$d(A, B) = ((x_1 A - x_1 B)^2 + (x_3 A - x_3 B)^2)^{0.5}. \quad (3)$$

Определение адекватной меры сравнения ситуаций — отдельная задача, исследование которой не ставилось в данной работе. Определяются расстояния от исследуемой точки-ситуации до всех эталонов выделенных классов. Минимальное из этих расстояний и определяет класс, к которому принадлежит исследуемая ситуация.

Пусть в нашем случае в преобразованных координатах заданы точки  $K(0,30; 0,75)$  и  $L(0,06; 0,80)$ .

По формуле (3) имеем:

$$d(\mathcal{E}_1, K) = 0,69; d(\mathcal{E}_2, K) = 0,50; d(\mathcal{E}_3, K) = 0,453.$$

Минимальное расстояние точки  $K$  с эталоном третьего класса относит соответствующую ситуацию к типу ВОТ — весьма опасной территории.

Аналогично для ситуации  $L$  имеем:

$$d(\mathcal{E}_1, L) = 0,75; d(\mathcal{E}_2, L) = 0,60; d(\mathcal{E}_3, L) = 0,70.$$

Минимальное расстояние точки  $L$  с эталоном второго класса относит соответствующую ситуацию к типу ОТ — опасной территории.

Целью настоящей статьи было показать возможности формализованных методов анализа. Эталоны типов территорий хранятся в базе данных системы мониторинга, текущее состояние определяется из показаний датчиков (результатов измерений), машина рассчитывает расстояния, сравнивает их между собой и оперативно сообщает ЛПР об изменении или сохранении степени опасности. Очевидно, что, познакомившись с данной технологией, специалисты должны пересмотреть свои взгляды и уточнить границы выделенных классов.

Эксперты на основании своего опыта формируют обучающую последовательность данных в виде табл. 4.

Таблица 4  
Обучающая последовательность данных

$i$	$x_1$	$x_2$	...	$x_m$	Класс
1					
2					
...					
$n$					

В общем виде она учитывает  $m$  признаков и ее объем  $n$  наблюдений. Эти данные автоматически подвергаются обработке в соответствие с формулами (1)–(3). Вместо (2) в общей постановке используют формулу среднего значения, например,

$$x_j^{ek} = \frac{\sum x_i}{p}, \quad (4)$$

где  $x_j^{ek}$  — среднее значение  $j$ -го признака  $k$ -го эталона;  $p$  — число ситуаций, принадлежащих  $k$ -му классу в общей совокупности данных.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Трофимов В. Т. Зилинг Д.Г. Экологическая геология. М.: КГУ, 2002. –356 с.
2. Трофимов В.Т., Зилинг Д.Г., Барабашкина Т.А., Харькина М.А. Эколого-геологические карты. СПб.: 2002. –125 с.
3. Трофимова В.Т. Экологические функции литосферы. М.: КГУ, 2000. –269 с.
4. Лябах Н.Н., Шабельников А.Н. Техническая кибернетика на железнодорожном транспорте. Ростов-на-Дону: Изд-во СКНЦ ВШ, 2002. –382 с.

Поступила 9 марта 2011 г.  
Рекомендована кафедрой гидрогеологии  
и инженерной геологии ЮФУ

## ВЛИЯНИЕ ПОЛИГОНОВ ТБО НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Соискатель **О.В. Майорова**

*Московский государственный университет геодезии и картографии*

Tel.: 8(916) 824-38-57

**Аннотация.** Рассмотрены вопросы влияния полигонов твердых бытовых отходов (ТБО) на окружающую среду и ее компоненты: атмосферный воздух, поверхностные и подземные воды, почвы и растительность. Определены основные факторы воздействия, представляющие реальную опасность для здоровья человека.

**Ключевые слова:** полигон ТБО, окружающая среда, загрязнение компонентов окружающей среды

**Abstract.** The environmental impact of solid household waste landfills is considered with the influence on the air, surface and underground waters, soils and vegetation. The main impact factors that are of main human health hazard are detected.

**Keywords:** solid household waste landfills, environment, environmental pollution

Деятельность полигона ТБО связана с нарушением и уничтожением почвенно-растительного покрова, нарушением гидрологического режима поверхностных и подземных вод, загрязнением атмосферного воздуха, поверхностной и подземной гидросферы. На основе изучения типовых воздействий полигона ТБО на окружающую среду (ОС) составлена типовая таблица воздействия ТБО на ОС и их влияний на различные природные компоненты.

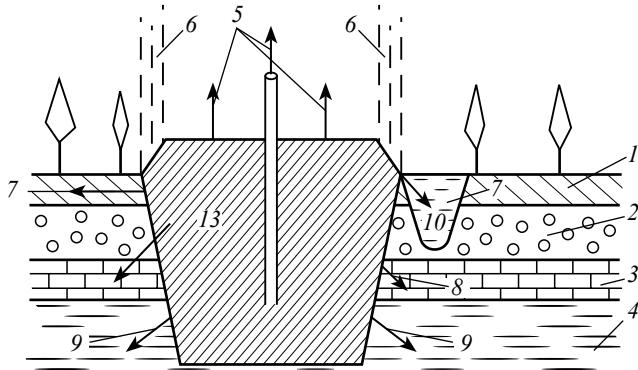
Для оценки эколого-геохимического значения того или иного источника загрязнения не-

обходим более точный учет массы химических элементов, поставляемой им в ОС. Такой учет возможен только по результатам анализа итогов воздействия источников загрязнения — геохимических аномалий в компоненты ОС (рис. 1).

Оценка и анализ разномасштабной и разновременной аэрокосмической, статистической, аналитической информации, геоинформационных данных, полученных по результатам лабораторных химико-аналитических исследований и камеральных работ позволили автору разработать типизацию территории Московской области по степени благоприятно-

**Типовые воздействия полигона ТБО на компоненты ОС**

Компоненты ОС	Воздействие	Результаты
Атмосферный воздух	Выбросы в атмосферу пыли и газов, образующихся в процессе эксплуатации полигона ТБО ( $\text{CH}_4$ , $\text{CO}_2$ , $\text{NO}_x$ и др.)	Запыление, загрязнение, загазовывание атмосферы, самовозгорание, распространение неприятного запаха аммиака, сероводорода, диоксида серы и др. летучих компонентов
Поверхностные воды	Сброс сточных и дренажных вод в поверхностные водотоки, в т.ч. обогащенные примесью токсичных элементов, тяжелых металлов	Уменьшение запасов поверхностных водных горизонтов, изменение гидрохимических и биологических показателей поверхностных вод, ухудшение их качества
Подземные воды	Поступление солей тяжелых металлов, биоразлагаемых и устойчивых органических соединений в грунтовые воды	Ухудшение экологического состояния подземных вод, изменение химического состава подземных вод
Земли, почвы	Сооружение полигона, снятие и уничтожение плодородного слоя земли, строительство дорог и коммуникаций	Деформация земной поверхности, уничтожение почвенного покрова
Ландшафт	Занятие территории под полигон ТБО	Техногенные загрязнения ландшафта, ограничения на другие способы использования территории
Недра	Формирование техногенного рельефа, формирование техногенного горизонта подземных вод	Изменение напряжено-деформационного состояния массива горных пород, загрязнение недр, проседание земной поверхности, развитие кавитовых и оползневых процессов, потеря минеральных грунтов
Животный и растительный мир	Нарушение почвенного и растительного покрова, уменьшение кормовой базы	Сокращение растительных сообществ, миграция животных, потеря биологического разнообразия природных комплексов



**Рис. 1. Влияние полигона ТБО на различные компоненты ОС:**

1 — почвенно-растительный слой; 2 — песчано-гравийная смесь; 3 — глина, грунты; 4 — подземные водоносные горизонты; 5 — выбросы загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосферу; 6 — дождевой смык ЗВ из атмосферы; 7 — поступление ЗВ в почвенно-растительный покров; 8 — поступление ЗВ в нижележащие подземные горизонты; 9 — поступление ЗВ в подземные водоносные горизонты; 10 — водоотводные канавы; 11 — труба для отвода биогаза; 12 — изоляционный грунтовый слой; 13 — техногенный слой

сти размещения полигонов ТБО. При типизации учитывались следующие параметры:

уровень залегания грунтовых вод;

характеристика рельефа (наличие неровных форм, уклоны местности и др.);

экологическое состояние природных компонентов (загрязнения, массоперенос, накопление веществ);

климатические и метеорологические характеристики местности;

социально-экономическая обстановка (инфраструктура, застройка, плотность населения и др.).

При выполнении типизации использовались данные государственной статистики. При типизации учитывались разработанные автором положительные и отрицательные критерии размещения полигонов ТБО. К *положительным критериям* относятся — слабая проницаемость пород зоны аэрации; большая мощность зоны аэрации; наличие юрского (келлройско-кимериджского) регионального водоупора. К *отрицательным критериям* относятся территории: с высоким положением уровня грунтовых вод (менее 2,5 м от поверхности); с зоной аэрации, сложенной хорошо водопроницаемыми почвогрунтами (песками с гравием, галькой и валунами); при отсутствии слабоводопроницаемых тяжелосуглинистых и

глинистых отложений в радиусе до 500–1000 м от водотоков, водоемов, пойм рек; с возможной активизацией экзогенных геологических процессов (просадок, оврагообразования и др.). При других равных условиях предпочтение для выделения участков под полигоны ТБО отдается территориям: с наибольшей мощностью аэрации; почвогрунты, которые слабоводопроницаемы; с наличием избыточного напора основного эксплуатируемого водоносного горизонта; плоским рельефом поверхности.

В результате анализа и оценки всесторонней информации выяснилось, что на территории Московской области благоприятными для размещения полигонов ТБО признаются участки:

открытые, хорошо проветриваемые, незатопляемые и неподтопливаемые, допускающие осуществление мероприятий и инженерных решений, исключающих загрязнение окружающей среды;

расположение с подветренной стороны (для ветров преобладающего направления) по отношению к населенным пунктам и рекреационным зонам;

расположение ниже мест водозаборов хозяйствственно-питьевого водоснабжения, рыболовных хозяйств, мест нереста, массового нагула и зимовых ям рыбы;

удаленные от аэропортов на 15 и более км, от сельскохозяйственных угодий и транзитных магистральных дорог на 200 м, от лесных массивов и лесопосадок, не предназначенных для рекреации на 50 м;

обеспечивающие соблюдение 500-метровой санитарно-защитной зоны от жилой застройки до границ полигона;

с уклоном в сторону населенных пунктов, промышленных предприятий, сельскохозяйственных угодий, лесных массивов не более 1,5%;

с залеганием грунтовых вод при наибольшем подъеме, с учетом эксплуатации полигона, не менее 2 м от нижнего уровня захороняемых отходов;

с преобладанием в разрезе четвертичных отложений экранирующих пород (в т.ч. моренные суглинки), характеризующиеся коэффициентом фильтрации не более 10–7 м/с.

с развитым региональным водоупором (юр-

ские глины), характеризующимся отсутствием «гидравлических окон» и значительных по площади трещиноватых зон;

с отсутствием опасных геологических процессов (оползневые, карстово-суффозионные, овражная эрозия и т.д.).

Оценка гидрогеологической обстановки производится полевыми методами исследований в конкретных геологических условиях, включая трещиноватость пород, наличие гидрогеологических окон и т.п.

С учетом перечисленных особенностей и разработанных критериев, автором составлена карта-схема территории Московской области по степени благоприятности размещения полигонов ТБО и выполнена типизация Московской области по степени благоприятности размещения полигонов ТБО (рис. 2):

наиболее благоприятные территории (Смоленско-Московская равнина);

благоприятные территории (Московско-Окская равнина);

условноблагоприятные (Волго-Дубнинская равнина, Клинско-Дмитровская гряда, Заокское плато);

неблагоприятные (Центральная городская агломерация, Шатурская равнина, Мещерская равнина);

непригодные для размещения ТБО (водоохраные территории, особо охраняемые территории).

В целях выполнения более детальных экологических исследований и для установления зависимостей воздействия ряда полигонов ТБО (Кучино, Тимохово, Саларьево) на экологическую обстановку в Московской области в 2008–2009 гг. автором были проведены локальные экспериментальные инженерно-геоэкологические исследования на отдельные компоненты ОС.

Остановимся более подробно на результатах проведенных исследований на полигоне ТБО Кучино. В результате проведенных исследований было установлено, что влияние полигона ТБО Кучино на окружающую среду и экологическую безопасность обусловлено в первую очередь количеством отходов, накопленных с 1964 г., при эксплуатации полигона различными организациями и ведомствами с нарушением технологии захоронения отходов,

и в том числе, перекрывающих его поверхность иловыми осадками, принимавшихся в 2006–2009 гг.

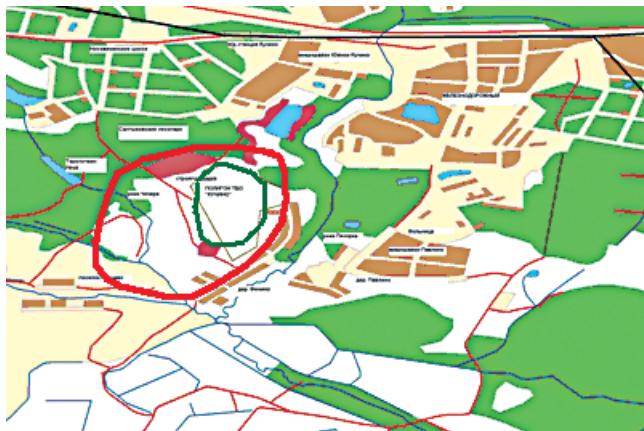
Выполненные исследования показали, что основными факторами воздействия полигона ТБО на окружающую природную среду и человека, представляющими реальную опасность, являются следующие:

химическое воздействие выражается в выделении вредных веществ с эмиссиями фильтрата и биогаза, а также при разносе материала отходов (замусоривание). Выделяющийся фильтрат, содержащий растворенные извешенные загрязняющие компоненты в опасных концентрациях, растекается по поверхности земли, при этом загрязняются почвы, растительность, поверхностные водоёмы и водотоки. Фильтрат загрязняет грунтовые породы, водоносные горизонты, разгружается с подземными водами в реки и водоёмы, загрязняя их донные отложения. Газ, образующийся при разложении отходов, и дым, выделяющийся при горении (тлении) отходов, загрязняющий атмосферу является причиной угнетения растительности. Человек, потребляющий воду из загрязненных источников и дышащий загряз-



**Рис. 2. Карта-схема типизация территории Московской области по степени благоприятности размещения полигонов ТБО:**

	— наиболее благоприятная;		— благоприятная;
	— условноблагоприятная;		— неблагоприятная



**Рис. 3. Карта–схема современного экологического состояния полигона ТБО «Кучино» Московской области (масштаб 1: 50 000):**

— населенные пункты; — техногенно-трансформированные ландшафты; — заросли кустарника и травяной растительности; — автомобильные дороги; — железнодорожные пути; — границы полигона ТБО «Кучино»; — комплексное повсеместное нарушение почвенно-растительного покрова с сильным загрязнением всех природных компонентов; — средние и локальные нарушения природных компонентов с повышенным загрязнением природных сред

ненным атмосферным воздухом, находится в сфере негативного воздействия полигона. Потенциальная опасность возникает при потреблении сельскохозяйственных продуктов, выращиваемых в загрязненной зоне и при непосредственном контакте с материалом отходов;

термический фактор связан с выделением тепла при разложении отходов, и что наиболее существенно, с загрязнением отходов, и ведет к нарушению термодинамического баланса ландшафта;

санитарно-эпидемический фактор возникает в теле полигона благоприятных условий для развития культур болезнетворных микробов;

зоогенный фактор выражается в распространении насекомых, крыс, привлечении птиц и животных;

социальный фактор заключается в том, что действующие полигоны в их нынешнем виде создают зону риска и дискомфорта для людей, проживающих и работающих вблизи полигона;

гидродинамический фактор связан с повышением уровня подземных вод вокруг полигона до 2 м по сравнению с ненарушенными условиями, вызывает подтопления в подвалах домов северной части д. Фенино.

На основе данных дистанционного зондирования, материалов АКС, информации, полученной в результате проведения экспериментальных исследований, отчетных и информационных, картографических материалов (топографической карты масштаба 1:100 000, карты техногенной нарушенности рельефа вблизи полигона ТБО и других материалов) и использования ГИС-технологий, автором была составлена карта–схема современного экологического состояния полигона ТБО Кучино Московской области в масштабе 1:50 000 (рис. 3).

В результате выполненных экспериментальных исследований полигона ТБО Кучино были выявлены следующие недостатки:

отсутствуют границы землеотвода полигона, вынесенные в натуру, и восстановить их практически невозможно, в связи с похищением межевых знаков;

не решается вопрос по устройству дренажа для отвода фильтрата в связи с отказом на его подключение в коллектор Мосводоканала;

не закончено строительство обводной дороги в восточной и юго-восточной части полигона;

на отдельных участках склоны полигона (южный, западный, северный) превышают допустимый уклон, и находятся в неустойчивом состоянии;

производится неполная отсыпка слоя изолирующих инертных грунтов при захоронении отходов на полигоне;

отсутствует контрольно-дезинфекционная яма при въезде и выезде из полигона;

не обустроена водосборная канава по периметру полигона.

Отмечались случаи горения отходов на полигоне ТБО Кучино.

Поступила 28 марта 2011 г.  
Рекомендована кафедрой прикладной экологии  
и химии МИИГАиК

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ В МОНИТОРИНГЕ ЭКОСИСТЕМ ТУРАНО-УЮКСКОЙ КОТЛОВИНЫ

Доктор биолог. наук **М.В. Якутин<sup>1</sup>**, аспирант **Д.С. Дубовик<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, г. Новосибирск,*

<sup>2</sup>*Сибирская государственная геодезическая академия, г. Новосибирск*

E-mail: [yakutin@issa.nsc.ru](mailto:yakutin@issa.nsc.ru)

**Аннотация.** На основании составленной ландшафтно-экологической карты Турано-Уюкской котловины Республики Тыва проведена оценка соотношения различных типов местности котловины и оценена площадь деградированных пастбищ. С 1991 по 2010 г. площадь пашни в равнинной части котловины уменьшилась, площадь залежей увеличилась более чем в 6 раз, а площади, занимаемые степными экосистемами с умеренной пастбищной нагрузкой, уменьшились на 1%. Общая площадь участков с деградированной травянистой растительностью увеличилась за 20 лет на 32% и составила 52,4 км<sup>2</sup> (4,6% всей территории равнинной части котловины).

**Ключевые слова:** космические снимки, дешифрирование, ландшафтно-экологическая карта, пастбища, динамика

**Abstract.** Landscape-ecological map of Turan-Ujuk depression of Republic Tyva was made. Rational estimation of various types of ecosystems and the areas of the degraded pastures was fulfilled. Since 1991 to 2010 the arable land in a flat part of the depression has decreased, and the area of deposits has increased more than 6 times, the areas of steppe ecosystems with moderate pastoral loading have decreased at 1%, the areas of sites with the degraded grassy vegetation have increased by 32% and have reached a total area of 52,4 km<sup>2</sup> (4,6% of the flat part of the depression).

**Keywords:** decoding of space snapshots, landscape-ecological map, pastures, dynamics

Из всех типов наземных экосистем, степные экосистемы испытывают наибольшее воздействие со стороны человека с древнейших исторических времён до наших дней. Сухие степи задолго до появления человека на Земле служили естественными пастбищами для десятков миллионов травоядных животных. Сегодня на этих пастбищах пасется домашний скот. Его численность и биомасса близки к тем, что имели дикие копытные. Система ведения кочевого скотоводства складывалась в течение длительного исторического периода и определялась совокупностью природных и хозяйственных факторов. Это приводило к локализации антропогенного воздействия на растительный покров. В настоящее время для Тувы характерна смена традиционных видов отгонного скотоводства полустационарным. В местах значительного скопления населения и домашних животных наблюдаются процессы деградации степных экосистем [1, 2].

В современном научно-исследовательском арсенале имеется большое количество различных методов определения жизненного состояния и жизненности различных видов, популяций и состояния экосистем. Однако все эти научные методы, будучи основанными на количественной параметризации структурных и особенно функциональных характеристик биоты и среды обитания, достаточно сложны, трудоёмки и дороги [1, 2]. Экологический мониторинг с

использованием этих методов часто затруднен. Дистанционное исследование обеспечивает быстрый и эффективный способ получения информации об использовании земель, состоянии экосистем, степени нарушенности природных и природно-антропогенных комплексов. Среди физических методов, применяемых в экологическом мониторинге в настоящее время, особое место занимают оптические дистанционные методы, основанные на использовании закономерностей взаимодействия излучения с веществом, на знании оптических свойств исследуемых объектов, на понимании сущности оптических явлений, протекающих в природной среде [3].

Оптические и радиационные свойства экосистем непосредственно определяются, в первую очередь, растительным покровом, а там, где покрытие растительности меньше 30–40%, также и почвами. Растительность и почвы представляют ту физическую деятельность поверхность, которая формирует отражение падающего солнечного света и собственное излучение. Основные экобиоморфы растительности и классы типов почв характеризуются специфическими оптическими свойствами [4].

Цель данного исследования состояла в изучении динамики площадей природных и антропогенно-трансформированных территорий в равнинной части Турано-Уюкской котловины Республики Тыва. Первоочередной

задачей исследования было создание ландшафтно-экологической карты Турано-Уюкской котловины в масштабе 1 : 200 000.

Для создания ландшафтно-экологической карты и изучения динамики площадей различных экосистем на территории котловины в качестве основного источника информации использовались разновремённые данные спутников Landsat (1991, 2002, 2010 гг.). Дополнительно в процессе работы использовались топографические карты в масштабе 1 : 200 000, почвенная карта Республики Тыва [5], данные ресурсов Google, справочная информация [1, 2, 6].

При дешифрировании космических снимков использовалась комбинация каналов 753. На первом этапе выполнения работы была составлена карта по материалам 2002 г; разрешение исходного изображения (Landsat 7) было увеличено до 15 м за счёт панхроматического канала; изображение было трансформировано по точкам, опознаваемым на снимке и топографических картах (в основном по пересечениям дорог). Погрешность на контрольных точках при этом не превышала 70 м. Предварительная подготовка и трансформирование растровых данных осуществлялись в Erdas Imagine, векторизация — в программах MapInfo и Panorama, визуальное дешифрирование проводилось с учётом всех имеющихся материалов и данных полевого дешифрирования.

Природные условия котловины во многом обусловлены сильной расчленённостью местности и неоднородностью различных форм рельефа. Сложные сочетания вертикальной и зональной поясности в совокупности с экспозициями склонов создают условия для формирования большого многообразия и своеобразной «пестроты» различных по масштабам природно-территориальных комплексов и экосистем, их составляющих. Разработанная классификация экосистем Республики Тыва включает типы, классы, подклассы, группы и варианты экосистем [2, 7]. Выделенные в ходе составления данной карты типы местности частично можно соотнести с этой классификацией, однако, с одной стороны, отобразить всё разнообразие даже классов экосистем не позволяет масштаб работы, с другой стороны, отдельные, показанные на карте типы местности, отображают характер и последствия хозяйственной деятельности человека.

Одной из основных задач исследования было

оценить местоположение и примерные площади деградированных травяных экосистем.

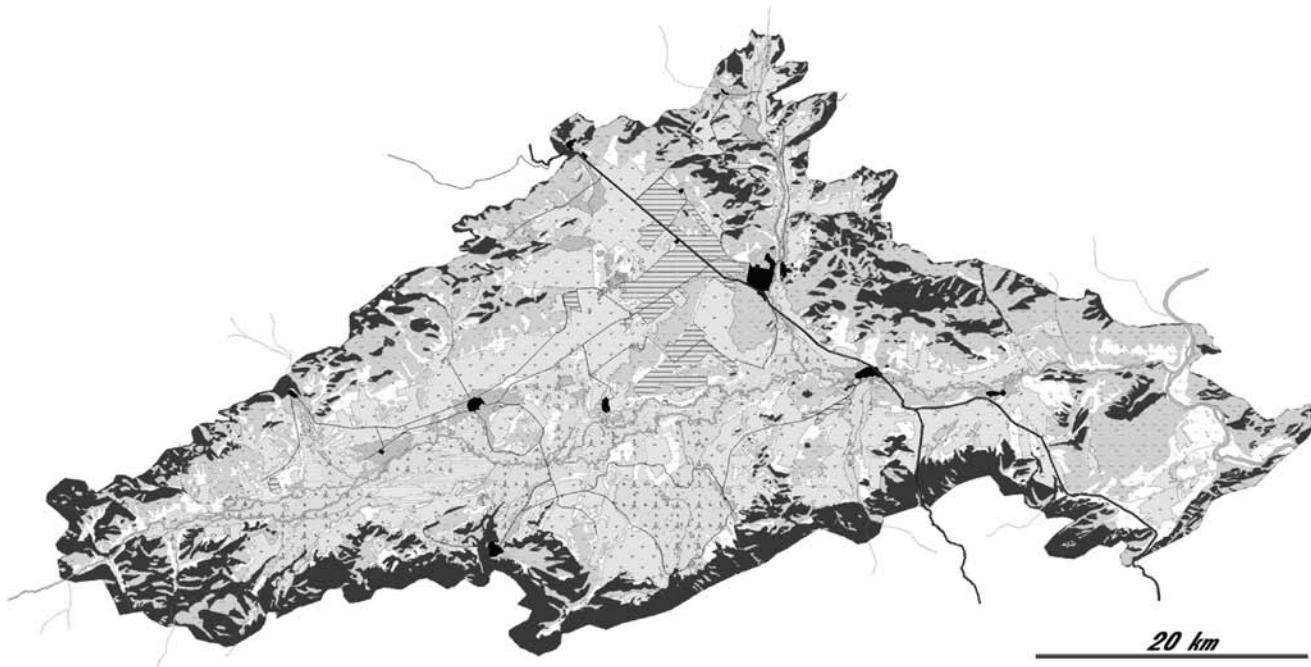
Для решения этой задачи в пределах равнинной части котловины были выделены деградированные и сильно деградированные пастбища. Дешифрирование снимка часто выполняется на основе информации о наличии или отсутствии связанных с объектом косвенных признаков. Свойства многих объектов и явлений тесно связаны с определенными характеристиками природной среды [8]. В частности, при отнесении степных пастбищ к классу «выбитых», и местами при выделении участков луговой растительности в равнинных частях котловины, изучались изображения индекса NDVI, построенные по исходным снимкам.

Одной из существенных трудностей в выявлении и разграничении геосистем является то, что границы между ними не всегда бывают четкими [9]. Объекты, меньшие одного пикселя, могут быть выделены на изображении, если они контрастируют с фоном [4]. Большинство имеющихся в пределах изучаемой территории дорог были успешно опознаны на снимке именно благодаря этому свойству.

В процессе дешифрирования были определены контуры 17 типов местности. В результате проделанной работы была создана ландшафтно-экологическая картосхема Турано-Уюкской котловины в масштабе 1:200 000. На рис. 1 приведен ее уменьшенный черно-белый вариант.

Граница Турано-Уюкской котловины проведена по горным склонам, где постоянные высоты достигают 1200–1400 м и лесной покров постепенно становится сплошным. Общая площадь котловины составляет 2072 км<sup>2</sup>. Площадь равнинной части котловины — 1140 км<sup>2</sup>, находящиеся здесь экосистемы испытывают наибольшее антропогенное воздействие. Большие площади территории котловины выделены в общий контур степных экосистем на горных склонах. В основном это южные склоны невысоких гор с неоднородным покрытием. На территориях, занятых степными пастбищами в равнинной части котловины, были выделены участки сильно деградированных пастбищ и степных пастбищ под умеренным выпасом. С использованием данных составленной ландшафтно-экологической карты были вычислены площади различных участков (табл. 1).

При подсчёте площадей ширина всех мелких водотоков, не выраженных в масштабе карты,



**Рис. 1. Ландшафтно-экологическая карта Турано-Уюкской котловины:**

- границы котловины; — мелкие реки и ручьи; — хвойные леса на равнине; — пашни;
- населенные пункты; — временные пересыхающие водотоки; — хвойные леса на горных склонах;
- залежи; — асфальтированные дороги; — озера; — степные экосистемы на склонах гор;
- деградированные травяные экосистемы; — полевые и грунтовые дороги; — болота;
- степные экосистемы на пересеченной местности; — реки Туран и Уюк; — экосистемы пойм;
- степные экосистемы на равнине

условно принята за 10 м, асфальтированных дорог — 8 м, а полевых и грунтовых дорог — 5 м.

Для анализа тенденций изменения площадей экосистем в равнинной части котловины

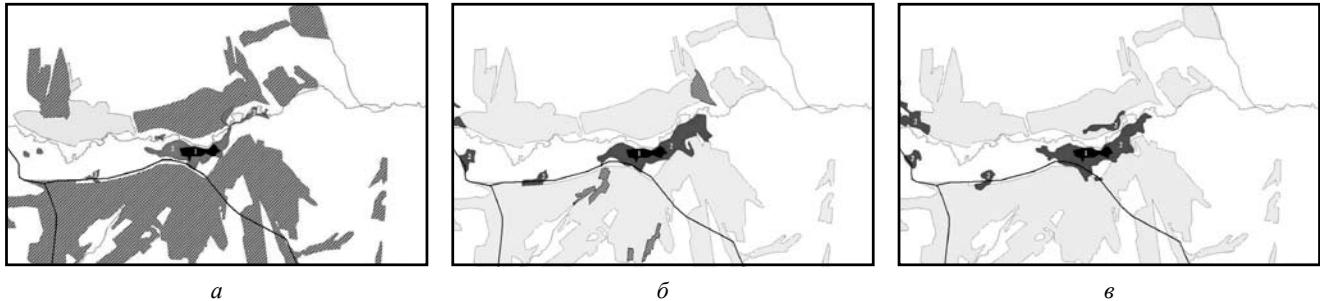
были созданы дополнительно две ландшафтно-экологические карты для этой территории (по данным космических снимков 1991 и 2010 гг.). При этом оказалось, что контуры территорий деградированных травяных экосистем постоянно изменяются (рис. 2).

С 1991 по 2010 гг. площадь пашни в равнинной части котловины уменьшилась, а площадь залежей, соответственно, увеличилась более чем в 6 раз (табл. 2). За это же время площади, занимаемые степными экосистемами с умеренной пастбищной нагрузкой, в равнинной части котловины уменьшились незначительно (на 1%). Но площади участков с деградированной травянистой растительностью увеличились на 32% и достигли общей площади 52,4 км<sup>2</sup> (4,6% всей территории равнинной части котловины).

Одним из лимитирующих факторов отгонного животноводства является наличие водоемов. В горно-степных, горно-лесостепных и горно-лесных районах ими являются реки, а в равнинных и горно-пустынных — родники и колодцы. В юго-восточной части Тувы концентрация поголовья скота отмечается в местах с

Таблица 1  
Площади дешифрированных объектов  
в Турано-Уюкской котловине (по данным 2002 г.)

Выдел	Площадь, км <sup>2</sup>	Доля от площади котловины, %
Лесные экосистемы на горных склонах и на равнине	389,9	18,8
Степные экосистемы на склонах гор	555,9	26,8
Степные экосистемы на равнине под умеренным выпасом	270,2	13,0
Водные объекты	15,5	0,8
Болота	65,8	3,2
Экосистемы пойм	228,7	11,0
Пашни	112,4	5,4
Залежи	374,9	18,1
Деградированные травяные экосистемы	48,4	2,3
Населённые пункты и дороги	11,2	0,6



**Рис. 2. Окрестности пос. Суш (1) и контуры нарушенных травяных экосистем (2) по данным дешифрирования космических снимков:**

*a* — 1991 г.; *б* — 2002 г.; *в* — 2010 г.

Т а б л и ц а 2

**Динамика площадей некоторых выделов в равнинной части Турано-Уюкской котловины**

Природно-территориальные комплексы	Площадь, км <sup>2</sup>			Доля от общей площади, %		
	1991 г.	2002 г.	2010 г.	1991 г.	2002 г.	2010 г.
Степные экосистемы под умеренной нагрузкой	281,5	270,2	270,1	24,7	23,7	23,7
Участки с деградированной травянистой растительностью	35,7	48,4	52,4	3,1	4,2	4,6
Пашни	422,8	112,4	62,0	37,1	9,9	5,4
Залежи	65,8	374,9	421,5	5,8	32,9	37,7
Экосистемы пойм	228,8	231,7	231,5	20,1	20,3	20,3
Болота	69,9	65,8	65,8	6,1	5,8	5,8
Озёра	5,6	6,2	7,3	0,5	0,5	0,6

повышенной плотностью водопоя: у мелких озер, в солончаковых впадинах, возле родников и колодцев. Именно там наблюдаются максимальное нарушение и сбитые пастбища, на которых фиксируется смена коренного растительного сообщества сорными видами растений с преобладанием ядовитых — slabopoedаемых и непоедаемых [2]. По данным составленной карты оказалось, что в Турано-Уюкской котловине основные площади сильно деградированных пастбищ, так же как и во всей Тыве, приурочены к населенным пунктам, дорогам и водопоям.

Обследование состояния пастбищ в северной части Центральной Азии в конце 80-х годов XX в. показало, что около 75% пастбищ деградированы в той или иной степени и нуждаются в различных мероприятиях по улучшению [6]. Резкое снижение сельскохозяйственной нагрузки на степные экосистемы Турано-Уюкской котловины в последние десятилетия является следствием общего падения объемов сельскохозяйственного производства в Тыве. Но рост площадей деградированных пастбищ в районах с высокой плотностью населения свидетельствует о необходимости постоянного мониторинга степных экосистем в равнинной части котловины. Составленная ландшафтно-экологическая карта Турано-Уюкской котловины при условии дополнительного полевого обследования позво-

ляет оценить степень нарушенности всех степных пастбищ. По составленной карте возможно оценить площади и местоположение наиболее нарушенных участков степных экосистем и принять меры к проведению комплекса мероприятий для их восстановления.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Гунин П.Д., Микляева И.М. Современные процессы деградации и опустынивания экосистем восточноазиатского сектора степей и лесостепей / Современные глобальные изменения природной среды. В 2-х томах. Т. 2. –М.: Научный мир, 2006. –С. 389–412.
- Ондар С.О., Путинцев Н.И., Ашак-оол А.Ч. и др. Проблемы устойчивости экосистем и оценка их современного состояния. –Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2000. –182 с.
- Зятькова Л.К., Елевов Б.С. У истоков аэрокосмического мониторинга природной среды. Новосибирск: СГТА, 2007. –380 с.
- Виноградов Б.В. Аэрокосмический мониторинг экосистем. М.: Наука, 1984. –320 с.
- Носин В.А. Почвы Тувы. М.: Изд-во Акад. наук СССР, 1963. –342 с.
- Эксперимент «Убсу-Нур». Ч. 1. Наземные исследования. М.: Интеллект, 1995. –336 с.
- Чандра А.М., Гош С.К. Дистанционное зондирование и географические информационные системы. М.: Техносфера, 2008. –312 с.
- Ступин В.П. Картографирование морфосистем. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2008. –148 с.
- Назаров А.С. Фотограмметрия. М.: ТерраСистемс, 2006. –368 с.

Поступила 26 мая 2011 г.  
Рекомендована кафедрой экологии  
и природопользования СГТА

**ВАРИАЦИИ УХОДЯЩЕГО ДЛИННОВОЛНОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ ПОДГОТОВКЕ  
И ПРОТЕКАНИИ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ  
В 2008 И 2009 ГОДАХ**

Академик В.Г. Бондур, инженер О.С. Воронова

Научный центр аэрокосмического мониторинга «Аэрокосмос»

E-mail: office@aerocosmos.info

**Аннотация.** На основании результатов регистрации из космоса уходящего длинноволнового излучения проведены исследования тепловых аномалий, возникающих при подготовке и протекании сильных землетрясений на территории России в 2008 и 2009 годах. Данные об уходящем длинноволновом излучении, регистрировались гиперспектрометром AIRS (спутник AQUA) в инфракрасном диапазоне спектра в окне прозрачности атмосферы 8–12 мкм. Исследования выполнялись на примере землетрясений, произошедших в районе оз. Байкал 27 августа 2008 г. (с магнитудой  $M=6,3$ ), а также в Охотском море 24 ноября 2008 г. ( $M=7,3$ ) и 10 декабря 2009 г. ( $M=6,3$ ). На основании проведенного анализа временных рядов ежедневных космических данных по характеристикам уходящего длинноволнового излучения для исследуемых сейсмоопасных территорий установлено, что в процессе подготовки и протекании землетрясения появляются положительные аномалии такого излучения на верхней границе облачности, которые проявляются за две недели до сейсмического события.

**Ключевые слова:** космический мониторинг, дистанционное зондирование Земли, сейсмоопасные территории, тепловые предвестники, температура поверхности Земли, уходящее длинноволновое излучение

**Abstract.** Basing on the results of registration of outgoing longwave radiation, thermal anomaly analysis is conducted. They occur in the period of preparation and behavior of the strong earthquakes on the territory of Russia in 2008 and 2009. Outgoing longwave radiation data was registered by hyper spectrometer AIRS (satellite AQUA) in infrared atmospheric spectral window 8–12 km. The research was carried out basing on analysis of events occurred on Baykal in August, 27 2008,  $M=6.3$  and on the Sea of Okhotsk in November, 24 2008,  $M=7.3$  and in December, 10 2009,  $M=6.3$ . On the base of the daily time series space data it is determined that in the period and preparation of EQ, positive anomalies of outgoing longwave radiation are happened on the cloud top in 2 weeks before seismic event.

**Keywords:** satellite monitoring, remote sensing of the Earth, seismic hazard areas, thermal Precursors, land surface temperature, outgoing longwave radiation

**Введение.** Эффективность использования космических методов для исследования сейсмической активности, а также для проведения непрерывного мониторинга сейсмоопасных территорий с целью прогноза и анализа последствий, сильных и катастрофических землетрясений подтверждена на примерах ряда известных землетрясений, состоявшихся за последние годы в Калифорнии, Китае, Японии, Чили, Гаити, Турции, Пакистане, России, Мексике и др. [1].

Из космоса могут регистрироваться различные аномалии геофизических полей, являющиеся предвестниками землетрясений, к которым, прежде всего, относятся:

варiations электромагнитного поля, приводящие к закономерным флуктуациям ионосферных параметров (вертикальных профилей концентрации электронов, общего электронного содержания — TEC, максимума электронной концентрации в слое F2 и др.) [1–3];

геоморфологические особенности, прояв-

ляющиеся в виде специфических особенностей полей линеаментов, регистрируемых из космоса [4, 5];

деформационные и прочностные свойства земной коры, исследуемые на основе созданных нами геомеханических моделей и результатов измерений с помощью спутниковых навигационных систем [2, 3];

варiations полей температуры земной поверхности и приземного слоя воздуха [1, 6–12];

другие менее информативные сегодня поля (магнитное, гравитационное и др.) [1].

Аномалии этих полей позволяют регистрировать методами дистанционного зондирования из космоса краткосрочные предвестники землетрясений с заблаговременностью от нескольких дней (2–3) до месяца. Одним из таких предвестников являются тепловые аномалии, возникающие в период подготовки к сильным землетрясениям. Развитие методов и средств дистанционного зондирования Земли приве-

ло к качественному скачку в исследованиях тепловых полей, в том числе температурных аномалий, возникающих в период подготовки таких природных катастроф, как землетрясения [1].

В настоящей работе исследуются вариации уходящего длинноволнового излучения, измеряемого на верхней границе облачности над сейсмоопасными территориями. При исследованиях тепловых аномалий преимуществом этого подхода является то, что это излучение регистрируется в инфракрасном диапазоне спектра в окне прозрачности атмосферы 8–12 мкм, что позволяет применять эти данные даже при наличии облачности в исследуемом регионе. Для исследования выбраны сейсмические события, произошедшие в районе оз. Байкал 27 августа 2008 г. ( $M=6,3$ ), а также в Охотском море 24 ноября 2008 г. ( $M=7,3$ ) и 10 декабря 2009 г. ( $M=6,3$ ).

**Физические особенности возникновения тепловых аномалий, регистрируемых из космоса, перед землетрясениями.** В различных работах [8–15] приводятся экспериментальные свидетельства наличия поверхностных тепловых аномалий, возникающих перед землетря-

сениями. О том, что это не просто изменения поверхностной температуры Земли, свидетельствуют данные о значительных вариациях латентного потока тепла (скрытой теплоты испарения) [9, 10], а также данные о характеристиках уходящего длинноволнового излучения [8, 15, 16].

Тепловые аномалии перед сильными землетрясениями наблюдаются на разных высотах, начиная с поверхности Земли до верхней границы облаков (рис.1). Энергетический подход к изучению этого процесса позволил предложить физический механизм, объясняющий природу таких тепловых аномалий, возникающих перед землетрясениями.

С использованием результатов наземных и спутниковых измерений, а также результатов лабораторных экспериментов предложен следующий физический механизм возникновения тепловых аномалий перед землетрясениями, которые генерируются над областью активных тектонических разломов [1, 8, 16]:

в процессе подготовки землетрясений происходит выделение в атмосферу скрытой теплоты испарения;

эти процессы приводят к изменениям тем-

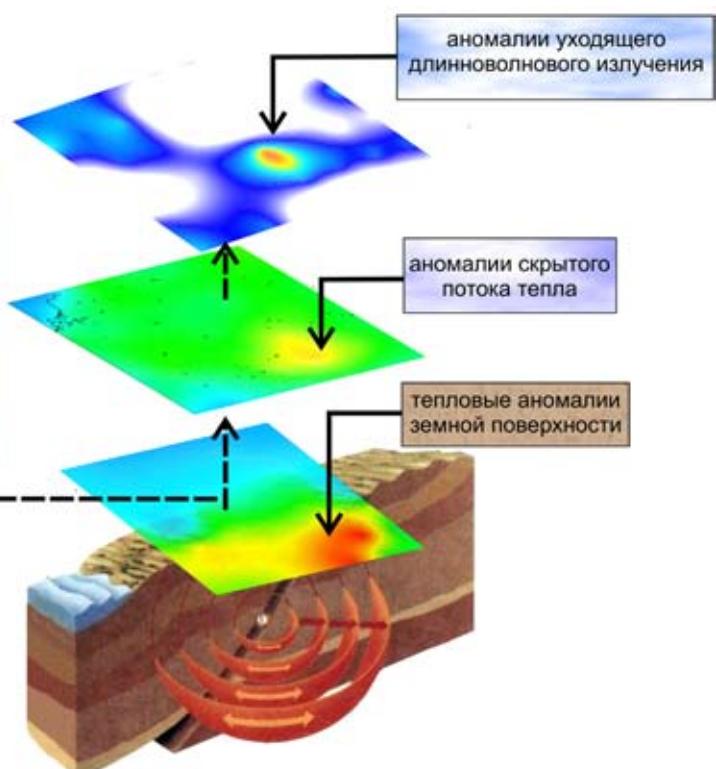


Рис. 1. Формирование тепловых аномалий перед землетрясениями

пературы и влажности воздуха в приповерхностном слое атмосферы, вызывающих появление тепловых аномалий;

тепловые аномалии приводят к вариациям уходящего длинноволнового излучения, которые регистрируются из космоса над приповерхностным слоем атмосферы на верхней границе облаков;

временной масштаб наблюдаемых аномалий имеет порядок от одной до нескольких недель.

Источником тепла, выделяемого перед землетрясениями над областями их подготовки, являются не только гидрологические эффекты (горячие источники, газы), но и процессы выделения и трансформация тепла в атмосфере.

**Методика проведения исследований.** С учетом физических особенностей генерации тепловых аномалий в период подготовки и протекания сейсмических событий, для проведения исследований динамики уходящего длинноволнового излучения использовалась специальная методика, суть которой изложена ниже.

В качестве исходных данных для анализа исследуемых сейсмических событий в районе оз. Байкал 27 августа 2008 г. ( $M=6,3$ ), а также в Охотском море 24 ноября 2008 г. ( $M=7,3$ ) и 10 декабря 2009 г. ( $M=6,3$ ) использовались данные об уходящем длинноволновом излучении, полученные с помощью гиперспектрометра AIRS (спутник AQUA), за 20 дней до исследуемых землетрясений и через 7 дней после них. Исходная информация бралась из архива GES Distributed Active Archive Center (GES DAAC). Используемый продукт имеет пространственное разрешение  $1^\circ \times 1^\circ$ . Исходные данные представляли собой массив, каждое цифровое значение которого соответствует определенной широте и долготе.

Для первичной обработки с целью получения необходимой для анализа информации применялась программа MatLab. В результате преобразований для дальнейших исследований создавалась матрица из 3-х столбцов (значение уходящего длинноволнового излучения, широта и долгота), количество строк в матрице будет зависеть от количества значений в исходном hdf-файле. Для выявления аномалий уходящего длинноволнового излучения в сейсмоопасных регионах осуществлялась нормализация исходных данных, которая заключалась в формировании разностей текущего и среднеарифметического значений и делении их на стандартное отклонение.

$$N = (S_d - \bar{S}_d^*) / \sigma, \quad (1)$$

где  $S_d$  — текущие данные на день исследуемого года;  $\bar{S}_d^*$  — среднее арифметическое за день, прошлых лет. При этом рассматривался аналогичный период исследования 28 дней (20 дней до и 7 после землетрясения);  $\sigma$  — стандартное отклонение, которое вычисляется по формуле

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (S_i - \bar{S})^2}{n-1}}; \quad S_i \text{ — значение за день } (i=1, \dots, n); \quad \bar{S} \text{ — среднее арифметическое данных за период исследования.}$$

На следующем этапе обработка данных происходила с использованием программного пакета Surfer. В процессе обработки осуществлялось построение сеточной функции Gridding, заключавшееся в вычислении значений интерполяционной функции в точках регулярной сети по значениям хаотически расположенных экспериментальных точек данных. Исходное множество экспериментальных точек вводились из XYZ файла данных. Значения сеточной функции сохранялись в сеточном файле с расширением \*.GRD. Сеточная функция строилась методом Криге, геостатическим методом построения сети, включающим линейную модель вариграммы. Далее сеточная функция использовалась для построения карт изолиний и графиков поверхностей, в которых области между изолиниями заполнялись различными цветами для визуализации данных.

Методика выявления аномальных вариаций уходящего длинноволнового излучения применялась для исследования сильных землетрясений, произошедших на территории России в 2008 и 2009 гг.

**Результаты исследований и их анализ.** В настоящей работе представлены результаты трех землетрясений, произошедших 27 августа 2008 г. в районе оз. Байкал а также 24 ноября 2008 г. и 10 декабря 2009 г. в Охотском море. Землетрясение, произошедшее 27 августа 2008 г., имело магнитуду 6,3. Его эпицентр находился в оз. Байкал. Глубина очага составляла примерно 16 км.

Исходные среднесуточные данные, полученные с помощью гиперспектрометра AIRS, нормализованные по формуле (1) за период с 7 августа по 3 сентября 2008 г., а также за год до сейсмического события (фоновая обстановка) в аналогичный период времени приведены на рис. 2.

Анализ вариаций уходящего длинноволнового излучения показал, что в исследуемый период времени, до землетрясения наблюдалось аномальное повышение интенсивности этого излучения. Первое появление аномалии произошло 13 августа 2008 г., т.е. за 14 дней до сейсмического события. В течении следующих нескольких дней интенсивность аномалии понизилась (см. рис. 2). За 4 дня до землетрясения (23 августа 2008 г.) над эпицентralьной областью выявлено аномальное повышение значений уходящего длинноволнового излучения, интенсивность которого понижалась в течении трех последующих дней до подземного толчка. В день землетрясения (27 августа 2008 г.) аномалий уходящего длинноволнового излучения над эпицентром не выявлено.

Второе из исследуемых землетрясений,

произошедшее в акватории Охотского моря 24 ноября 2008 г., имело магнитуду 7,3. Его эпицентр находился в 315 км к западу от Петропавловска-Камчатского. Глубина очага составляла 491 км.

Для исследования данного землетрясения были получены среднесуточные значения уходящего длинноволнового излучения, зарегистрированные гиперспектрометром AIRS. Данные обрабатывались за период с 4 ноября по 1 декабря 2008 г. В качестве фоновой обстановки рассматривались данные за аналогичный период времени, полученные в 2007 г.

На рис.3 представлены результаты обработки экспериментальных данных, полученных при исследованиях в акватории Охотского моря.

За 14, 8 и 2 дня до землетрясения, состоявшегося 24 ноября 2008 г., т.е. 10, 16 и 22 ноября 2008 г. в эпицентralьной области наблюдались положительные аномалии уходящего длинноволнового излучения. Причем наиболее сильная аномалия была зафиксирована 22 ноября 2008 г., т.е. за 2 дня до землетрясения (рис.3). За день до землетрясения началось понижение

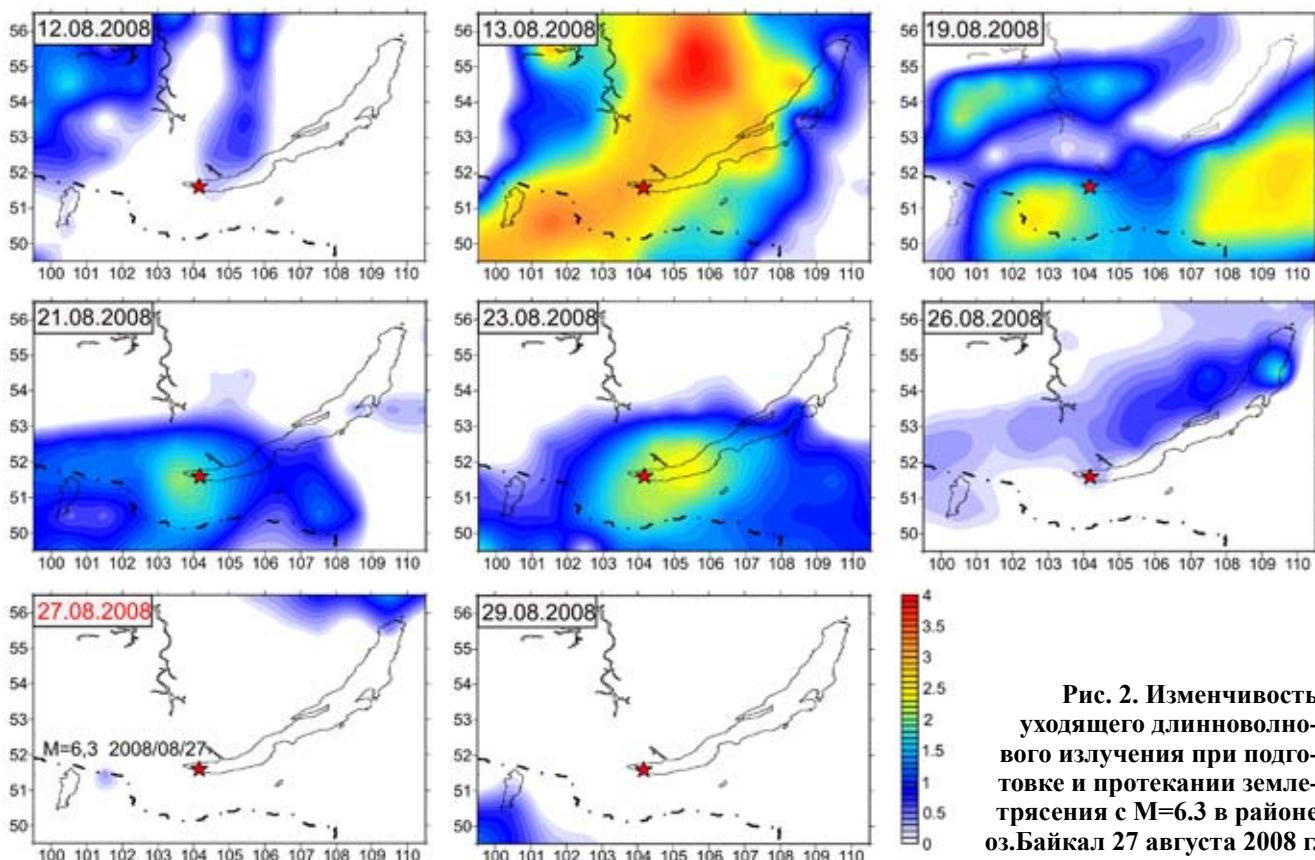


Рис. 2. Изменчивость уходящего длинноволнового излучения при подготовке и протекании землетрясения с  $M=6.3$  в районе Байкала 27 августа 2008 г.

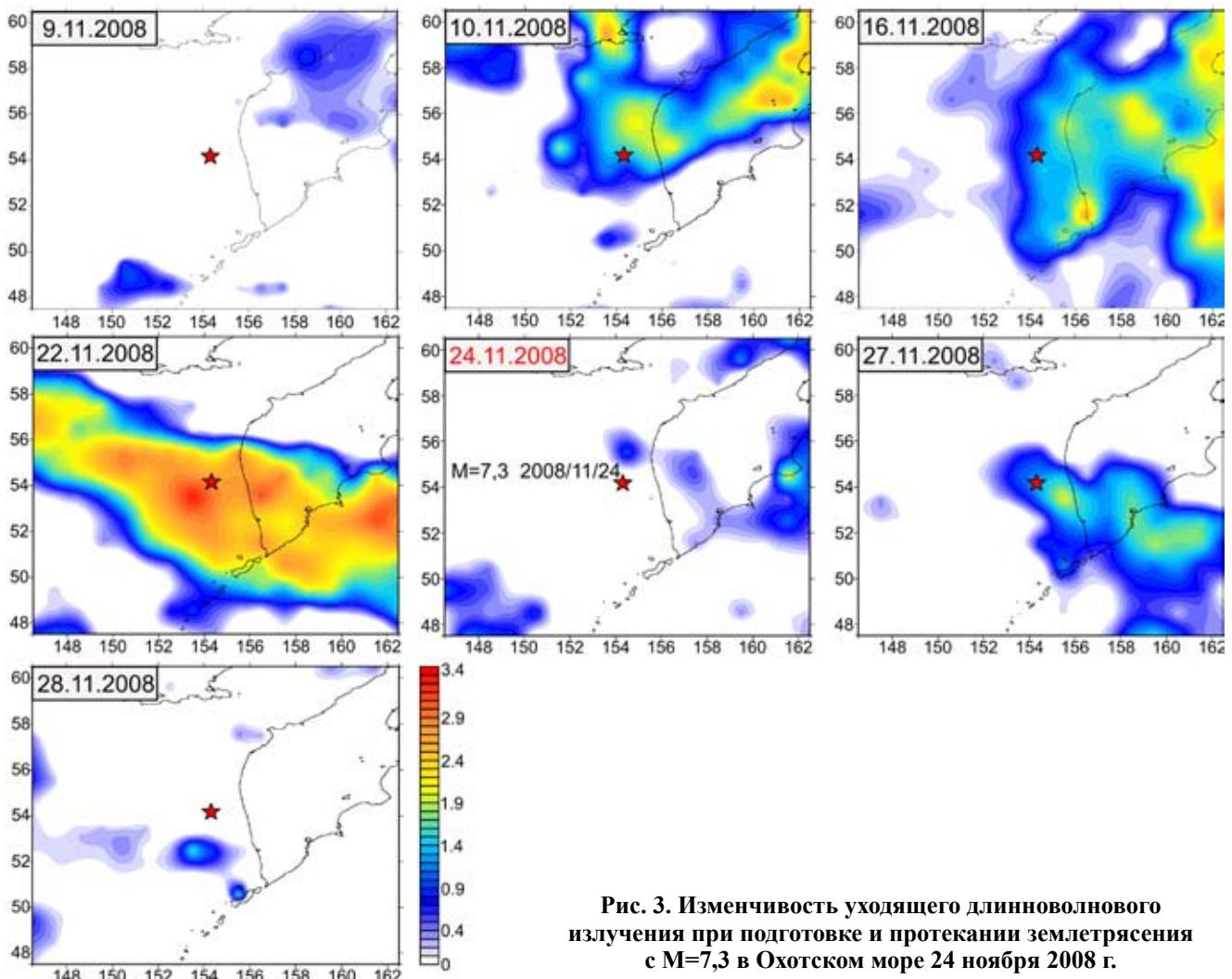


Рис. 3. Изменчивость уходящего длинноволнового излучения при подготовке и протекании землетрясения с  $M=7,3$  в Охотском море 24 ноября 2008 г.

интенсивности аномалии, которая располагалась южнее эпицентра. В день землетрясения (24 ноября 2008 г.) выявлена очень слабая аномалия, которая наблюдалась только в северной части эпицентральной области. После свершившегося землетрясения аномалия уходящего длинноволнового излучения сохранилась несколько дней.

Третье из исследуемых землетрясений произошло в акватории Охотского моря 10 декабря 2009 г. Его магнитуда составляла 6,3. Глубина очага примерно 656 км. При анализе его особенностей исходные данные, полученные гиперспектрометром AIRS, нормализовались по формуле (1) за период с 20 ноября по 17 декабря 2009 г., а также за аналогичный период времени за год до данного сейсмического события (фоновая обстановка).

Анализ вариаций уходящего длинновол-

нового излучения, приведенных на рис. 4, показал, что первая положительная аномалия появилась за 13 дней до сейсмического события (27 ноября 2009 г.). В следующие несколько дней интенсивность аномалии понизилась, а 5 и 6 декабря 2009 г. наблюдалась положительная аномалия уходящего длинноволнового излучения максимальной интенсивности.

Обстановка в эпицентральной области для землетрясения, состоявшегося 10 декабря 2009 г., показана на рис. 5, на котором приведен график изменения уходящего длинноволнового излучения и стандартного отклонения данных ( $\sigma$ ) за период времени с 20 ноября до 17 декабря 2009 г. В трех областях графика выявлены положительные аномалии уходящего длинноволнового излучения, которые проявляются 27, 30 ноября и 5, 6 декабря 2009 г. Наибольшее повышение интенсивности это-

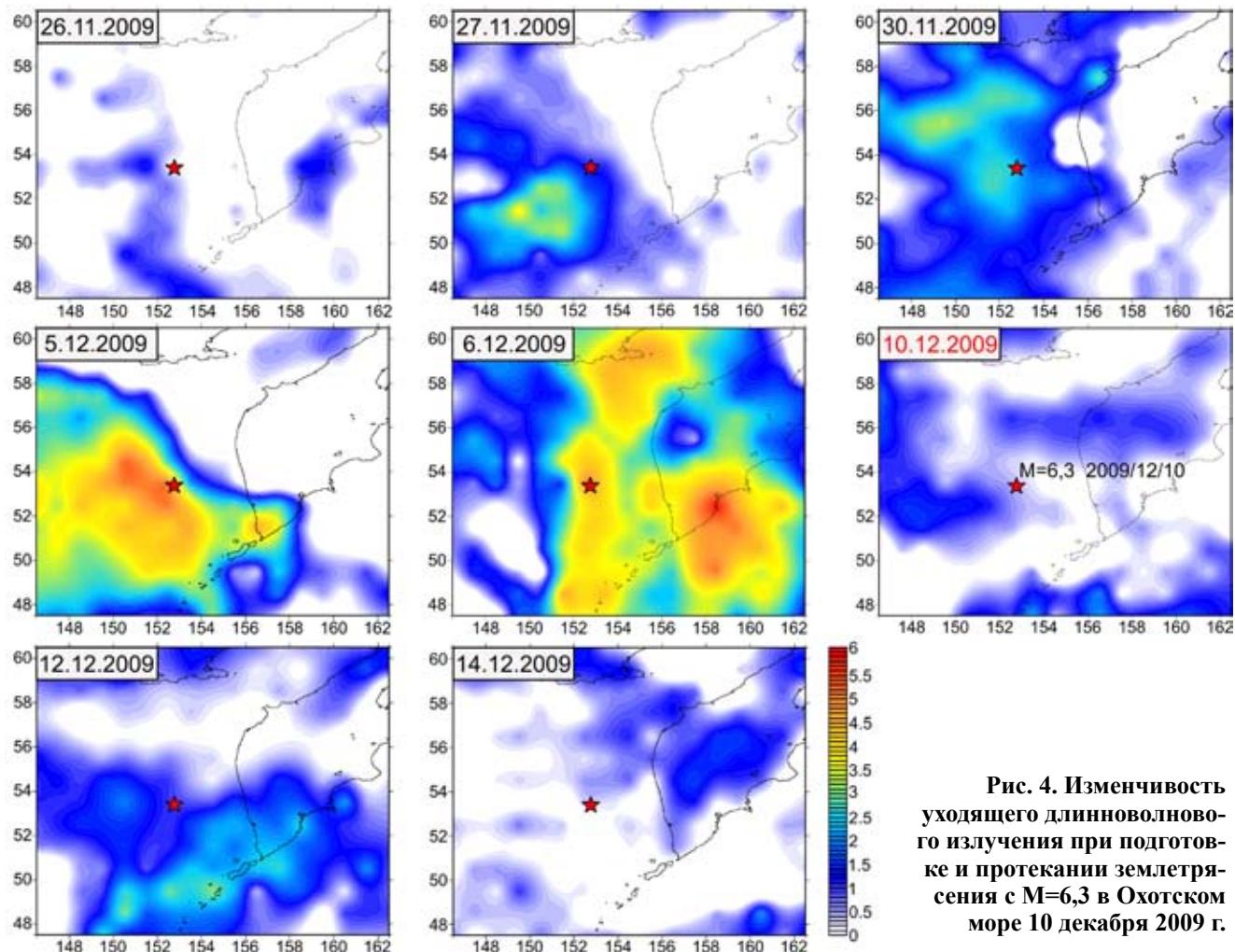


Рис. 4. Изменчивость уходящего длинноволнового излучения при подготовке и протекании землетрясения с  $M=6,3$  в Охотском море 10 декабря 2009 г.

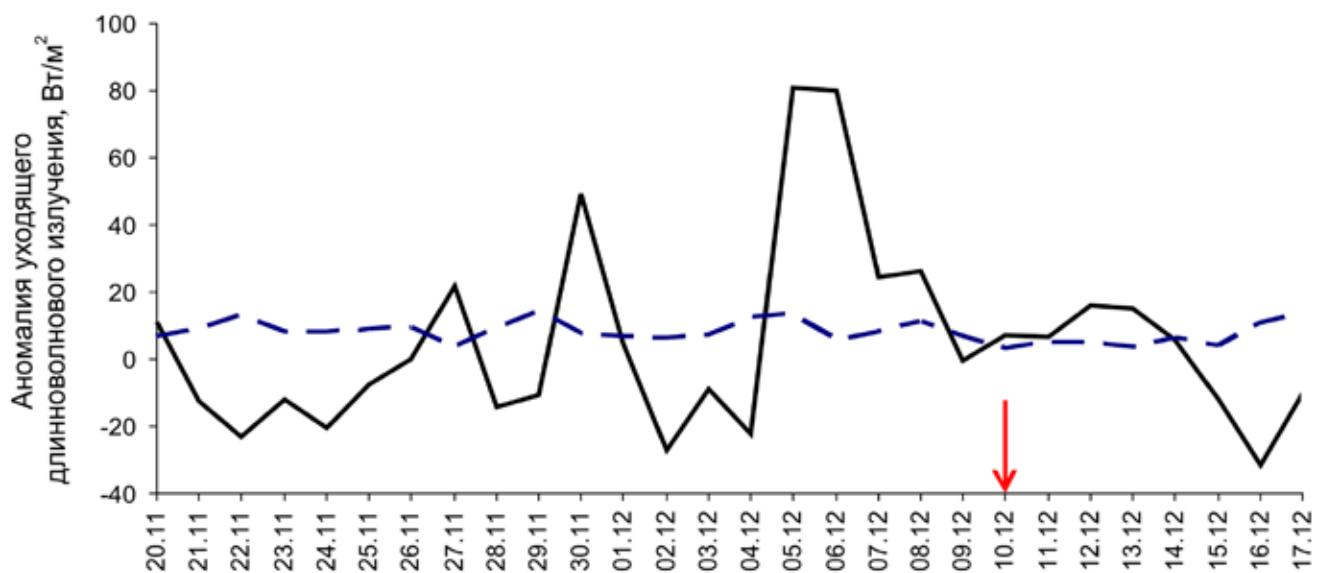


Рис. 5. Графики изменения данных уходящего длинноволнового излучения (—) и стандартного отклонения (---) данных в период исследования с 20 ноября по 17 декабря 2009 г. для землетрясения, произошедшего в Охотском море 10.12.2009 г.,  $M=6,3$

го излучения над эпицентральной областью произошло за 5 дней до землетрясения, т.е. 5 декабря 2009 г., состоявшегося 10 декабря 2009 г. Значение интенсивности уходящего длинноволнового излучения в этот день составило  $80 \text{ Вт}/\text{м}^2$ . До землетрясения в период с 6 по 8 декабря 2009 г. также наблюдалась положительная аномалия, интенсивность которой понижалась за этот период с  $79,9$  до  $26 \text{ Вт}/\text{м}^2$ .

**Заключение.** Приведены результаты исследований аномальных вариаций уходящего длинноволнового излучения на примере трех землетрясений, произошедших на территории Российской Федерации в районе оз. Байкал 27 августа 2008 г. ( $M=6,3$ ), а также в акватории Охотского моря: 24 ноября 2008 г. ( $M=7,3$ ) и 10 декабря 2009 г. ( $M=6,3$ ).

Анализ изменений уходящего длинноволнового излучения в процессе подготовки и протекания исследуемых сейсмических событий позволил выявить последовательное появление положительных аномалий вблизи эпицентральных областей, которые появляются за 13–14 дней до землетрясений. За несколько дней до землетрясения (1–5) происходит понижение интенсивности аномалий вблизи эпицентральной области.

Результаты проведенных исследований продемонстрировали возможность регистрации из космоса вариаций полей уходящего длинноволнового излучения непосредственно перед сильными землетрясениями, что позволяет использовать предложенную методику для регистрации тепловых аномалий в процессе космического мониторинга сейсмоопасных территорий.

Работа выполнена в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг. по теме «Исследование из космоса вариаций геофизических полей в сейсмоопасных регионах».

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бондур В.Г., Крапивин В.Ф., Савиных В.П. Мониторинг и прогнозирование природных катастроф. М.: Научный мир, 2009. –594 с.
2. Бондур В.Г., Гарагаш И.А., Гохберг М.Б., Лапшин В.М., Нечаев Ю.В. Связь между вариациями напряженно-деформированного состояния земной коры и сейсмической активностью на примере Южной Калифорнии. Доклад Академии Наук, том 430. –№ 3. –20107 –С. 400–404.
3. Бондур В.Г., Гарагаш И.А., Гохберг М.Б., Лапшин В.М., Нечаев Ю.В., Стеблов Г.М., Шалимов С.Л. Геомеханические модели и ионосферные вариации для крупнейших землетрясений при слабом воздействии градиентов атмосферного давления. Доклады Академии Наук, том 414. –№ 4. –2007. –С. 540–543.
4. Бондур В.Г., Зверев А.Т. Метод прогнозирования землетрясений на основе линеаментного анализа космических изображений. Доклады академии наук, том 402. –№1. –2004. –С. 1–8.
5. Бондур В.Г., Зверев А.Т. Космический метод прогноза землетрясений на основе динамики систем линеаментов. Исследование земли из космоса №3. –2005. –С. 1–16.
6. Горный В.И., Сальман А.Г., Тронин А.А., Шилин Б.В. Уходящее инфракрасное излучение Земли — индикатор сейсмической активности. Доклады АН СССР, т. 301. –№1. –1988. –С. 67–69.
7. Dey S. and Singh R. Surface latent heat flux as an earthquake precursor // Natural Hazards and Earth System Sciences 3, 2003, p. 749–755.
8. Cervone, G., Singh, R.P., Kafatos, M., Yu, C., Wavelet maxima curves of surface latent heat flux anomalies associated with India earthquakes. Natural Hazards and Earth System Sciences 5 (27), 2005, p.87–99.
9. Tramutoli V., Bello G., Pergola N., Piscitelli S. Robust satellite techniques for remote sensing of seismically active areas. Annali Di Geofisica. April Vol.44, №2. 2001, p. 295–312.
10. Tronin A.A. Atmospherelitosphere coupling. Thermal anomalies on the Earth surface in seismic processes // Seismo Electromagnetics: Lithosphere-Atmosphere-Ionosphere Coupling /. by M. Hayakawa, O.A. Molchanov. Tokyo: TERRAPUB, 2002, p. 173–176.

Поступила 14 апреля 2011 г.  
Рекомендована кафедрой  
космического мониторинга МИИГАиК

УДК 004:528

## ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

### ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ И МЕТОДОВ ПОЛУЧЕНИЯ, НАКОПЛЕНИЯ, ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ В БИБЛИОТЕЧНО-ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ГИС

Аспирант У.Р. Усманов

Московский государственный университет геодезии и картографии

E-mail: u.usmanov@gmail.com

**Аннотация.** Рассматриваются существующие библиотечные информационные системы в России и СНГ. Приводятся примеры внедренных библиотечных информационных систем в библиотеках России СНГ. Излагаются этапы внедрения библиотечной информационной системы в библиотеке Московского государственного университета геодезии и картографии.

**Ключевые слова:** библиотечная информационная система, национальные библиотеки стран СНГ, ПРБИС

**Abstract.** The article is devoted to automated library information systems. The existing library information systems in Russia and CIS are described. Examples of the installed library information systems in Russia and the CIS libraries are presented. The implementation stages of library information system in the library of the Moscow State University for Geodesy and Cartography are stated.

**Keywords:** library information system, national libraries in CIS, SDLIS

Первоочередной задачей библиотеки является повышение уровня информационного обеспечения образовательной и научной деятельности высшего учебного заведения (университета) при подготовке студентов на основе создания образовательного информационно-библиотечного ресурса.

Сегодня повсеместно идущие процессы формирования каталогов электронных документов неразрывно связаны с понятием автоматизированных библиотечно-информационных систем (АБИС), и от того, насколько грамотно, своевременно и доступно будет внедрена и настроена конкретная система в библиотеке вуза, зависит его информационное развитие в дальнейшем. Эффективная АБИС подразумевает наличие общебиблиотечной сети, охватывающей все подразделения библиотеки и наличия единой интегрированной информационной системы, обеспечивающей комплексную автоматизацию основных информационно-библиотечных процессов при использовании единого формата данных [1].

Для достижения однозначности понимания

рассматриваемых вопросов необходимо четко оговорить используемую терминологию.

*Информационная система (ИС)* — организационно упорядоченная совокупность документов (массивов документов) и информационных технологий, в том числе с использованием средств вычислительной техники и связи, реализующих информационные процессы.

*Автоматизированная информационная система (АИС)* — совокупность программных и аппаратных средств, предназначенных для хранения и/или управления данными и информацией и производства вычислений. АИС являются, с одной стороны, разновидностью информационных систем (ИС), с другой — автоматизированных систем (АС), вследствие чего их часто называют ИС или АС.

В зависимости от характера решаемых задач АИС в библиотековедении могут подразделяться на библиотечные (АБС), библиотечно-информационные (АБИС) или информационно-библиотечные (АИБС), справочные и информационно-справочные, научно-технической информации (АСНТИ) и т.п.

*Автоматизированные библиотечные информационные системы (АБИС) — системы планирования ресурсов предприятий для библиотеки, которые используются для отслеживания библиотечных фондов: от их заказа и приобретения до выдачи посетителям библиотек. АБИС обычно состоит из следующих подсистем (рис. 1): реляционной базы данных (БД), программного обеспечения (ПО), которое взаимодействует с базой данных, и двух графических пользовательских интерфейсов (один для читателей, второй для персонала):*

Развитие новых информационных технологий в вузах, в частности, в МИИГАиК, обеспечит комплексную информационную поддержку научной деятельности студентов, молодых ученых, профессорско-преподавательского состава, повышение их научной активности. На основе предоставления удаленного доступа к существующим и создаваемым каталогам библиотеки будут расширены возможности для развития образования и науки. Всего этого можно достичь, если библиотеки уже сейчас, не теряя времени, приступят к выполнению программ автоматизации библиотечных процессов. Как правило, библиотека останавливается, в первую очередь, на создании электронного каталога (ЭК) с функциями комплектования и подготовки изданий. Затем решаются вопросы подписки на периодику и ее регистрацию. Автоматизация процессов обслуживания читателей связана с рядом сложностей, которые заставляют многие библиотеки отложить создание этой подсистемы на более обеспеченное будущее. Для данной системы целесообразно иметь несколько дисплеев к одной компьютерной памяти, принтеры в каждом помещении книгохранилища для печати заказов читателей. Кроме того, без использования штрих-кодов в библиотеке с номерами читательских билетов и инвентарными номерами единиц хранения, при клавиатурном вводе простых последовательностей знаков с читательских билетов и экземпляров документов легко допустить ошибки.

Развитие АБИС в России и СНГ имеет длительную историю. Национальные библиотеки стран СНГ с 1991 г. прошли сложный путь развития. В течение 1990–2000 гг. государственные республиканские библиотеки бывшего

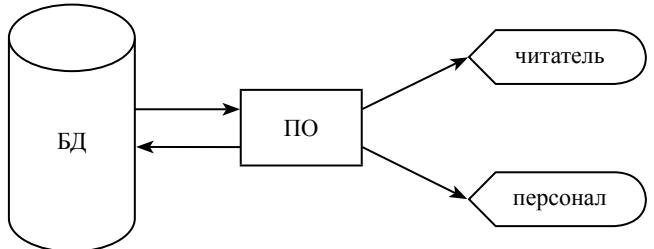


Рис. 1. Строение АБИС

Советского Союза получали статус национальных: в Армении, Грузии и Молдове — в 1990 г.; в Казахстане — в 1991 г.; в Беларуси, России, Туркменистане — в 1992 г.; в Кыргызстане, Таджикистане, Украине (национальная парламентская библиотека) — в 1993 г.; в Узбекистане — в 2002 г. [2].

В качестве своих главных задач национальные библиотеки стран СНГ выдвигают следующие: вхождение в мировое информационное пространство, внедрение и развитие компьютерных сетей, электронных средств связи. В 1991 г. национальные библиотеки стран СНГ, за некоторым исключением, не имели даже доступа в Интернет и электронной почты. Однако за прошедшие годы они достигли больших успехов в этой области.

Значительно преуспели в использовании информационных телекоммуникационных технологий (ИКТ) российские библиотеки — РГБ и РНБ, национальные библиотеки Беларуси, Казахстана, Украины. Количество автоматизированных рабочих мест (АРМ) в национальных библиотеках СНГ представлено в табл. 1.

В Научной библиотеке Кыргызского Национального университета им. Ж. Баласагына с 2001 г. началась автоматизация библиотечных процессов, внедряется автоматизированная информационная библиотечная система (ИРБИС). С марта 2003 г. ведется формирование электронного каталога и электронной библиотеки, в котором представлены: книги, статьи, диссертации КНУ, CD, видео, аудиоматериалы, электронные ресурсы, подписка.

По российской программе «Модернизация библиотечного дела и сохранение библиотечных фондов» и проекту «Российские библиотеки в Интернет» проведена разработка общероссийской информационно-библиотечной сети «Либнет», которая предусматривает сетевое взаимодействие библиотек, корпоративное

Т а б л и ц а 1  
Количество автоматизированных рабочих мест (АРМ) в национальных библиотеках СНГ

Страна	Название библиотеки	Количество АРМ
Азербайджан	Азербайджанская национальная библиотека	30–60
Армения	Армянская национальная библиотека	30–60
Кыргызстан	Кыргызская национальная библиотека	30–60
Молдова	Молдавская национальная библиотека	30–60
Россия	Российская государственная библиотека (РГБ)	1400
Беларусь	Национальная библиотека Беларуси (НББ)	1500
Казахстан	Национальная академическая библиотека Республики Казахстан (НАБРК)	>100
Казахстан	Национальная библиотека Республики Казахстан (НБРК)	120
Украина	Национальная парламентская библиотека Украины (НПБУ)	135
Украина	Национальная библиотека Украины им. Вернадского (НБУВ)	390
Грузия	Национальная парламентская библиотека Грузии (НПБГ)	115

создание и взаимное использование информационных ресурсов. Национальные библиотеки России — РГБ и РНБ, а также Российская книжная палата и ВГБИЛ образуют российский центр корпоративной каталогизации. В Беларуси и Казахстане действуют националь-

ные системы корпоративной каталогизации.

В России в 1997 г. по заказу Министерства культуры в рамках программы LIBNET под эгидой Российской библиотечной ассоциации был разработан формат RUSMARK. В разработке использовались международные стан-

Т а б л и ц а 2  
Российские автоматизированные библиотечные системы

Разработчик	Система
Научно-производственное объединение «Информсистема»	АИБС МАРК: «МАРК-SQL»; локальная версия, однопользовательская версия для школ
Международная Ассоциация пользователей и разработчиков электронных библиотек и новых информационных технологий ЭБНИТ	Система автоматизации библиотек ИРБИС
Компания «Открытые библиотечные системы»	АБИС «Руслан»
ООО «Балтикофт»	АБИС «Нева»
ООО «БКС»	Библиотека 5.4
Компания ЛИБЭР	АБИС «Liber-media» АБИС «Absothèque» АБИС «Моя библиотека»
Компания «ДИТ-М»	OPAC-Global OPAC-midi OPAC-mini
ГИВЦ Минкультуры	АС «БИБЛИОТЕКА 3»
Петрозаводский государственный университет ЕМЕ «Инженер Мареев Интрепрайзис»	АИБС ФОЛИАНТ
Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова	АБИС «Буки»
БЕН РАН	АБИС
МГТУ им. Баумана	АБИС «ЯУЗА»
Компания «МАРТ-СОФТ»	АБИС 1С: Школьная библиотека АБИС 1С: Библиотека колледжа АБИС Библиотека ВУЗа
COLIBRY SOFTWARE group	АИБС Колибри
ЗАО Гипер	АБИС «А-Элита»
ТОО «Деловые программы»	АБИС Мамонт

дарты ISO, отечественные стандарты СИБИД, а также рабочие материалы Постоянного комитета по UNIMARC. Формат распространяется на книги иserialные издания; предназначен для обмена библиографическими записями в машиночитаемой форме. Особенность формата — широкое применение полей связи с использованием технологии встроенных полей. Для элементов данных национального значения, не нашедших отражения в формате UNIMARC, введены дополнительные поля и подполя в соответствующих блоках с цифрой 9, определяющей национальный статус.

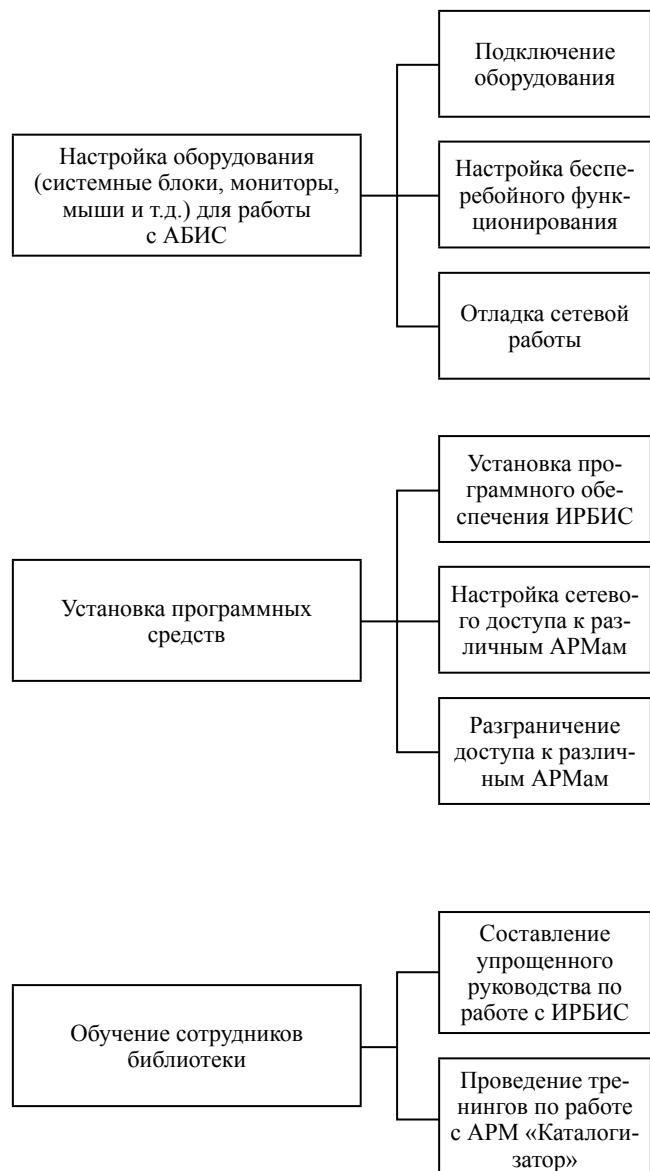
На основе международного формата Юнимарк в странах СНГ разрабатываются национальные коммуникативные форматы библиографических и авторитетных/нормативных записей (Белмарк, Казахмарк, Русмарк и т.д.).

Возникает вопрос о выборе конкретной АБИС для удовлетворения нужд библиотеки. На рынке сейчас представлено достаточно АБИС (табл. 2), но не все они могут быть эффективно использованы в той или иной библиотеке. Первоначальными критериями отбора среди множества систем являются: возможность поддержания программой русского языка, интуитивно понятный интерфейс, легкость в освоении и использовании. Не последнюю роль играет количество внедрений конкретной АБИС в России и СНГ, так как в большинстве случаев иностранные системы требуют дополнительной доработки для соответствия стандартам СНГ.

Наиболее подходящей с точки зрения необходимых критериев является Система автоматизации библиотек ИРБИС. На данный момент именно эта система внедрена в ГПНТБ, Научной библиотеке Кыргызского Национального университета им. Ж. Баласагына, МИИГАиК и сотнях библиотек по России и СНГ.

С начала 2008 г. в библиотеке МИИГАиК успешно функционирует АРМ (автоматизированное рабочее место) Каталогизатор, который позволяет пополнять электронный каталог изданий вуза. Этапы автоматизации основных библиотечных процессов в библиотеке МИИГАиК представлены на рис. 2.

На начальном этапе внедрения АБИС ИРБИС был решен ряд вопросов. К сожалению, аппаратные средства в одном из наиваж-



**Рис. 2. Этапы автоматизации библиотечных процессов**

нейших структурных подразделений вуза — библиотеке, находится в плачевном состоянии, что связано с рядом причин:

библиотека все еще рассматривается как обычное хранилище книг, работу которого нет необходимости автоматизировать;

основную часть аппаратных средств библиотеки составляет морально устаревшее оборудование;

нет технического специалиста, ответственного за оборудование библиотеки.

Основными вспомогательными средствами при внедрении и настройке ИРБИС были: техническая документация в системе и консульта-

ции специалистов ГПНТБ.

После введения в ЭК информации обо всех книгах библиотеки ожидается внедрение АРМ «Читатель» в читальном зале библиотеки для автоматизации поиска студентами изданий, и подключение к общей локальной сети МИИГАиК, чтобы каждый преподаватель мог, не вставая с рабочего места, посмотреть информацию о наличии книг в библиотеке.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Воройский Ф.С. Основы проектирования автоматизированных библиотечно-информационных систем. М.: Спорт и Культура-2000, 2002. –239 с.
2. Игумнова Н.П. Национальные библиотеки стран СНГ. Интеграционные связи: Обзор деятельности. Электронный ресурс <http://sng.rsl.ru/index.php?doc=1015>

Поступила 10 ноября 2011 г.  
Рекомендована кафедрой  
информационно-измерительных систем МИИГАиК

## ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ОСНОВНЫХ ШКОЛ УПРАВЛЕНИЯ

Профессор, доктор техн. наук **И.Ю. Васютинский**, профессор, доктор техн. наук **В.Я. Цветков**, профессор, доктор физ.-мат. наук **К.Б. Шингарева**, доцент, кандидат экон. наук **В.Б. Болотин**, профессор, кандидат экон. наук **В.Б. Пусенков**, аспирант **Д.И. Кожевников**

*Московский государственный университет геодезии и картографии*

*E mail: svj2@mail.ru*

**Аннотация.** Излагаются принципы и тенденции развития основных школ управления. Описаны направления внутри каждой школы. Даётся сравнительный анализ и условия применения подходов каждой школы.

**Ключевые слова:** управление, школы управления, методы управления

**Abstract.** The main principles and progress trends of the main management schools are presented. Lines of each school's activity are described. The comparative analysis is given. Conditions of application of approaches of each school are given.

**Keywords:** management, management schools, management methods

Управление применялось и совершенствовалось тысячи лет до нашей эры. Все великие государства и империи, все успешные завоевания основаны на четких принципах управления государством воинскими формированиями. Не случайно многие управленческие методы с древних времен до наших дней переносятся из сферы оборонных ведомств в практическую деятельность.

Понятия о систематизированном управлении организацией стали формироваться в середине XIX в., но самостоятельной областью деятельности управление было признано только в XX в. В 1911 г. Тейлор Фредерик Уинслоу опубликовал свою книгу «Принцип научного управления» [1], что дает основание считать признание управления самостоятельной областью исследований.

Успехи в развитии методов и подходов в управлении всегда зависели и определялись успехами других наук и уровнем развития производства. Все это определило появление различных школ управления. В настоящее время разные авторы выделяют от 4-х до 14-ти школ. Это делает актуальным их систематизацию.

В таблице приведены основные школы управления и направления внутри этих школ.

**Классическая школа управления. Научное управление.** Научное управление тесно связано с работами Ф.У. Тейлора [1]. Создатели школы научного управления первыми стали использовать наблюдения, замеры, логику и анализ для усовершенствования многих операций ручного труда, добиваясь их более эффективного выполнения. С современных позиций их методы основаны на исследовании простейших операций и решении простых задач оптимизации. Именно поэтому применение результатов исследований позволило значительно повысить производительность работы на операционном уровне.

Научное управление считало необходимым отделение управленческих функций от фактического выполнения работ, что противоречило старой системе, при которой рабочие сами планировали свою работу. Авторы работ по научному управлению также признавали важность отбора людей, которые физически и интеллектуально соответствовали выполняемой ими работе. Они подчеркивали большое значение обучения.

## Основные школы и направления управления

ШКОЛЫ УПРАВЛЕНИЯ. Направления	Начало становления, год	Доминирующие принципы
КЛАССИЧЕСКАЯ Научное Бюрократическое Административное	1880 1920 1940	Управление работой и организацией для повышения эффективности
ПОВЕДЕНЧЕСКАЯ Человеческих отношений Бихевиоризм Человеческих ресурсов	1930 1950 1980	Понимание и использование человеческого поведения в организации HumanResource
КОЛИЧЕСТВЕННЫХ МЕТОДОВ Наука управления Информационный менеджмент Информационное управление Нечеткой логики Стоимостный подход управления	1940 1950–1970 1980 1990 1990	Повышение качества управленческого принятия решений за счет применения математических и статистических методов
СИСТЕМНОГО ПОДХОДА К УПРАВЛЕНИЮ Исследование операций Управление социальными системами Управление организационно-техническими системами Интегрированное управление	1950 1940 1950 1960 1990	Понимание организации как системы, которая преобразовывает ресурсы в продукцию в условиях постоянного взаимодействия с окружающей средой
НЕПРЕДВИДЕННЫХ ОБСТОЯТЕЛЬСТВ Ситуационное управление Синергетическое управление	1960 1970 1990	Применение управленческих принципов и процессов как диктуемых уникальными особенностями каждой ситуации

*Бюрократическое управление.* Оно было сфокусировано на управлении всей организацией, а не только на операционном уровне. Бюрократическое управление сосредоточивается на форме управления в организации. Макс Вебер является главным основателем направления «Бюрократическое управление». На основании наблюдений Вебер выявил, что многими организациями управляли неэффективно из-за принятия решений, основанных на личных отношениях и лояльности. Кстати говоря, такое наблюдается и в современном Российском управленческом аппарате, что обуславливает его недостаточную эффективность. Вебер предложил форму организации управления, названную бюрократией. Она характеризовалась разделением труда, иерархией, набором формальных правил, беспристрастностью, выбором и поощрением способных служащих. Вебер утверждал, что власть менеджеров в организации должна базироваться не на традиции или личных качествах, а на позиции, занятой менеджерами в организационной иерархии. Бюрократия, в то же время, создает негибкость и дополнительные временные затраты для нижних уровней. Но, с другой стороны, она повышает оперативность исполнения и исключает нечеткую трактовку управленческих воз-

действий. Ярким примером бюрократического управления являются вооруженные силы всех стран мира.

*Административное управление.* Если первое направление формировало горизонталь операционного уровня, второе — задавало управленческую вертикаль, то административное управление было основано на интеграции этих подходов. Именно оно было сфокусировано на управление организацией в целом, а не только на операционном уровне. Административное управление рассматривает вопросы совершенствования организации в целом, в отличие от научного управления, которое изучает отдельные производственные операции.

Анри Файоль [2], с именем которого связывают возникновение административной школы, поставил себе целью создание универсальных принципов управления. А. Файолем сформулированы 14 принципов управления.

1. Разделение труда — специализация работ, необходимая для эффективного использования рабочей силы (это заимствовано из школы научного управления).

2. Полномочия и ответственность — каждому работающему должны быть делегированы полномочия, достаточные для того, чтобы нести ответственность за выполняемые ра-

боты (это заимствовано из бюрократической школы).

3. Дисциплина — рабочие должны подчиняться условиям соглашения между ними и руководством, менеджеры должны применять справедливые санкции к нарушителям порядка (это заимствовано из бюрократической школы).

4. Единоначалие — работник получает распоряжение и отчитывается только перед одним непосредственным начальником (это заимствовано из бюрократической школы).

5. Единство действий — все действия, имеющие одинаковую цель, должны объединяться в группы и осуществляться по единому плану (это заимствовано из бюрократической школы).

6. Подчиненность интересов — интересы организации имеют преимущества перед интересами отдельных сотрудников (это заимствовано из бюрократической школы).

7. Вознаграждение персонала — получение работниками справедливого вознаграждения за свой труд (это заимствовано из школы научного управления).

8. Централизация — естественный порядок в организации, имеющей управляющий центр. Лучшие результаты достигаются при верной пропорции между централизацией и децентрализацией. Полномочия (власть) должны делегироваться пропорционально ответственности (это заимствовано из бюрократической школы).

9. Скалярная цепь — неразрывная цепь команд, по которой передаются все распоряжения и осуществляются коммуникации между всеми уровнями иерархии («цепь начальников») (линейная модель управления).

10. Порядок — рабочее место для каждого работника и каждый работник на своем рабочем месте (это заимствовано из бюрократической школы).

11. Справедливость — установленные правила и соглашения должны проводиться в жизнь справедливо на всех уровнях скалярной цепи (это заимствовано из школы научного управления).

12. Стабильность персонала — установка работающих на лояльность по отношению к организации и долгосрочную работу так, как

высокая текучесть кадров снижает эффективность организации.

13. Инициатива — поощрение работников к выработке независимых функций, в границах делегированных им полномочий и выполняемых работ (это заимствовано из школы научного управления).

14. Корпоративный дух — гармония интересов персонала и организации обеспечивает единство усилий (в единстве — сила).

Таким образом, А. Файоль обобщил и систематизировал принципы предыдущих направлений, чем окончательно сформировал классическую школу управления. Главный вклад административного управления состоит в том, что оно рассматривает управление как универсальный процесс, состоящий из взаимосвязанных функций, таких как планирование и организация и т.п.

Принципы А. Файоля затрагивают два основных аспекта. Первый — разработка рациональной системы управления организаций, в частности определение лучшего способа разделения организации на подразделения или рабочие группы. Это во многом определяет возможность применения системного подхода. Второй аспект классических принципов состоит в построении структуры организации. Это называют построением структурной модели, что также определяет возможность применения системного подхода.

Таким образом, административное управление обобщило опыт других направлений и заложило основу для развития управления.

**Поведенческая школа.** Эта школа и ее научные направления возникли после того, как было обнаружено, что четко разработанные рабочие операции и хорошая заработная плата не всегда вели к повышению производительности труда, как считали представители школы научного управления. Одна из основных идей этой школы состоит в учете человеческого фактора [3], который может играть негативную или позитивную роль в управлении и исполнении.

Иногда затраты на непроизводственные (социальные) потребности дают эффект больше, чем те же затраты только на производство и оборудование. Исследования выявили ряд мотивационных факторов, учет которых при незначительных затратах приводил к суще-

ственному повышению эффективности и конкурентоспособности организации [4].

Мотивами поступков людей являются не только экономические факторы, но и различные потребности, которые могут быть лишь частично и косвенно удовлетворены с помощью денег. Основываясь на этих результатах, был сделан вывод о том, что если руководство проявляет большую заботу о своих работниках, то возрастает уровень удовлетворенности. Возрастание уровня удовлетворенности снижает брак, повышает эффективность и объем производства. В этой школе развиваются три направления: *человеческих отношений; бихевиоризм (мотиваций); человеческих ресурсов* [5]. Она рекомендует использовать приемы управления человеческими отношениями и исследует, прежде всего, методы налаживания межличностных отношений.

Этот подход стремится в большей степени оказать помощь работнику в осознании своих собственных возможностей. Основной целью школы поведенческих наук было повышение эффективности организации за счет повышения эффективности человеческих ресурсов, полного использования потенциала каждого работника. Именно поэтому в современной трактовке она развила в направление управления человеческими ресурсами.

**Школа количественных методов управления.** Доминантой этой школы является: «Повышение качества управленческого принятия решений за счет применения математических и статистических методов» [6]. Возникновение школы обусловлено развитием подходящих математических методов, усложнением производственных процессов и требованиями производства. Основным в школе является междисциплинарный подход, когда конкретная проблема решается группой специалистов по математике, статистике, инженерным и общественным наукам. По существу школа развивает идеи научного направления. Различие в том, что в «научном направлении» основу составляли расчеты и простейшие модели, а в этой школе доминирующие позиции занимают сложные математические модели и методы оптимизации. Основные направления школы: *наука управления, информационный менеджмент* [8], *информационное управление*

[9, 10], *управление с использованием методов нечеткой логики, стоимостный подход в управления* [11, 12] и т.п.

После постановки проблемы и формулировки задачи разрабатывается модель, чаще всего математическая, сложившейся задачи. После создания модели переменным задаются количественные значения. Это позволяет более объективно сравнивать и описать каждую переменную и отношения между ними. Главной особенностью этой школы управления считается замена словесных рассуждений и описательного анализа количественными значениями.

**Школа системного подхода к управлению.** Если школа количественных методов управления опиралась на модели процессов и отношений, то школа системного подхода к управлению опиралась на интегрированный подход, рассматривая организацию как систему и оценивая ее в совокупности, а не с помощью отдельных моделей. В этом отношении она может рассматриваться как интегрированный подход. В качестве одного из первых направлений следует выделить исследование операций [7]. Появление компьютеров позволило конструировать математические модели возрастающей сложности, приближая их к реальной ситуации и получать более точные решения.

В системном подходе организация рассматривается как система взаимосвязанных элементов, таких как люди, структура, задачи и технология, которые ориентированы на достижение определенных целей в условиях меняющейся внешней среды. При этом выделяют разные типы систем [13], что определяет различное применение этого подхода.

**Школа управления при непредвиденных обстоятельствах.** Концепции этой школы, называемой в оригинале *contingency school of management* [6], строятся на том, что для всех случаев жизни нет никакого единственного универсального способа управления. Каждая ситуация уникальна и каждый менеджер имеет свои способности, отличающие его от других. Не существует единого для всех «лучшего» способа управления организацией. Эта школа концентрирует внимание на том, что пригодность различных методов управления опреде-

ляется конкретной ситуацией. Самым эффективным методом управления в конкретной ситуации является метод, который более всего соответствует данной ситуации. Задача — найти и суметь реализовать этот метод. Поэтому есть только несколько универсальных управленических принципов, и соответствующий стиль управления зависит от требований специфической ситуации. Школа развивает идеи административного управления, включая идеи школы человеческих отношений и идеи школы количественных методов. Она в меньшей степени известная и является относительно новым направлением в управлении.

Одним из направлений школы является *ситуационное управление* [14] Situational management [6]. Ситуационный подход исходит из того, что, хотя общий процесс управления одинаков, специфические приемы, которые должен использовать руководитель для эффективного достижения целей организации, могут значительно различаться. Ситуационный подход направлен на реализацию приложений различных методов к конкретным ситуациям и условиям.

Управление ситуацией — подход, который включает инструменты и методы для того, чтобы скоординировать взаимодействие между людьми, технологиями, и ответами. Основой данного направления является ситуация, т.е. конкретный набор обстоятельств, которые влияют на организацию в данное конкретное время. Поэтому реализация этого подхода основана на построении модели информационной ситуации. Эта модель использует ряд специфических характеристик, таких как информационная позиция, информационное преимущество, информационное богатство и др. [15, 16]. При этом простого указания на то, какие переменные сильнее всего влияют на результат (являются релевантными), явно недостаточно для того, чтобы определить, какое решение будет лучшим для достижения целей организации. Основная сложность заключается в том, что все многочисленные ситуационные процессы взаимосвязаны и их нельзя рассматривать независимо друг от друга.

Все школы управления развиваются и связанными факторами для них остаются инфор-

мация и коммуникации. При этом наблюдается тенденция интегрированного управления [17], характерная для разных школ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Frederick Winslow Taylor. Principles of Scientific Management.* New York and London, 1911 Harper & brothers.
2. *Fayol H. Industrial and General Administration.* — Geneva: International Manag. Inst., 1930
3. Цветков В.Я., Воинов А.И. Управление и антропоэнтропия // Современные научно-технические технологии. 2008. — № 5. — С. 39–41.
4. Пушкирева К.А., Цветков В.Я. Зависимость конкурентоспособности организаций от конкурентоспособности ее персонала / Современная Россия: Экономика и государство. Всероссийская научно-практическая конференция 14–15 ноября 2007 г. — Москва. Материалы конференции. — М.: ГАСИС, 2007. — С. 171–176.
5. Армстронг М. Практика управления человеческими ресурсами. / Пер. с англ. — 8-е изд. — СПб.: Питер, 2004.
6. Encyclopedia of Management <http://www.enotes.com/management-encyclopedia/management-thought>
7. Хемди А. Таха. Введение в исследование операций М.: Видъямыс, 2007. — 912 с.
8. Поляков А.А., Цветков В.Я. Информационные технологии в управлении. М.: МГУ факультет государственного управления, 2007. — 138 с.
9. Кононов Д.А., Кульба В.В., Шубин А.К. Информационное управление: элементы управления и способы информационного воздействия//Проблемы управления. — 2004. — № 3. — С. 25–33
10. Корнаков А.Н., Цветков В.Я. Особенности информационного подхода в управлении. // Вестник Московского государственного областного университета. Серия Экономика. — 2010. — № 2. — С. 80–94.
11. Васютинский И.Ю., Шайтура А.С. Управление геодезическими предприятиями на основе их стоимости. // Изв. вузов. «Геодезия и аэрофотосъемка», 2009. — № 5. — С. 45–48.
12. Цветков В.Я., Пушкирева К.А. Стоимостная концепция оценки конкурентоспособности персонала // Вестник Московского областного педагогического университета. Серия Экономика. — 2010. — № 2. — С. 134–137.
13. Берталанфи фон Л. Общая теория систем — критический обзор./В кн. Исследования по общей теории систем. М.: Прогресс, 1969. — С. 23–82.
14. Поспелов Д. А. Ситуационное управление: Теория и практика. - М.: Наука.- Гл. ред. физ.-мат. Лит., 1986.–288 с.
15. Тихонов А.Н., Иванников А.Д., Соловьев И.В., Цветков В.Я. Основы управления сложной организационно-технической системой. Информационный аспект. М.: МаксПресс, 2010. —228 с.
16. Тихонов А.Н., Иванников А.Д., Соловьев И.В., Цветков В.Я., Кудж С.А. Концепция сетевоцентрического управления сложной организационно-технической системой. М.: МаксПресс, 2010. —136 с.
17. Розенберг И.Н., Цветков В.Я., Матвеев С.И., Дулин С.К. Интегрированная система управления железной дорогой/ Под ред. В. И. Якунина. М.: ИПЦ «Дизайн. Информация. Картография», 2008. —144 с.

Поступила 8 декабря 2011 г.  
Рекомендована кафедрой экономики  
и предпринимательства МИИГАиК

УДК 528:658.51

## КАДАСТР, ЭКОНОМИКА И РАЗВИТИЕ ТЕРРИТОРИЙ

### ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ КАДАСТРА ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ В РОССИИ (Х – НАЧАЛО ХХ В.)

Доцент, кандидат техн. наук Т.В. Илюшина

Московский государственный университет геодезии и картографии

E-mail: tilyushina@yandex.ru

**Аннотация.** Современный кадастр природных ресурсов представляет собой систематизированный свод сведений о природном, хозяйственном и правовом положении земель, вод, лесов, недр и др. Во-просы рационального использования и охраны природных ресурсов представляются актуальной современной проблемой, решение которой возможно на основе анализа многовекового опыта межевания земель, формирования и истории развития отечественного кадастра природных ресурсов. В статье систематизированы факты, выявлены закономерности формирования кадастра, имеющие важнейшее практическое значение для мониторинга окружающей среды.

**Ключевые слова:** кадастр, природные ресурсы

**Abstract.** Contemporary cadastre of natural resources represents a system of data on natural, economic, and legal status of lands, waters, forest, bosom, etc. Questions of rational utilization and conservation of the resources present an actual problem that can be resolved on the base of analysis of centuries-old experience of boundary settlement, formation, and historical development of cadastre of natural recourses of Russia. The article collects systematic facts, traces laws of cadastre development. The data is very important for environmental monitoring.

**Keywords:** cadastre, natural recourses

В XI в. в России зарождаются первые законы о пользовании и учете владений («Пространная Русская Правда» 1054 г.). Определение границ и описания земель были еще случайными явлениями, но уже содержали зачатки будущего межевания. Накопление гидрографических знаний происходило по мере расселения славян по речным системам. Так во многих старинных землеописаниях использовались различные характеристики речных, озерных и грунтовых вод: «здорова для питья», «к употреблению людям и скоту здорова», «и с какою потребною водою который колодезь или озеро» [1]. Колодези (кладези) высоко ценились, и дали названия многим местностям. Наблюдение за землями, целебными источниками и заповедными лесами издавна вели монастыри, составляли первые описания и чертежи (Кирилло-Белозерский монастырь, Троице-Сергиева лавра, Соловецкая обитель). Несмотря на попытки законодательно сохранить лес, лесонасаждения гибли от пожаров,

рубок под пашню; берега рек расчищали под переправы. Села и волости называли по естественным угодьям («ухожам» — «сокольничьи», «рыболовли», «бортничьи», «пашенные», «соляные») [2]. Были строго определены места охоты. Князья «выговаривали себе право» на ловлю птиц и зверей на Двинской земле, посыпали «промышленные ватаги» к Белому морю, Северному океану и Печерскую сторону за рыбью, зверем и птицей, таким образом, присвоили себе право на промысел. Но промыслы обогащали и народ. В 1289 г. князь Мстислав определил «сколько должно идти натурай с промысла землемельческого, бортнического, скотоводческого» [2]. Владея на правах собственности звериными и птичьими ловлями, частные лица покупали и продавали земли со всеми угодьями: бобровыми гонами, перевесами, рыбными ловлями, лесом и прочими, которые являлись достоинствами земельного владения. Скотоводство также было богатством с незапамятных времен и принадлежностью

домашнего хозяйства. Участки земельных владений, пастбищ, сенных покосов и лесных угодий ограждали межами по природным границам (ручьям, болотам, рощам и т.п.), грамоты предупреждали споры. Металлическое производство (железные, медные, серебряные и золотые изделия, деньги, земледельческие орудия, военное вооружение) передавались из рода в род. Железо выплавляли из золотых руд (разновидность бурого железняка, отлагающаяся в болотах). Добыча песка, глины, торфа, сапропеля (илистых отложений пресных водоёмов) требовали простейших технологий. Но процесс добычи не предусматривал восстановление природных территорий, кроме очистки водных объектов от затонувшей древесины и наносов после осуществления сплава леса. Вместе с колонизацией государства продвигалась и разработка естественных богатств земли. Этому развитию способствовали монастыри, которые основывались в безлюдных местах, среди диких лесов и болот, где «лес от века не пахан», и способ возделывания земель был самым трудным — «новые починки (селения) садили по лесам» [2]. Продвигаясь на восток, земледельцы переходили на новые места, при такой обработке почва не давала продолжительного плодородия, поэтому в летописях и древних документах не встречаются факты «чтобы земли где-нибудь добрались» (удобрялись) [2]. Земля была главной доходной частью, но неограниченные земельные просторы с подсечной системой земледелия не нуждались в точном измерении площадей. Распространение межевых законов привело к созданию законодательств в княжествах (Новгородская, Псковская и Двинская судные грамоты).

В конце XV в., когда сложилось территориальное ядро Московского государства, стали проводить систематические описания природных объектов княжеских и монастырских владений. В этот период идет освоение сибирских территорий и овладение новых источников дохода (пушным богатством, месторождений руд и строительных материалов). Различные экспедиции собирали обширные сведения о новых землях. Предметом описаний становились новые природные ресурсы и промыслы. В результате создания единого государства появилась потребность в измерительных работах

для изучения территории страны и возникла необходимость в межевании, начаты работы по созданию Писцовых книг, способы установления и описания меж. Поместная система вызывала необходимость частых описаний, измерений и разграничений земель. Отведение мест охоты и промыслов являлось первой причиной появления охраняемых искусственных знаков. В середине XVI в., с учетом рельефа, почвенных условий, состава древесных пород и фауны, выделялись типы лесных насаждений для организации княжеско-царской охоты (бор, груд, березняк и др.). Заповедными объектами стали «засечные леса». Ограждая себя от врагов, славяне оставляли нетронутыми леса на границе с лесостепью, служившие преградой для конницы кочевников. Засечный лес имел межевые границы и строго охранялся, в нем запрещались рубки, охота, вход и выезд. Лес, в котором не было «бортей», не имел никакой цены. Со временем появились законы о защите бортей, бортевое дерево стало капиталом для потомства и государства.

В 1586–1587 гг. продолжалось колонизацию Сибири, основание городов, походы по рекам, выход к морям, обнаружение северо-восточной оконечности Азии. Воссоединены с Русским государством Украина, Северская земля и др. Начато картографирование Урала, Западной Сибири и Приамурья. Важнейшим географическим методом исследования этого периода остаются наблюдения, они дают правительству важные данные о географических объектах, их развитии и изменениях. Практическая самобытная геометрия при межевании была основана на измерении расстояний мерной веревкой, указания поворотов границ и определений площади земель и лесов в десятинах и квадратных верстах. Межевые законы Соборного уложения (1649) впервые определяли основания государственного межевания. Уложение определяло наказание за порчу межевых знаков, за незаконные завладения землями; порядок отвода земель, устройство. Для описания земель в XVI в. был создан Поместный приказ (ок. 1555), объединяющий межевые, кадастровые и крепостные работы. Писцовые книги использовались в XIV–сер. XVII вв., содержали юридические и финансовые вопросы (оценки имущества, размеров налогообложения; показатели статистики землевладения; классифи-

кацию по качеству земель («*добрые, средние, худые*»). Для классификации использовались данные об урожайности, видах угодий и физических свойствах почв (способность впитывать осадки или оросительную воду, снабжать ею растения). Собираемая информация использовалась для управления территориями, налогообложения и создания первого государственного свода сведений о наличии разнообразных природных ресурсов. Поместный приказ наделял служилых людей землей, ведал фондом «*пустых*» земель, регистрировал и контролировал все измерения по владениям, проводил общие и частные описания земель, являлся судебной инстанцией, выработал новую систему обложения (1684). В 1556 г. был опубликован Указ Ивана IV о межевании поместных и вотчинных земель, составлен «Наказ служилым людям» с «Землемерными начертаниями» — пособием по вычислению площадей владений. Главным поводом к описанию земель стала необходимость дополнений к прежним описаниям, которые уже не соответствовали изменившемуся состоянию земельных дел, и требовали возможности постоянного внесения изменений в свод сведений.

Смутное время (1598–1613) неблагоприятно отразилось на земельных делах: многие документы погибли в пожарах (в 1626 г. сгорел Поместный приказ), а уцелевшие — не соответствовали действительному состоянию территорий, разоренных войнами с Польшей (1632–1634) и Швецией (1613–1617). Меры, предпринятые для восстановления земельных дел (указы и грамоты по городам (1619), Соборный приговор (1620), Указ (1622) о производстве «*большого сыска*»), способствовали составлению новых писцовых книг и правопорядков. С 1672 г. вновь началось систематическое обследование земель, составлялись описи рек и лесов для учета запасов природных ресурсов — «*богатств*».

Знаменательным событием в истории русского межевания стало валовое межевание 1680–1686 гг. (появилось множество межевых документов и установленных границ владений, определено количество и качество земель в государстве, и устранило множество земельных споров). Права на владения закрепляли грамоты, появились первые профессиональные землемеры, описание земель велось по

инструкции (1557). При межевании проводили отводы и разделы поместий. Существовали способы «*одабривания*» земель, которые породили в дальнейшем сложную систему черезплоского земледелия. Практическая геометрия была основана на определении расстояний и площадей (площади измеряли с помощью жезла и мерных веревок в десятинах по 80 в длину и по 30 сажень в ширину по Наказу 1684 г.). С 1588 г. началось использование карт для раздачи поместий за службу. Карты этого периода составлялись на основе речной сети. Книга давала описание сухопутных и водных путей — «*росписи рек, из которых мест текут, и сколько их протоку, и которые реки в те реки впади*», «*кладезей*» [3], и урошиц. После долгих лет сбора информации о природных ресурсах, была сделана первая попытка собрать чертежи в Атлас (Чертежная книга Сибири С. Ремезова (1701), Русская Лубочная карта всего света XVII в.), «*Писцовая карта России*» Д. Герасимова (1525) [4]. Появляется целый ряд карт зарубежных авторов: карты С. Герберштейна (1546); А. Джэнкинсона (1562); Г. Меркатора (1594), Н. Витзена (1687) и др. В кон. XVII–нач. XVIII вв. значительная работа по картографированию Сибири была выполнена П. Годуновым (1667) и С. Ремезовым (1696–1730). При описании территорий учитывались реки с притоками; волоки (сухопутные низинные, заболоченные мелкие части водной трассы); озера; леса; минеральные ресурсы — «*и сколько здесь серебряных, медных и свинцовых руд; и где они залегают*» [3]; число пахотных земель, безводные и труднопроходимые каменистые степи и др.

Изучение, описание, использование и охрана окружающей природной среды находит отражение в Уложении (1649) и имеет отношение к ограничению охоты и охране лесов. По указу князя Д. Галицкого (1220–1264) создан «*великий заповедник у межах сучасных*» Беловежской и Цуманской пущ. Это одно из первых исторических упоминаний об охраняемых природных территориях. В царствование Алексея Михайловича (1645–1676) на территориях вокруг Москвы (Сокольники, Измайлово) запрещалось охотиться и вести хозяйственную деятельность (такие территории позднее стали появляться в окрестностях Киева, Петербурга, в Крыму, на Кавказе). На основании межевых

законов писцам и межевщикам приходилось классифицировать земли по качеству, определять их производительность, улаживать споры и составлять разнообразные документы. Это говорит о том, что эти люди были хорошо подготовлены к своему делу, отлично знали сельскохозяйственные условия, физические свойства земель (формирующие плодородие), функции водных, лесных и минеральных ресурсов, способы обмера и деления, раскладку податей и повинностей, земельные права и понимали задачи и цели описания владений. Геодезические знания были просты, но это не вредило межеванию, т.к. они были, прежде всего, устроителями земельно-податных и сельскохозяйственных отношений. Писцовые межевания — это первая система кадастра природных ресурсов, так была достигнута главная цель кадастра — собрано и приведено в систему то, что уже раньше сложилось в прочный обычай и выразилось в письменной форме отдельных законов о владениях, межах и природных объектах в форме общего закона и возможности его дальнейшего совершенствования. Главным объектом кадастра являлись земельные ресурсы «земля — матушка богатительница наша» [5].

*Изменение основных положений кадастра природных ресурсов происходит в царствование Петра I и продолжения его реформ в кон. XVII–сер. XVIII в.* В этот период Россия получила выход к Азовскому, Черному и Балтийскому морям. Изучение новых земель стало поручаться только квалифицированным геодезистам. Накопление большого фактологического материала о природных ресурсах потребовало систематизации методов географических исследований. Труд В.Н. Татищева «Общее географическое описание всея Сибири» содержит главы о «воздухе», «водах», «положении земли», «внутренних земли», «солях», «рудах металлей», «полуметаллиях», «росчениях». В очерках «Руссия, или, как ныне зовут, Россия» (1739) и «Введение к историческому и географическому описанию Великороссийской империи» (1744) В.Н. Татищев стремился определить главные естественные богатства государства. И.К. Кирилов возглавлял работы по государственной съемке страны. А.Ф. Клешнин создал первую инструкцию по топографической съемке (1738), которая сыграла большую роль

в повышении точности и качества съемок, сбору географических данных и их учету при составлении карт. Усилившаяся дифференциация географических наук привела к появлению тематических описаний: П.И. Рычкова «О сбережении и размножении лесов» (1767), С.П. Крашенинникова «Описание земли Камчатки» (1711–1755), Ф.И. Соймонова «Продолжение о древней пословице: Сибирь золотое дно» (1764), К.И. Габлица «Физическое описание Таврической области по ее местоположению и по всем трем царствам природы» (1785), С.И. Плещеева «Обозрение Российской империи в нынешнем ея новоустроенном состоянии» (1786); и учебников И.Ф. Гакмана «Краткое» и «Пространное землеописание Российского государства» (1787), дают сведения о природных ресурсах страны.

Главными по значимости естественными богатствами считались земельные, водные, лесные, ископаемые «подземности», немаловажное значение в географических трудах того времени имел ресурс называемый «воздух», и связанные с этим понятием «заповедные места». В Реестре к ландкартам надлежало описывать «знатные горы, леса, степи, болота, валы старинные и засеки, каналы и слюзы, назначивать по рекам мельницы» [6]. Военные интересы требовали отображения рельефа, растительности; занесение всех цифровых результатов в «каталоги» и доставку в Сенат. Структура геометрии позволяла определять расстояния, площади (с помощью астролябий и мерных цепей) и превышения (методом водяного нивелирования и ватерпаса). В области географии и будущей геодезии важными были: определение географически мало изученных районов государства и его границ путем геодезических съемок, интенсивное изучение природных ресурсов и промыслов, устройство водных путей внутри государства. В правление Петра I коренной ломке подверглись традиционные представления об укладе жизни в России. К числу успешных мер в межевании можно отнести образование «условных владений»; межевание по частным просьбам; лесоустроительные работы; гидрографические исследования; экспедиционные поиски минеральных ресурсов и др. Для данного периода также характерен ряд государственных реформ, негативно отразившийся на формиро-

вании первой системы кадастра. В результате практика межевания сократилась, положение землевладения ухудшилось, а число земельных споров увеличилось.

Для изыскания водных ресурсов были проведены первые гидрографические работы в Европейской части России (1696); строительство и нивелирование Волго-Донского канала (1697); инструментальная съемка берегов Азовского моря (1699); съемка и нивелирование рр. Невы и Волги (1710); навигационные работы по съемке берегов Балтийского и Каспийского морей. В 1718 г. образована Адмиралтейств-коллегия для руководства делами флота и гидрографическими работами. Под ее руководством составлены: гидрографическая карта Европейской России по материалам съемок рек (1809); проведены триангуляционные работы Финского залива и С.-Петербурга К.И. Теннера (1809); организована гидрографическая экспедиция Ф.Ф. Шуберта (астрономо-геодезические работы, мензульная съемка и промеры Балтийского моря 1828) и др. В 1704 г. были изданы атласы р. Дона, Азовского и Черного морей. В 1719 г. проведены инструментальные съемки Западной Сибири для составления карты р. Иртыш. Руководство «геодезии подмастерья» А. Клешнина (1723) предусматривало подробные описи природных ресурсов: «спрашивать надлежит о реках, откуда вытекли и где впали в озеро или в реку... а потом спрашивать о озерах и близ которых деревень лежат, о болотах, горах, лесах и о дорогах, а длину и ширину их в верстах вносить в ландкарту» [6]. Значительный материал по поверхностным и подземным водам был собран И.П. Фальком (1768–1774). Во второй пол. XVIII в. качество воды исследователи определяют для питья и в лечебных целях. В «Записках о путешествиях» (1785–1787) содержится описание известковых и горных пород, чернозема, разных солей, металлов и др. И.И. Лепехин в работе «Дневные записки...» (1771–1785) тщательно описывает водные объекты (цвет, прозрачность, запах и вкус вод). Н.Я. Озерецковский пишет труд «Путешествие по озерам...» (1792).

В области лесоустройства также произошли качественные изменения. Лесозаготовительные работы были связаны с сырьевыми районами размещения и заготовки древесины

— Северный, Волго-Вятский, Центральный, Поволжье, Урал, Западная и Восточная Сибирь. В результате в 1701 г. была выпущена первая русская карта лесов, где кроме лесных участков показаны предприятия по переработке древесины России кон. XVII в. По указу 1702 г. корабельные заповедные леса были изъяты из частных владений и занесены в «описные книги» Адмиралтейства. В 1703 г. вышел Указ по лесному законодательству, обязывающий производить опись всех лесов по рекам, и ограничения в пользовании лесами. Лесоустроительными работами 1721–1850 гг. предусматривалось отмежевывать заповедные леса от смежных земель с прорубкой просек, постановкой межевых знаков, и описывать их с указанием количества леса в десятинах и верстах. П.С. Паллас определил связь между растительностью, климатическими условиями и хозяйственной деятельностью, указывал, что лесные массивы увеличивают выпадение осадков, регулируют сток вод, уменьшают эрозию почвы и др. На съемки лесов было привлечено множество геодезистов, которые определяли лесные площади, лесорубочные массивы по породам деревьев, устраивали пристани и дороги к лесам. В 1722 г. была выпущена первая Инструкция для крупномасштабной съемки лесов со схематическим показом рельефа местности. С.Г. Гмелин в «Путешествиях по России...» (1771–1785) описывает полезные свойства лекарственных, редких видов растений, птиц и животных для использования в хозяйственной деятельности.

1698 г. отмечен пуском Невьянского металлургического завода (Урал), разработкой Нерчинского рудника (1700). Землепроходцы отмечали «нефтяные ключи», «смольные ключи», «серные источники» для сбора сведений о свойствах минеральных вод. В 1749 г. при съемке уральских приисков была применена единая система координат для больших территорий. П.С. Паллас уделял большое внимание «médным», и «железным» заводам Урала, Алтая и Сибири. В.Н. Татищев характеризовал различные полезные ископаемые по составу и использованию. Для хозяйственного освоения территорий были начаты: первые топографические съемки в Азиатской России (1715), Башкирии (1735–1740); на побережье Охотского моря (1719–1722) и др. Правительством организо-

ваны инструментальные съемки для получения карт отдельных территорий и Генеральной карты государства. Сенатом утверждена новая Межевая инструкция («Наказ межевщикам»), где указан порядок межевания (1720). Значительно повысилась точность измерений, основанная на применении геодезических инструментов, но в результате уничтожения поместной системы и введения подушной подати, качественный учет различных природных угодий и их оценка утратили свое значение. Поместный приказ был преобразован в Вотчинную коллегию, которая рассматривала только две группы дел: разбор и укрепление прав на недвижимые имущества. Сплошное межевание (1754) выполнить не удалось. Кроме учета оно имело целью лишение прав владения и изъятия не соответствующих документам земель. Такой подход привел к возникновению споров, отрицательному отношению землевладельцев к межеванию и предопределил его неудачный исход.

Во времена Анны Иоановны и Елизаветы Петровны были развиты многие из начинаний Петра I. К середине XVIII в. геодезическое обоснование кадастровых работ и соответственно профессиональное геодезическое образование стало необходимым для решения государственных, экономических и научных задач по освоению и использованию природных ресурсов. В.Н. Татищеву поручено возглавить работу по «...землемерию всего государства и сочинению абсолютной географии с ландкартами». В 1739 г. был создан Географический департамент при Петербургской академии наук по заведованию всеми съемочными и картографическими работами. Это период активного географического исследования территорий и первых больших научных съемочных работ в Европейской части России (1696). В 1718 г. Сенатом предложено «Межевым делом велеть межевщикам учиться ландмизерии» (землемерию). В 1721–1731 гг. съемки охватили значительную часть территории страны. По межевой инструкции (1735) регламентировалось измерение углов поворота и расстояний (мерными цепями длиною в 10 саж.). В этот период были организованы различные экспедиции: первые астрономо-геодезическая и гравиметрическая экспедиции (1727–1730); начаты работы Великой Северной экспедиции

(1733). Велись съемочные работы в различных частях государства. Вышла «Инструкция межевщикам» с ведением межевого журнала (1754). В 1755 г. для межевания учреждены: Главная межевая канцелярия с Чертежной при Сенате, Московская губернская межевая канцелярия и партии межевщиков с геодезистами для выполнения съемочных работ и планов. Составлены многочисленные карты уездов и губерний; завершены В.В. Атласовым исследования Камчатки — «какие люди живут... и какой здесь есть зверь и другие богатства» и Курильских островов (1696–1699) [7]; издан «Атлас Всероссийский империи» (1734). После достижения М. Гвоздёвым побережья Северной Америки (1732) издан «Атлас Российской» (1745) и др.

Из-за недостатка средств и специалистов, трудностей в разработке новых правил применительно к новым условиям землевладения, полноценное межевание было невозможным. Главной проблемой этого периода явилась проблема неразвитости земельного законодательства. Система кадастра лишилась одной из основных составляющих и перестала быть сводом сведений о правовом положении земель. Геодезисты измеряли земли, но не определяли права владения и не улаживали споры, поэтому не могли достигнуть успеха в юридическом межевании. Но в этот период в законодательстве появился ресурсный подход к природопользованию: природные объекты (воды, леса, недра) впервые рассматривались в качестве ресурса. Петр I впервые положил начало государственному управлению лесами (указ, запрещающий расчистку лесов на расстоянии 30 верст от сплавных рек; указы «О нерублении доброго лесу на дрова», «О нерубке годного на корабельное строение леса», «О нерубке на дрова лесу толще пяди» и др.). Некоторые породы леса объявлялись заповедными, невзирая на принадлежность лесных угодий (казенные, помещичьи, монастырские). За порубку заповедных деревьев виновные подвергались штрафу, а за «многую заповедных лесов посечку» — смертной казни. Но несмотря на лесоохраные декреты и понимание важности лесопосадок, помещики, заводчики, военные не имели экономической заинтересованности в охране лесов. Работы по картографированию и реконструкции водных путей начались в связи с

нуждами морского и речного судоходства, расширением сведений о природном и хозяйственном положении страны, а также для обеспечения военного дела и создания искусственных соединительных водных систем. В результате за этот период было произведено картографирование многих водных объектов; принят ряд природоохранных законов относительно вод; проводилась оценка водных ресурсов с целью их дальнейшего использования. При наличии слаборазвитой сети хороших дорог водные сообщения в кон. XVII – нач. XVIII вв. приобрели особое значение. Специальное правовое регулирование предопределило и управление горнорудной промышленностью. В 1806 г. в России было утверждено горное положение — система законов, регламентирующих взаимоотношения губернских правлений и горных ведомств России, права и обязанности, управляющих казенными горными заводами, а также владельцев частных предприятий и членов горного надзора. Добыча минералов на частных землях стала привилегией государства, а собственник пользовался преимущественным правом на разработку минералов, или получал 1/33 часть прибыли от разработки (указ 1719 г.).

В пору Генерального межевания империи (вт. пол. XVIII–XIX вв.), и проведения специальных, особых и местных межеваний в XIX–нач. XX вв. (до 1917 г.) представлено комплексное географическое исследование пространства и формирование системы кадастра на законодательной основе. В этот период в состав России входили: Северное Причерноморье, Крым, Прикубанье, Грузия, Финляндия и Аланские острова, Бессарабия, Азербайджан; значительные пространства на Дальнем востоке и в Средней Азии. В 1860 г. был присоединен Уссурийский край и Россия получила выход к Тихому океану. Исключительную важность для развития наук представляли: труды М.В. Ломоносова, В.Н. Татищева, а позднее работы А.И. Воейкова (1884), Д.Н. Анучина (1895), В.В. Докучаева (1883). Большое значение для развития кадастра имело производство специального, особого и местного межеваний; обновление материалов генерального межевания и создание многоцелевых топографических межевых карт и планов (1846–1866); труды РГО; деятельность КМИ; КВТ и др.

Система учета и оценки природных ресурсов конца XVIII в. имела точное геодезическое обоснование и выполняла основную задачу — распределение налогообложения. Чтобы назвать эту систему кадастровой, необходимо было заново разработать правовую основу использования природных ресурсов (особенно земельных) и дополнить ее важными положениями оптимального природопользования и охраны природной среды. В ландшафтных и целевых описаниях принципы отбора исходной информации, способы ее подачи и изложение фактов были подчинены определенной цели — созданию государственного свода сведений. Используя статистический метод определяли зависимость между компонентами природы, населения и системой землеустройства. В 70–80-х гг. XIX в. проводили статистические исследования недвижимого имущества в различных губерниях, так появилась «Программа для статистико-экономического изучения Черниговской губернии», заложившая основу оценочной статистики (1876). На основе этих сведений составлялось описание и доходность земель. Важной составляющей оценки земель являлись обоснованные В.В. Докучаевым задачи систематики почв для улучшения и воспроизводства их плодородия (1899). Земельные ресурсы использовались во многих отраслях деятельности (сельское, лесное, водное хозяйство), различались три группы земель: продуктивные (сады, луга, пастбища, леса), малопродуктивные (земли тундры и лесотундры, болота, пустыни) и непродуктивные (застроенные и нарушенные земли, пески, овраги, ледники) угодья. Научная деятельность В.В. Докучаева положила начало географии почв и составлению почвенных карт. В Оценочном бюро (1895) разработкой норм занимались землемеры, почвоведы, лесничие, которые определяли качественные характеристики земель и лесов. При доходности учитывали: особенности почв, наличия промыслов, способа ведения хозяйства, преобладающие посевные культуры. Определяли для каждого уезда: виды почв; урожайность угодья; системы хозяйствования; вносимые удобрения; цены на угодья; количество, стоимость и охрану леса в уезде; средний чистый доход. На этой основе возникают первые виды природопользования: ресурсные (землепользование, водопользова-

вание, лесопользование, недропользование) и функциональные (поиски, добыча, заготовка, производство, потребление). Отраслями природопользования становятся промышленность, сельское хозяйство, водное хозяйство и др. В этот период можно выделить следующие **направления природопользования**, которые являлись формами освоения природных ресурсов.

**Географическое направление** — учет географических особенностей и неоднородности территорий, основы регионального и ландшафтного подходов к природопользованию, оценка потенциала ландшафтов в зависимости от социально-экономических условий. С этой целью появляются первые классификации земельных, водных, лесных и минеральных ресурсов по источникам и местоположению, типологическому и хозяйственному принципам и важности.

**Экономическое направление** — учет хозяйственной деятельности (фабрично-заводской; горнопромышленной; водоснабженческой; рекультивационной и мелиоративной; сельско-и лесохозяйственной; охотно-промышленной), транспортной (морской, речной, озерной; гужевой), селитебной, научно-учебной и рекреационной. В первой половине XIX в. съемки использовались для учета и оценки земель, уделялось большое внимание изображению рельефа. Полученные данные служили основой для учета земель, составления проектов землеустройства и создания государственного земельного кадастра.

В основе межевания лесов и решения проблем лесного природопользования лежали вопросы: учета и оценки лесных ресурсов, их основные полезные функции и роль в экономике; особенностей размещения лесосырьевого потенциала; видов лесопользования; эксплуатации лесных ресурсов и связанных с этим экологических проблем. Оставались также задачи по выявлению особенностей промышленного лесопользования: качество леса (видовой состав, возрастные особенности); возможностей лесозаготовки; технических способов заготовки древесины; сокращения лесных площадей; приемов сохранения лесных и лесостепных ландшафтов. Для учета, описания и оценки лесных ресурсов в 1798 г. был создан Лесной департамент, изданы: «Положение

о лесах» (1826), «Инструкция об управлении лесной частью на горных заводах хребта Уральского» (1830), первая Лесоустроительная инструкция (1845). Начаты съемки корабельных лесов в губерниях (1830–1841), составлены: «Рукописная карта лесов» Ф.К. Арнольда (1848); Хозяйственно-статистический атлас Европейской России с указанием занимаемых площадей лесов по достоверным данным (1850); «Лесохозяйственный статистический атлас Европейской России» (1873); «Поуездная карта лесистости Европейской России, составленная Лесным департаментом по данным регистрации лесов 1892–1893 (1896)»; «Карта лесов Европейской России» с показом лесистости по губерниям (1900); «Карта лесов Азиатской России» с показом лесов по принадлежности (1914) и др. Полученные данные служили основой для учета лесов, ведения лесного хозяйства и создания государственного лесного кадастра.

В основе исследования водных ресурсов и решения проблем водного природопользования стояло выполнение следующих задач: учета и оценки водных ресурсов, их основных функций; особенности размещения; учета факторов, влияющих на качество вод; видов водопользования; понятия о промышленном водопользовании; эксплуатации водных ресурсов и связанные с этим экологические проблемы. К землям водного фонда относились территории, занятые водными объектами, гидротехническими и водохозяйственными сооружениями, а также земли, выделенные под санитарные зоны водоемов и межхозяйственных каналов. Главным управлением водяных сообщений начинаются научные изыскания водных ресурсов и путей; работы гидрографической и хронометрической экспедиций Ф.Ф. Шуберта (астрономо-геодезические работы, мензульная съемка и промеры) Балтийского моря (1828, 1833). Во всеобщем описании Московской губернии 1800 г., сочиненном уездными землемерами, находилось около 3000 описаний водных объектов с пометками «здравова» или «не здорова для питья». После выхода «Руководства по съемке берегов и промеру» (1860) начинается построение триангуляций по берегам Азовского и Черного морей (1871); съемка и описание водных путей России (определения уклонов, глубин, скорости течения, расхода во-

ды в реках (1874); гидрографические работы на Карском море (1893). Результатами изысканий, начатых в 1767 г. стало создание: Атласа и карты Каспийского моря (1776); Атласов Черного моря (1807, 1832); Гидрографической карты Европейской России (1809); «Генеральной карты части Северного океана и Карского моря с Новою Землею» (1843); «Новой гидрографической карты» (1846); «Карты Аральского моря и Хивинского ханства с окрестностями» (1849); Атласа Белого моря (1853); «Карты бассейнов внутренних водных путей Европейской России с указанием пунктов метеорологических и водомерных наблюдений» А.А. Тилло (1897) и др. Полученные данные служили основой для учета водных ресурсов, разработки проектов освоения водных путей, ведения водного хозяйства и создания государственного водного кадастра. К землям лесного и водного фондов относилась и категория промыслового природопользования, которая затрагивала: экономическое значение охотничьего промысла; размещение ресурсов промысловых зверей и птиц по регионам; оценку продуктивности охотничьих угодий; значение рыбных хозяйств; проблему воспроизводства и охраны ресурсов охотничьепромысловых животных.

Основными задачами недропользования являлось регулирование горных отношений в целях использования недр, их правовой охраны, и безопасности окружающей среды. В 1763 г. вышел труд М.В. Ломоносова «Первые основания металлургии или рудных дел», глава которого «Об измерении рудников» содержала описания маркшейдерских работ. Результатом исследований недр и Положения об управлении горными заводами (1810) стал выпуск важных картографических произведений: «Заводской атлас» или местоположения всем казенным и партикулярным заводам Российской империи (1777); подробная карта Курской магнитной аномалии по материалам магнитных съемок А.А. Тилло 1889 г. (впервые магнитная аномалия была обнаружена в кон. XVIII в. П.Б. Иноходцевым при составлении карт Генерального межевания; изучение границ аномалии и выяснение глубины залегания руды велись в 1896–1918 гг.); первые триангуляции на Урале для обеспечения опорными пунктами горнопромышленных районов (1836–1866) и др. Полученные данные служили основой для

учета недр, оценки запасов основного и сопутствующих полезных ископаемых, составления проектов добычи, рекультивации нарушенных земель, и организации кадастра полезных ископаемых. Формирование экономического направления природопользования осуществлялось в условиях перехода к развитому рынку природных ресурсов (платность природопользования, наказание за загрязнение природной среды).

**Юридическое направление** — влияние законодательства на состояние природных ресурсов. Важнейшую роль в истории развития кадастра сыграли: организованные кабинетом Екатерины II законодательные работы по генеральному межеванию. К концу царствования Екатерины II (к 1796 г.) было проведено межевание 22-х губерний (межеванием было охвачено до 1761 г. около 275 378 747 дес. земель). К 80-м гг. XIX в. в Архиве межевой канцелярии числилось 195 375 планов на дачи общей площадью около 22 000 000 дес. [3]. Землемерам рекомендовалось собирать данные: о казенных землях и лесах, их площади, использованию и охране от пожаров; о состоянии междуемых земель в экономическом, промышленном и других отношениях. Успешность развития кадастра зависела от наличия законодательства. Именно законодательные преобразования определяли степень реализации реформаторской деятельности Екатерины II, Александра I, Александра II и позднее итоги реформ С.Ю. Витте и П.А. Столыпина. В Перевод оброка государственных крестьян с душ на земли вызвал необходимость собирать более полные данные о принадлежности, количестве, качестве и оценке земель. Поэтому в 1837 г. Министерство государственных имуществ приступило к разработке нового земельного кадастра. Были проведены большие работы по съемке и определению размеров усадебных земель, делением их на разряды, сбор данных об урожайности, определение валового дохода пашни и сенокосов. Дальнейшее развитие системы учета и оценки стимулировались отменой крепостного права (1861), отменой взимания выкупных платежей (1905) и указом 1906 г., дающим крестьянам право выхода из общин. В кон. XIX – нач. XX вв. в России начинается «разверстание» земель для хозяйственной и экономической целесообразности,

формирование хуторского землепользования и индивидуализма в сельском хозяйстве. В этот период межевание имело следующие основные цели: юридическую (определение юридических границ земель), сельскохозяйственную (устранение чересполосицы) и финансовую (определение доходности владений для налогообложения). После окончания генерального межевания земли межевали «специальномоштным», «специальным размежеванием через уездных землемеров», посредников и через суд (1820–1832). Но удовлетворить потребности землевладельцев и «привести все земли государства в известность» это межевание не могло. Для этих целей были учреждены особые и местные межевания. Особые межевания владений касались размежевания въезжих лесов для сохранения казенных лесов, пожалованных земель, башкирских дач и общее устройство государственных крестьян. Землеустроительные работы возлагались на Главное управление землеустройства и земледелия и Переселенческое управление. Местные межевания производили в Бессарабии (1818), в Закавказском крае (1861); на землях казачьих войск (1835, 1851); Туркестана (1851), Черниговской и Полтавской (1859) и Юго-западных и Прибалтийских губерний (1869); Царства Польского и Финляндии. К 1861 г. в 36-ти губерниях съемками была покрыта площадь около 3 млн кв. верст [3].

**Технологическое направление** — технические решения геодезического и картографического обоснования. В число геодезических дисциплин входили низшая, высшая и инженерная геодезия с линейными, угловыми, физическими методами топографии, триангуляции; построением геодезических сетей; мензульной съемки; определением фигуры Земли и созданием топографических карт. Составлена инструкция для межевания, впервые предусматривающая использование пунктов триангуляции и привязку к ним окружных границ дач (1868); начата первая мензульная топографическая съемка на основе пунктов триангуляции в губерниях (1820–1821). В 1849–1866 гг. выполнялись полуинструментальные съемки А.И. Менде (за 17 лет охватили площадь 345 000 кв. верст) [3]. По результатам съемок были изданы атласы Тверской (1853–1857) и Рязанской (1859) губерний; атласы Европейской России, Азиатской России, Сибири, Российских Севе-

ро-Американских владений, «Большой всемирный настольный атлас Маркса», «Атлас Азиатской России». С развитием топографического картографирования в России создается целый ряд картографических произведений, отображающих его географические и экономические характеристики. С развитием промышленного и сельскохозяйственного производства, транспорта, водных артерий возрастала нагрузка на природную среду. Разнообразие природно-климатических условий на огромной территории империи, специфика традиционных промыслов населения требовали разработки специальных нормативных актов, которые регулировали бы порядок природопользования и предусматривали охрану природных богатств. Законодательными актами были закреплены этапы освоения недр. Сочетание охранных, противопожарных, лесовосстановительных мер и правильного порядка лесопользования в лесных угодьях свидетельствовало о целенаправленной законодательной политике страны. В результате вышеперечисленных мероприятий к началу XX в. в России сложилась система кадастра на базе геодезического обоснования, картографирования территорий, и со всеми преимуществами развитых наук географического цикла системы землеустройства, охраны природных ресурсов и земельного права. Природоохранное законодательство России XIX – начала XX вв. является ценнейшим наследием отечественного права. Использование этого опыта будет способствовать всестороннему и качественному развитию системы кадастра и современного законодательства по охране окружающей природной среды.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Широкова В.А. Гидрохимия в России. Очерки истории. М.: ИИЕТ РАН, 2010.
2. Аристов Н. Промышленность древней Руси. СПб.: Тип. «Королева и Ко», 1866.
3. Книга Большому чертежу (1627) / публикация и комментарии К.Н. Сербиной М.Л.: Изд-во АН СССР. 1950.
4. Хренов Л.С. Хронология отечественной геодезии с древнейших времен и до наших дней. Л.: Изд-во АН СССР, 1987.
5. Даль В.И. Толкового словаря живого великорусского языка. М.: «Рипол Классик», 2006.
6. Фель С.Е. Картография России XVII века. М.: Геодезиздат, 1960.
7. Багров Л. История русской картографии. М.: Центрполиграф, 2005.

Поступила 19 января 2012 г.  
Рекомендована кафедрой кадастра  
и основ земельного права МИИГАиК

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА УСТАНОВЛЕНИЯ КАТЕГОРИЙ ТРУДНОСТИ В ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Профессор, кандидат техн. наук **И.А. Фельдман**, профессор, кандидат экон. наук **В.А. Иванова**, доцент, кандидат экон. наук **В.В. Болотин**, доцент, кандидат техн. наук **В.В. Ознатец**,

студент **И.А. Хабарова**

*Московский государственный университет геодезии и картографии*

*E-Mail: i.feldman@yandex.ru*

**Аннотация.** Указаны предпосылки для автоматического установления категорий трудности путем создания массива характеристик местности.

**Ключевые слова:** категория трудности, классификатор местности, математическое описание категории, оптимальное значение категории

**Abstract.** Preconditions for an automatic establishment of categories of difficulty by creation of a file of area characteristics.

**Keywords:** categories of difficulty, area classifier, mathematical formulation of category, optimum value of category

Проектные, плановые и производственные расчеты требуют установления категорий трудности для большинства процессов топографо-геодезических работ. До сих пор это выполняется «вручную», преимущественно с помощью справочников, содержащих описание категорий трудности. Практика показывает, что вследствие влияния субъективных и других случайных факторов категории определяются со значительными ошибками, что сильно снижает достоверность расчетов.

С целью автоматизации и уточнения процесса установления категорий трудности может быть создан постоянный информационный массив, представляющий собой формализованное описание категорий трудности по каждому процессу работ. Любое описание категорий устанавливает соответствие между номером категории и текстовой характеристикой местности. Поэтому для формализации описаний необходимо характеристики местности представить в закодированном виде. В информационном массиве для каждой категории трудности процесса должны быть указаны отвечающие ей шифры элементов местности. Формированию массива предшествует разработка классификатора местности с той степенью детализации, какая необходима для описания категорий трудности. Для обеспечения автоматического выбора категорий трудности достаточно закодировать описание местности на объекте работ. Кодирование заключается в установлении по классификатору шифров элементов местности: рельефа, гидрографии, растительности, климатической зоны, населен-

ности, грунтов, контурности. Автоматический выбор категорий может быть осуществлен путем сравнения шифров описания категорий с шифрами элементов в закодированной характеристике местности.

Практика показывает, что такое сопоставление элементов лишь в редких случаях обеспечивает однозначность ответа. Большой частью возникает одна из следующих ситуаций:

1) когда не оказывается категории, все элементы описания которой содержались бы в закодированной характеристике местности, т.е. ни одна из категорий данного процесса полностью не идентифицируется;

2) когда, напротив, идентифицируются сразу две или более категорий.

Подобные случаи представляют собой ситуации неопределенности, в которых с соответствующей вероятностью возможны различные значения категорий трудности. Устранить неопределенность в таких случаях можно посредством следующей математической модели.

Пусть  $m_k$  — число элементов описания, совпадших для  $k$ -й категории трудности;  $n_k$  — общее число элементов в описании  $k$ -й категории. Тогда

$$p_k = \lambda \frac{m_k}{n_k} \quad (1)$$

имеет смысл вероятности  $k$ -й категории ( $\lambda$  — нормирующий множитель). Если в перечне содержится  $r$  категорий трудности и для каждой из них получено значение вероятности (1), то математическое ожидание категории

$$\bar{k} = \sum_{k=1}^r k p_k. \quad (2)$$

Так как  $\sum_{k=1}^r p_k = 1$ , то нормирующий множитель в (1) может быть вычислен по формуле

$$\lambda = \frac{1}{\sum_{k=1}^r \frac{m_k}{n_k}}. \quad (3)$$

Если известно, что вследствие занижения категории трудности возникают экономические потери  $C_1$ , а вследствие завышения — экономические потери  $C_2$ , то может быть построена оптимизационная модель выбора наиболее экономически надежного значения категории трудности. С этой целью можем представить распределение вероятностей  $p = f(k)$  как непрерывное в виде кусочно-линейной функции, вершины которой имеют абсциссы  $k = 1, 2, \dots, r$ , а ординаты — пропор-

циональные величинам  $p_k$ . Опуская промежуточные математические выкладки, приведем следующее уравнение для оптимального значения  $k_0$ :

$$F(k_0) = \frac{1}{1 + \frac{C_1}{C_2}}, \quad (4)$$

где  $F$  — функция распределения вероятностей  $p = f(k)$ , численно равная площади под кривой  $f(k)$ .

Решение уравнения (4) относительно  $k_0$  может быть выполнено с использованием несложного алгоритма. Полученное таким путем значение категории трудности является экономически наиболее надежным.

*Поступила 8 декабря 2011 г.  
Рекомендована кафедрой экономики  
и предпринимательства МИИГАиК*

## СЕТЕЦЕНТРИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫМ ПРЕДПРИЯТИЕМ

Профессор, доктор техн. наук. **В.Я. Цветков**, профессор,  
доктор техн. наук. **И.Ю. Васютинский**, профессор, кандидат экон. наук. **В.Б. Пусенков**,  
профессор, доктор экон. наук. **И.А. Фесенко**, доцент, кандидат техн. наук. **А.Л. Синицына**

*Московский государственный университет геодезии и картографии*

*E mail: cvj2@mail.ru*

**Аннотация.** Излагается новая модель управления промышленным предприятием. Даётся описание и сравнение иерархических моделей управления. Описаны особенности сетецентрического управления. Даются условия применения модели.

**Ключевые слова:** управление, модели управления, промышленное предприятие

**Abstract.** A new model of management is stated for an industrial enterprise. The description and comparison of hierarchical models of management is given. The features of a net-centered management method are described. Conditions of the model application are given

**Keywords:** management, management models, industrial enterprise

Управление является эффективным только тогда, когда модель управления соответствует структуре управляемого объекта. Рассмотрим основные модели управления

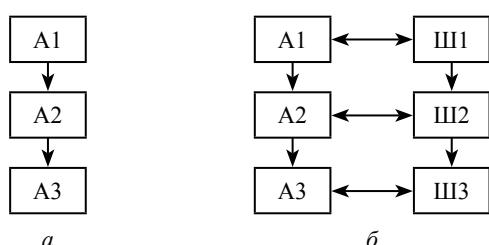


Рис. 1. Линейная (а) и линейно-штабная (б) модели управления

промышленным предприятием. В качестве основы применяют иерархические модели, которые имеют некие различия. Эти модели эффективны в тех случаях, когда существует стабильная ситуация и редкое обновление ассортимента продукции, основаны на четких и жестких принципах единонаучия. В качестве распространенных применяют линейную и линейно-штабную модель управления (рис.1).

*Линейная структура* управления предполагает наличие цепочки руководителей, каждый из которых наделен правом прини-

тия решения в пределах своей компетенции (см. рис. 1, а). Первоначально все права и вся ответственность лежит на директоре (A1). Часть своих полномочий он передает нижестоящему руководителю (A2). Тот, в свою очередь, передает полномочия нижестоящему начальнику (A3) и т.д.

Преимущество такой системы — четкие информационные потоки, система единого начальства, четко выраженная ответственность, быстрая реакция исполнительных подразделений. Недостатки — только линейные руководители не в состоянии справится со сложными управленческими задачами и сложными информационными потоками.

*В линейно-штабной структуре* управления (см. рис. 1, б) выделяют два вида специалистов управления: наделенные правом принятия решений; не имеющие права принимать решения, но осуществляющие деятельность по поддержке принятия решений. Преимущество такой системы — разгрузка высших руководителей, возможность привлечения внешних экспертов. Недостатки — лица, готовящие решение, не участвуют в его исполнении, увеличение числа управленческих потоков.

*Линейно-функциональная* структура (рис. 2) основана на формировании функциональных заместителей (ФЗ), каждый из которых курирует отдельное направление работы при содействии переданных ему отделов, которые поддерживают постоянное взаимодействие с аналогичными по характеру выполняемых функций структурами объекта управления.

Преимущество такой системы — высокая компетентность специалистов, отвечающих за конкретные функции управления и, как следствие, более высокое качество управления. Недостатки — отсутствие взаимосвязей на горизонтальном уровне, увеличение числа информационных потоков в обе стороны. На практике, например, это означает существенное затруднение поддержки принятия решений [1], например,

собор согласующих подписей и резолюций, что существенно тормозит управление и производство.

В настоящее время каждые 2–3 года объем информации, используемой в управлении, удваивается. Это усугубляет недостатки, присущие иерархическим системам. Появляются новые требования к скорости передачи и обработки информации. Растут масштабы и интенсивность информационного взаимодействия. Всё это требует искать новые подходы к организации управления промышленными предприятиями.

Одним из современных подходов является информационный подход в управлении [2]. Использование сетевых технологий позволяет создать новую модель управления — *модель сетецентрического управления* [3] (рис. 3). Принципиальным в модели яв-

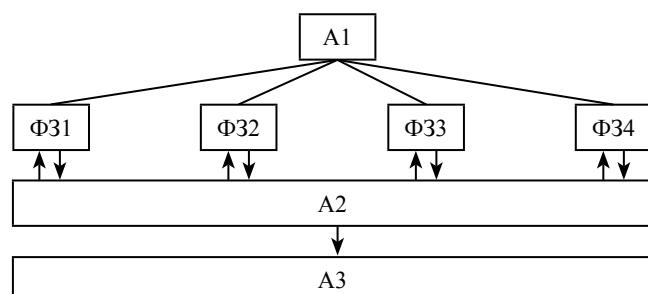


Рис. 2. Линейно-функциональная модель управления

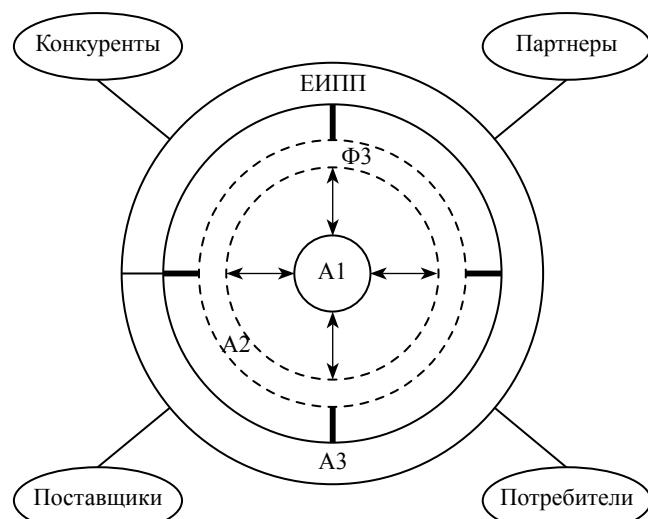


Рис. 3. Сетецентрическая модель управления

ляется организация горизонтальных связей с их замыканием и организацией концентрических уровней управления (A1, A2, A3). Реализация такой модели становится возможной при создании единого информационного пространства предприятия (ЕИПП) и применении сетевых технологий.

Использование сетевентрической модели в современных условиях происходит с учетом взаимосвязанных условий:

усложнение информационных моделей управления;

обеспечение совместности функциональных блоков;

ликвидация промежуточных звеньев;

учет глобализации;

конвергенция.

Обеспечение совместности функциональных блоков достигается интеграцией и применением методов стандартизации, гармонизации и сертификации. Ликвидация промежуточных звеньев осуществляется на основе интеграции (включая вертикальную) технологий, систем и организаций.

*Глобализация* — необходимость учета глобальной информации при принятии стратегических и даже оперативных решений. Круглосуточное подключение к информации о состоянии рынков коренным образом меняет условия проведения деловых операций. Эта проблема решается путем использования сетевых технологий с подключением к глобальным сетям и мировым информационным рынкам. Кроме того, для анализа глобальных данных необходимо применение многомерных баз данных и систем типа OLAP.

*Конвергенция* — это тенденция, сходимость информационных признаков, т.е. сходство в строении моделей и функциях. В этой модели она решается путем замыкания функциональных блоков одинаковых уровней в концентрические кольца.

Основой сетевентрического управле-

ния является компьютерная система управления электронным документооборотом (СУЭД). Применение СУЭД позволяет достичь следующих целей:

интеграции процессов документационного обеспечения управления предприятием в рамках единой информационной среды;

повышения информированности руководства и специалистов за счет увеличения объемов информационного хранения, централизованной обработки информации, уменьшения времени поиска документов, подготовки отчетов и докладов, а также за счет повышения полноты и достоверности отчетов;

уменьшения стоимости документационного обеспечения управления предприятием;

повышения оперативности делопроизводства;

интеграции информационных процессов в рамках кооперации предприятий;

создания качественно новой информационной базы для совершенствования документационного обеспечения управления.

Таким образом, сетевентрическая модель управления позволяет решать задачи, не решаемые в классических иерархических системах, существенно сокращает время принятия управленческих решений и повышает качество управления.

#### ЛИТЕРАТУРА.

1. Корнаков А.Н., Цветков В.Я. Поддержка принятия решений при управлении промышленным предприятием // Современные научно-технические технологии. –2010. –№ 1. –С. 94–95.

2. Цветков В.Я., Корнаков А.Н. Особенности информационного подхода в управлении // Вестник Московского областного университета. Серия Экономика –2010. –№ 2. –С. 131–134.

3. Тихонов А.Н., Иванников А.Д., Соловьев И.В., Цветков В.Я., Кудж С.А. Концепция сетевентрического управления сложной организационно-технической системой. М.: МаксПресс, 2010. –136 с.

*Поступила 8 декабря 2011 г.  
Рекомендована кафедрой экономики  
и предпринимательства МИИГАиК*

## СТОХАСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПТИМАЛЬНОГО ОЦЕНИВАНИЯ

Профessor, кандидат техн. наук **И.А. Фельдман**, доцент, кандидат экон. наук **С.И. Васютинская**,  
доцент, кандидат экон. наук **О.А. Кувекина**

*Московский государственный университет геодезии и картографии*

*E-mail: i.feldman@yandex.ru*

**Аннотация.** Приводится экономико-математическая модель, позволяющая выбрать оптимальное значение оценки программы, проекта, недвижимости, бизнеса и т.п., когда известны распределение вероятностей оценки в некотором интервале и возможные потери от завышения и занижения оценки.

**Ключевые слова:** установленная, действительная цена, расхождение цен, ожидаемые потери, оптимальное значение цены

**Abstract.** The subject of the article is the economical-mathematical model that allows to choose optimal rating value of a program, project, real estate, business, etc., when the distribution of probabilities of an estimation are known in some interval and possible losses from over- and under-estimation are known.

**Keywords:** established price, real price, divergence of prices, expected losses, optimal value of price

Всякая стоимостная оценка (программы, проекта, недвижимости, бизнеса и т.п.) в силу действия случайных факторов определяется с некоторой ошибкой. Допустим, что установлена цена  $p$ . Действительная цена  $s$  может отличаться от  $p$ . Как завышение оценки, так и ее занижение, могут вызывать определенные экономические потери, про-порциональные величине расхождения:

$$C_1(p-s) \text{ в случае } s < p;$$

$$C_2(s-p) \text{ в случае } s > p.$$

Действительная цена  $s$  лежит в некотором диапазоне ( $s_{\min}, s_{\max}$ ) и может принимать в нем конкретные значения с определенной вероятностью. Обозначив плотность вероятностей через  $f(s)$ , можем представить ожидаемые потери в следующем виде:

$$W = C_1 \int_{s_{\min}}^p (p-s)f(s)ds + C_2 \int_p^{s_{\max}} (s-p)f(s)ds. \quad (1)$$

Оптимальным естественно считать такое значение цены  $p$ , которое минимизирует ожидаемые потери  $W$ . Дифференцируя выражение (1) по  $p$ , после несложных преобразований получим:

$$\frac{dW}{dp} = C_1 \int_{s_{\min}}^p f(s)ds - C_2 \int_p^{s_{\max}} f(s)ds. \quad (2)$$

В выражении (2)

$$\int_{s_{\min}}^p f(s)ds = F(p); \quad \int_p^{s_{\max}} f(s)ds = 1 - F(p), \quad (3)$$

где  $F$  — функция распределения вероятностей, соответствующая плотности  $f(s)$ .

Таким образом, имеем:

$$\frac{dW}{dp} = C_1 F(p) - C_2 + C_2 F(p). \quad (4)$$

Приравнивая производную (4) к нулю, из уравнения  $C_1 F(p) - C_2 + C_2 F(p) = 0$  получаем следующую формулу для оптимального значения  $p$ :

$$F(p) = \frac{C_2}{C_1 + C_2}. \quad (5)$$

Легко видеть, что вторая производная  $\frac{d^2W}{dp^2} > 0$ , так что значение  $p$  из (5) обеспечивает минимальную величину ожидаемых потерь (1).

Практическое использование формулы (5) предполагает знание параметров  $C_1$ ,  $C_2$ , а также вида распределения  $f(s)$ . Если  $C_1$  мало по сравнению с  $C_2$ , то, как видно из (5), в этом случае  $F(p)$  близко к 1 и, следовательно, оптимальной является цена  $p = s_{\max}$ . Если, наоборот,  $C_2$  мало по сравнению с  $C_1$ , то  $F(p)$  близко к нулю и оптимальной становится цена  $p = s_{\min}$ . В условиях, когда завышение или занижение цены являются одинаково нежелательными, т.е. когда  $C_1 = C_2$ , то  $F(p) = 0,5$  и, следовательно, оптимальным значением цены становится медиана распределения  $f(s)$ . Это обстоятельство представляет определенный интерес: ожидаемое значение цены (математическое ожидание) не совпадает с оптимальным значением (медианой).

*Поступила 8 декабря 2011 г.  
Рекомендована кафедрой экономики  
и предпринимательства МИИГАиК*

## РОЛЬ И МЕСТО КОНКУРЕНЦИИ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ФИРМЫ

Профессор, доктор экон. наук **В.Н. Рагрин<sup>1</sup>**,  
доцент, кандидат техн. наук **В.В. Ознатец<sup>2</sup>**, аспирант **Е.С. Прохорова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Ростовский государственный экономический университет,*

<sup>2</sup>*Московский государственный университет геодезии и картографии.*

E-mail: oznatec@list.ru

**Аннотация.** В настоящее время понятие конкурентоспособности становится одним из центральных в оценке позиций как отдельных компаний на рынке, так и Российской экономики в целом. В условиях экономического кризиса конкуренция ужесточается и необходимо осваивать новые методы ведения конкурентной борьбы. Высокая конкурентоспособность предприятия — главный показатель экономической состоятельности предприятия, а неконкурентоспособное предприятие, по определению, не сможет быть успешным. Возможность повышения конкурентоспособности является жизненно важным для выживания и развития предприятий.

**Ключевые слова.** конкурентоспособность товара, уровни конкурентоспособности, методы оценки конкурентоспособности

**Abstract.** In the presents time the concept of competitiveness becomes one of the central positions in an estimation of separate companies in the market, and of the Russian economy as a whole. In the circumstances of the economic crisis competition becomes tougher and it is necessary to master new methods of conducting competitive struggle. High competitiveness of the enterprise is the main indicator of an enterprise solvency. Noncompetitive enterprise can't be successful by definition. Possibility of competitiveness increase is vital for an enterprise development.

**Keywords:** competitiveness of the goods, competitiveness of the enterprise, competitiveness levels, methods of an estimation of competitiveness

Многие исследователи-экономисты посвятили свои работы вопросам изучения конкурентоспособности предприятия и также ее оценки. Но, несмотря на значительное количество работ, посвященных данной проблеме, существуют некоторые различия в понимании термина «конкурентоспособность». Многовариантность определений и различие подходов к оценке и анализу конкурентоспособности ведут за собой различные категории конкурентоспособности.

Различают конкурентоспособность товаров, товаропроизводителей, отраслей и стран. Между ними существует тесная взаимосвязь: страновая и отраслевая конкурентоспособность в конечном итоге зависят от способности конкретных производителей выпускать конкурентоспособные товары. Таким образом, в основе всех остальных уровней конкурентоспособности лежит «конкурентоспособность товара», то есть это определение является базовым.

Конкурентоспособность товара — способность продукции быть более привлекательной для покупателя по сравнению с другими изделиями аналогичного вида и назначения, благодаря лучшему соответствию своих качественных и стоимостных характеристик к тре-

бованиям данного рынка и потребительским оценкам [1].

Выделяют следующие отличия между понятиями конкурентоспособности товара и предприятия:

оценка конкурентоспособности товара применяется только к одному конкретному виду товара, т.е. конкурентоспособность каждого товара, производимого предприятием оценивается отдельно, а конкурентоспособность предприятия охватывает весь ассортимент, а также все виды производственно-экономической деятельности, осуществляемые предприятием. Например, всем хорошо известно, что ни какое строительство не возможно без проведения геодезических работ. Но не все геодезические фирмы в состоянии провести самостоятельно качественные геодезические работы. Многие фирмы, строящие первоклассные здания, оказываются не конкурентоспособными в сфере геодезических услуг. Таким фирмам приходится прибегать к сторонним услугам;

признание конкурентоспособности и товара, и предприятия осуществляется на рынке. В то же время в отличие от оценки конкурентоспособности товара оценку конкурентоспособности предприятия дает не только потребитель, но и сам производитель. Именно предприятие

решает вопрос о целесообразности выпуска данной продукции в конкретных условиях. Таким образом, каждая строительная фирма самостоятельно определяет, что для нее эффективней — самой производить геодезические работы или прибегать к услугам сторонних геодезистов, чтобы сохранить свою конкурентоспособность.

Конкурентоспособность предприятия в то же время нельзя отождествлять с конкурентоспособностью товара: хотя понятие конкурентоспособности товара — базовое, но по отношению к конкурентоспособности предприятия оно является его составляющим. [2]

С учетом всего сказанного можно сформулировать следующее определение: конкурентоспособность предприятия — это комплексная характеристика предприятия, характеризующая его возможность в любой момент времени обеспечивать свои конкурентные преимущества и прибыльность, а также адаптироваться к постоянно изменяющимся условиям внешней среды. В современной теории управления принято выделять четыре уровня конкурентоспособности. Каждому из них соответствуют свои подходы к организации управления и маркетинга.

При первом уровне конкурентоспособности предприятий менеджеры предприятий или фирм рассматривают фактор управления как внутренненейтральный. Они считают, что управление в их компаниях уже установлено и больше они на конкурентоспособность никак повлиять не могут. Свою роль эти менеджеры видят только в том, чтобы выпускать продукцию без особых маркетинговых ходов. Большинство отечественных предприятий независимо от масштабов бизнеса находится именно на этом уровне конкурентоспособности. [3]

Компании второго уровня конкурентоспособности стремятся сделать свои производственные и управленческие системы внешненейтральными. Это означает, что такие предприятия должны полностью соответствовать стандартам, установленным их основными конкурентами на конкретном рынке. Они пытаются воспроизвести у себя то, что делают фирмы-лидеры: стремятся максимально заимствовать технические приемы, технологии,

методы организации производства у ведущих предприятий отрасли, приобретать сырье и материалы, полуфабрикаты и комплектующие изделия из тех же источников, что и их главные конкуренты.

Однако любая копия всегда хуже оригинала. На определенном этапе прямое заимствование передового опыта уже не прибавляет конкурентоспособности фирме. Перед руководством таких компаний возникает вопрос, если их предприятия имеют другие сравнительные преимущества в конкуренции на рынке, чем их главные соперники, то зачем им нужно обязательно придерживаться общих стандартов организации производства и управления, установившихся в отрасли? Те, кто находит правильные ответы на этот вопрос, обычно «дорастают» до предприятий третьего уровня конкурентоспособности и становятся в один ряд с лидерами отраслей.

Компании, которым удалось достичь четвертого уровня конкурентоспособности, оказываются впереди конкурентов на многие годы. Они не только не стремятся копировать опыт других фирм отрасли и хотят превзойти самые жесткие из существующих стандартов. Они готовы бросить вызов любому конкуренту по всему миру в любом аспекте производства или управления. Любые изменения в управлении, организации производства, в стратегии развития осуществляются здесь с учетом результатов изучения рынка. Мало того, все функции управления оказываются непосредственно вовлеченными в процесс маркетинговых исследований или систематизацию их результатов. Все меньше маркетинговой работы сосредотачивается в специализированных подразделениях. Последние обобщают данные, интегрируют и координируют усилия других служб.

Целью разработки и построения модели конкурентоспособности предприятия любого уровня конкурентоспособности является правильное определение конкурентной стратегии, согласованной с условиями конкретной отрасли промышленности, навыками и капиталом, которыми обладает конкретное предприятие.

Все методы оценки конкурентоспособности можно поделить на аналитические и графические. К аналитическим методам оценки относятся: рейтинговая; на основе доли рын-

ка; на основе потребительской стоимости; на основе теории эффективной конкуренции; на основе мотивационного комплекса оценки товарных систем (МКОТС). *Графические методы* — это матрица БКГ, модель «привлекательность рынка — преимущества в конкуренции», матрица Портера, многоугольник конкурентоспособности [4].

*Рейтинговая оценка* используется при сравнении предприятий отрасли или региона. В данном методе может быть использована документация: результаты опроса менеджеров заказчика или данного предприятия; финансовая отчетность предприятий. Все показатели, которые можно рассчитать на основе реально имеющейся информации, должны отражать существенные аспекты хозяйственной деятельности и финансового состояния предприятия.

Оценка конкурентоспособности *на основе расчета рыночной доли*. Доля рынка определяется как удельный вес розничного товарооборота в общем его объеме. Увеличение или уменьшение в интервале от 0 до 100% свидетельствует об уровне конкурентоспособности.

Оценка конкурентоспособности *на основе теории эффективной конкуренции* предполагает оценку эффективности работы каждого из подразделений, использования ими ресурсов.

Оценка конкурентоспособности *на основе мотивационного комплекса* оценки товарных систем «МКОТС». Чтобы сформировать конкурентоспособные составляющие товара или фирмы, нужно оценить потребности потенциального покупателя с точки зрения маркетинга.

Многоугольник конкурентоспособности представляет собой графическое соединение оценок положения предприятия и конкурентов по наиболее значимым направлениям деятельности и позволяет сравнивать возможности предприятий.

В основе матричного метода (матрица БКГ) лежит анализ конкурентоспособности с учетом жизненного цикла товара. Наиболее конкурентоспособными считаются предприятия, которые занимают значительную долю на быстро-растущем рынке, то есть являются «звездами». При наличии достоверной информации об объемах реализации метод позволяет обеспечить высокую презентативность оценки.

Модель «привлекательность рынка — пре-

имущества в конкуренции» представляет собой развитие матрицы БКГ и сходна по сути с моделью «General Electric». Определяющими в модели являются привлекательность рынка (в модели GE — эффективность бизнеса) и преимущества в конкуренции (в модели GE — конкурентные позиции). Преимущества в конкуренции определяются относительной позицией на рынке, потенциалом продукта, квалификацией менеджеров и сотрудников. Эта матрица позволяет определить положение предприятия на рынке относительно конкурентов, а также позволяет выработать практические рекомендации по улучшению уровня конкурентоспособности.

Матрица Портера построена на основе концепции конкурентной стратегии. На основе факторов, наиболее значимых для конкурентной позиции предприятия, М. Портер разработал матрицу конкуренции.

Большинство рассмотренных методов ограничены: или оценивается какая-то одна группа факторов, или метод слишком сложный и трудоемкий для практического использования.

Рассмотрев все методы оценки можно сделать вывод, что наиболее оптимальным является МКОТС, так как является комплексным и, кроме оценки конкурентоспособности, позволяет оценить:

значимость для потребителя отдельных составляющих факторов;

составляющие фирмы и внимание, которое необходимо каждой из них;

«акценты» рекламной политики фирмы (сравнительный критерий);

степень удовлетворенности потребителя составляющими фирмы в целом;

составляющие, которые необходимо корректировать в фирме;

эффективность мероприятий по корректированию составляющих фирмы.

Нужно подчеркнуть, что предложенная классификация не является полной, а представляет лишь основные методики, чаще применяемые на практике.

Исходя из всего вышесказанного, можно сделать вывод, что роль конкуренции для современного предприятия, в том числе и строительной фирмы, сложно определить. Она охватывает как негативные, так и положительные

для предприятия и для общества процессы. Однако в современной теории экономики выделяют следующие характеристики роли конкуренции на рынке.

1. Конкуренция способствует установлению равновесной цены, уравнению спроса и предложения. На чисто конкурентном рынке отдельные фирмы осуществляют незначительный контроль над ценой продукции, имеют настолько небольшую часть от общего объема производства, что увеличение или уменьшение ее выпуска не будет оказывать ощутимого влияния на цену товара. Производитель, равно как и покупатель, всегда должен ориентироваться на рыночную цену. Таким образом, конкуренция способствует достижению компромисса между продавцами и покупателями. Здесь можно отметить и то, что конкуренция создает тождество частных и общественных интересов. Фирмы и поставщики ресурсов, добивающиеся увеличения собственной выгоды и действующие в рамках острой конкурентной борьбы, одновременно как бы направляемые «невидимой рукой» — способствуют обеспечению государственных, или общественных интересов.

2. Конкуренция поддерживает общественно нормальные условия производства и реализации товаров и услуг. Она как бы подсказывает товаропроизводителям, сколько капитала они должны вложить в производство того или иного товара. Предположим, что одна фирма затрачивает на строительство какого-нибудь объекта больше средств, чем другая, на строительство подобного объекта. Такая ситуация возможна в двух случаях:

1) вторая фирма выполняет строительство из менее качественных материалов и с использованием более дешевого подхода. Следовательно, этот объект будет не конкурентоспособен на рынке объектов высокого класса. Поэтому данный вариант мы не рассматриваем;

2) если обе фирмы строят из равнозначных по качеству материалов, то первая фирма допускает ошибку при планировании и оптимизации затрат. При такой ситуации больше при-

были будет иметь последняя фирма, то есть та, которая затратила на строительство меньше средств. Таким образом, конкуренция поддерживает нормальные для всего общества условия производства и в условиях конкуренции ресурсы распределены эффективно.

3. Конкуренция стимулирует научно-технический прогресс и повышение эффективности производства. Так как конкуренция служит «уравнительницей цен», то можно сделать вывод, что при рыночном соперничестве будет побеждать та фирма, которая ведет строительство по передовым технологиям. Для этого необходимо постоянно обновлять условия строительства, затрачивать большие капиталовложения на совершенствование техники, а для строительной фирмы это, прежде всего проведение геодезических работ с помощью самой современной техники. Следовательно, при развитии конкуренции с каждым годом повышается эффективность производства.

4. При противоборстве субъектов рынка усиливается их социально-экономическое расслоение. В конкуренции участвует множество мелких собственников, которые только начинают вести свою хозяйственную деятельность. Многие из них, не имея достаточного капитала, современных средств производства и других ресурсов, не могут выдержать этого соперничества и через некоторое время терпят убытки, разоряются. И лишь немногие из них наращивают свою экономическую мощь, расширяют предприятия и становятся полноправными и довольно значимыми и уважаемыми субъектами рынка.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Анисимов А. Феномен крупной корпорации, или какой рынок нам нужен//Российский экономический журнал. –М. –№ 8. –2010.
3. Асагул А.Н. Сервисная концепция маркетинга в строительстве // Экономика строительства. –М. –№ 10. –2009.
2. Борисова А.А. Деловая активность в строительстве// Экономика строительства. –М. –№ 7. –2010.
4. Бушуев Б.С. Использование зарубежного опыта при формировании новых экономических структур и рынка в строительстве // Экономика строительства. –М. –№ 11. –2010.

Поступила 8 декабря 2011 г.  
Рекомендована кафедрой экономики  
и предпринимательства МИИГАиК

## ОРГАНИЗАЦИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ НА ПРИМЕРЕ ЗАО «КАСПИЙСКИЙ ТРУБОПРОВОДНЫЙ КОНСОРЦИУМ»

Менеджер **В.В. Домокуров<sup>2</sup>**, доцент, кандидат эконом. наук **С.И. Васютинская<sup>1</sup>**,  
доцент, кандидат эконом. наук **Е.С. Якушова<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Московский государственный университет геодезии и картографии

<sup>2</sup>ЗАО «Каспийский трубопроводный консорциум»

E-mail: St.Vass@yandex.ru

**Аннотация.** Рассмотрены общие вопросы контрольной и управлеченческой деятельности ЗАО «Каспийский трубопроводный консорциум» (КТК-Р), осуществляющей независимой службой внутреннего аудита организации.

**Ключевые слова:** внутренний аудит, система контроля, трубопроводная система, КТК, нефтепровод

**Abstract.** The paper presents a general review of Caspian Pipeline Consortium controls and management functions exercised by the company's Internal Control Committee.

**Keywords:** internal audit, controls system, pipeline system, CPC, crude oil pipeline

Контроль — это не только одна из функций процесса управления, но и его неотъемлемая часть. Управление без контроля абсолютно неэффективно. Контроль гарантирует реализацию управленческих решений, с помощью контроля мы организуем связь между руководителями и подчиненными. Надо сказать, что эффективность контрольной деятельности строится на мощной, структурированной внутренней нормативной базе, на сильной системе управления и на системе принятия мер. Безусловно, для эффективной контрольной деятельности необходимо наличие внутренней нормативной базы как в рамках самой контрольной деятельности, так и на уровне организации в целом.

Системе контроля необходимо постоянно следить за потребностями процесса управления, т.к. контроль осуществляется всегда в том масштабе, в каком он необходим. Контроль тесно связан с внешней и внутренней средой, поэтому он постоянно развивается и совершенствуется. При создании эффективной системы контроля возникают проблемы, связанные с равновесием между централизацией и децентрализацией в системе управления, с помощью которой можно обеспечить комфортные условия для работы сотрудников компании, а также соблюдение организационной политики и законодательства. Высокий уровень централизации предполагает жесткую политику в отношении контроля.

ЗАО «КТК-Р», предприятие с иностранными инвестициями, создано в 1998 г. с целью финансирования, проектирования и контроля за строительством, а также владения и экс-

плуатации трубопроводной системы (включая объекты для хранения, погрузки и морской терминал), предназначенной для транспортировки жидкых углеводородов от месторождений в Западном Казахстане через Российскую Федерацию до Черного моря (протяженность нефтепровода 1580 км, максимальная пропускная способность 67 млн тонн нефти в год). Завершение строительства и ввод в эксплуатацию объектов второй очереди планируется в 2014 г.

Чтобы правильно понимать систему контроля компании в целом, необходимо вначале выявить и проанализировать вопросы, связанные с системой внутреннего контроля: существует ли она в Каспийском трубопроводном консорциуме, и если да, то в каком виде?

Под системой внутреннего контроля подразумевается реальная политика предприятия и все связанные с ней процедуры, направленные на выявление и предотвращение существенных ошибок и искажения информации. Эта система включает в себя прежде всего вопросы бухгалтерской отчетности, но не сводится только к ним. Ее элементами являются также система учета, процедуры контроля и контрольная среда, отражающая общее отношение руководства и акционеров к контролю.

Бытует мнение, что в крупных проектах система контроля ослаблена в силу того, что строительные компании еле успевают отчитываться по итогам многочисленных внешних, государственных и негосударственных проверок. Такое мнение является неправильным. При изучении документов, анализе организа-

ционной структуры, технико-экономических и социально-экономических показателей компании, мы убеждаемся, что в КТК эта система существует. Более того, систематический контроль и самоконтроль при сооружении таких рисковых транснациональных инвестиционных объектов, как системы для транзита нефти или газа, особенно важен. Поэтому уже при проектировании Каспийского трубопровода были заложены экономические, технические, технологические, экологические и организационно-правовые параметры, которые обеспечивают высокую безопасность строительства и эксплуатации, его экономическую, финансовую и коммерческую эффективность.

Независимая служба внутреннего аудита КТК имеет собственный согласованный план проверки хозяйственной деятельности компании, ее подрядчиков и бизнес-процессов, позволяющий в рамках существующих и утвержденных процедур не только устранять выявленные замечания, но и постоянно работать над повышением эффективности и качества управления компанией.

Независимый аудит акционеров КТК также является единственным рычагом по органи-

зации системы контролей в компании. Такой подход соответствует международному опыту работы в отрасли, позволяет контролировать как общие направления контроля, так и частности, выявлять слабые звенья контрольных цепочек и устранять выявленные недостатки, постоянно работая над извлеченными уроками. Проект КТК является не только самым грандиозным на территории РФ, но и самым безопасным и конкурентоспособным проектом по транспортировке сырой нефти на значительные расстояния.

Опыт создания и функционирования системы контроля в КТК вполне можно применить и в других отраслях и производствах, особенно в периоды крупных организационных преобразований, например, в картографо-геодезической отрасли. Без эффективной системы всестороннего контроля такие преобразования могут не увенчаться успехом в долгосрочной перспективе. Наличие единственной системы всестороннего контроля позволяет предприятию быть успешным, конкурентным и эффективным.

*Поступила 8 декабря 2011 г.  
Рекомендована кафедрой экономики  
и предпринимательства МИИГАиК*

УДК 378

## ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

### О ГЕОИНФОРМАЦИОННОМ ОБРАЗОВАНИИ

(в порядке обсуждения)

Доцент, кандидат техн. наук Ю.А. Кравченко

Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет

E-mail: Yu\_Krav-ko@mail.ru

**Аннотация.** Обсуждается значимость информационного геомоделирования в современном обществе и приводится аргументация необходимости введения профиля (специальности) «геоинформатика»

**Ключевые слова:** образование, информационное геомоделирование, геоинформационные технологии

**Abstract.** The significance of geoinformational modelling for contemporary society is discussed. The argumentation for introduction of geoinformation as a specialty is given.

**Keywords:** education, informational geomodeling, geoinformational technologies

Необходимость геоинформационного образования, рассматривавшаяся в статье [1], представляется важной проблемой, заслуживающей обсуждения. Цель настоящей публикации — высказать дополнительные аргументы о потребности в геоинформационном образовании и некоторые соображения об его особенностях.

1. Необходимость геоинформационного образования следует рассматривать в широком контексте: с учетом природы топографо-геодезического и картографического производства (ТГКП), его места и роли в современном обществе, общих тенденций в развитии последнего.

На самом верхнем уровне различают три вида производства: вещественное, энергетическое и информационное [2]. Создание материальных ценностей или получение энергии не является функцией ТГКП, его задача — удовлетворение общественных потребностей в сведениях о геопространстве и геосистемах, среди обитания человека, что является свидетельством его *информационного характера*. В докомпьютерную эру указанная особенность ТГКП не была столь очевидной. Широкое применение компьютеров для целей геомоделирования убедительно продемонстрировало природу ТГКП. В настоящее время происходит его

закономерная трансформация в *геоинформационное производство*.

2. Различия в самых общих типах производства столь значимы, что в развитии человечества выделяют три стадии: «вещественное» общество, занятое переработкой вещества; энергетическое общество, в котором на первое место выходит получение энергии, и информационное общество, в котором доминирует переработка информации. Уже в настоящее время в некоторых странах для переработки информации привлекается ресурсов больше, чем для получения энергии. Возможно, не столь важно положение, в котором находится мир, более значимо направление, в котором он движется. А дрейфует он сегодня в сторону информационного общества, и этот тренд необходимо учитывать при разработке образовательных программ.

3. Важность информации о геопространстве для современного общества отмечалась в [3], где организация всех банков данных была классифицирована вокруг следующих сущностей: люди (что логично по причине естественного антропоцентризма); связанное с людьми имущество; земля и то, что на ней находится, то есть — геопространство; научные и технологические знания. Зависимость отдельного индивидуума и человечества в целом от среды

обитания продолжает оставаться очень высокой. Поэтому с древних времен человечество занято непрерывным преобразованием геопространства. Колossalные ресурсы и усилия, затрачиваемые на решение этой задачи, требуют оптимизации. В свою очередь, для оптимизации преобразований окружающего мира требуется соответствующее представление его текущего и конечного состояний — геомоделирование.

4. Подтверждением общественной значимости геоинформатики может служить инициатива администрации предыдущего президента США в области высшего образования, назвавшая наиболее приоритетными три области знаний: нано-, био- и *геоинформационные технологии*.

5. В России также происходит постепенное осознание *ценности* геоинформации. Геопространственные данные будут важным компонентом Федеральной целевой программы «Электронная Россия» и общегосударственных информационных ресурсов. Их значимость для экономики и обороны страны подтверждается разработкой Федеральной целевой программы «Создание инфраструктуры пространственных данных (ИПД) РФ», концепция которой одобрена распоряжением Правительства РФ № 1157-р от 21 августа 2006 г.

6. Важным фактором является текущее состояние дел в российской геоинформатике. Топографо-геодезическое производство занято выпуском дорогой, но морально устаревшей продукции — цифровых топографических карт (ЦТК). Критика концепции ЦТК высказывалась неоднократно. Последняя убедительная статья на эту тему [4] (с критической частью которой можно полностью согласиться) была опубликована одновременно с [1]. Неудовлетворительное состояние дел в российской геоинформатике косвенно признается действующим руководителем Роскартиографии. В его статье [5, с. 8] утверждается: «Коммерческим предприятиям негосударственного сектора, обладающим достаточно гибкими цифровыми зарубежными технологиями (выделено Ю. К.)... целесообразно ориентировать свою деятельность на оперативное изготовление отраслевых тематических и отдельных видов стандартной геоинформации», что можно понять как общую

негативную оценку российских геоинформационных технологий. Однако практическое отсутствие более или менее сформировавшейся теории информационного геомоделирования — проблема не только отечественной геоинформатики. Сложившаяся ситуация в геоинформатике в целом сравнима с состоянием дел в области уравнивания геодезических сетей, существовавшим до разработки метода наименьших квадратов.

7. Таким образом, необходимость геоинформационного образования и потребность в создании специальности «геоинформатика» можно считать очевидными. Тогда проблема сводится к определению содержания и сроков геоинформационного образования. В отношении сроков обучения автор придерживается точки зрения, которая может показаться радикальной и, следовательно, требующей обоснования: геоинформационное образование должно быть шестилетним. В подтверждение этого тезиса отметим, что геодезия является в значительной степени математизированной наукой (более того, именно потребности геодезии дали жизнь и название такой крупной части математики как геометрия). Следует также напомнить, что в СССР был период, когда обучение геодезическим специальностям длилось шесть лет. Так, в Новосибирском институте инженеров геодезии, аэрофотосъемки и картографии последний выпуск специалистов с шестилетним обучением состоялся в 1967 г. Таким образом, с 1962 г. обучение стало пятилетним. Но именно в это время (конец 1950-х — начало 1960-х годов) в геодезии произошли самые значительные за всю ее историю изменения: возникли такие новые направления как радиогеодезия и космическая геодезия и началось систематическое применение ЭВМ для решения геодезических задач. Реакция на появление указанных областей знания оказалась своеобразной: срок обучения геодезическим специальностям был уменьшен на один год с одновременным увеличением объема общественных наук. Эта образовательная «реформа» привела к резкому уменьшению часов на изучение математики, физики и специальных дисциплин. Возможно, что данное обстоятельство явилось одной из причин постепенной утраты лидирующих позиций российской гео-

дезии (в широком понимании).

Шестилетний срок обучения специальности «геоинформатика» не следует рассматривать как чрезмерность. Во-первых, накопление массы знаний и усложнение создаваемых человеком систем привели к тому, что постоянное увеличение сроков обучения стало общей мировой тенденцией на протяжении длительного периода. Во-вторых, область разработки средств и область их использования, как правило, значительно различаются и специалистам одной области знаний не требуется обладать знаниями из другой области. Например, биологам, использующим в своей работе микроскопы, не требуется знание законов оптики, а разработчики микроскопов могут не обладать знаниями из биологии. Но разработка программного обеспечения характеризуется уникальной особенностью — необходимостью использования знаний как из области разработки средств, так и из области применения средств. Интегрирующий характер геоинформатики и необходимость использования областей знания, до этого развивавшихся независимо друг от друга, отмечались многими авторами. Поэтому специалисты по геоинформатике должны иметь фундаментальную подготовку как в области геомоделирования (геодезии, картографии), так и в области информатики.

Наконец, в истории нашей страны можно найти прецеденты, заслуживающие внимания. Так, в 1943 г. студентам, призванным на фронт со студенческой скамьи, была предоставлена

возможность возвращения в высшие учебные заведения с целью завершения образования. Несмотря на все тяготы самой жестокой войны, страна думала о будущем. Возможно, что сегодня наилучшим применением нефтедолларов будет их вложение в будущее, в образование, в его наиболее перспективные направления. Увеличение сроков обучения не будет противоречить продекларированному руководством страны курсу на экономику, основанную на знаниях.

8. Содержание обучения специальности «геоинформатика» должно быть предметом публичного обсуждения. Но уже сегодня можно уверенно сказать, что оно должно включать значительно расширенный курс математики, логики, информатики, теории систем (специалисты по геоинформатике должны быть системотехниками), геодезических дисциплин.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Малинников В.А., Соловьев И.В., Шлапак В.В. Современное высшее геодезическое профессиональное образование и геоинформатика. // Изв. вузов «Геодезия и аэрофотосъемка». –2009. –№ 6. –С. 102–107.
2. Громов Г.Р. Очерки информационной технологии. –М.: ИнфоАпт, 1993. –336 с.
3. Шломье Ж. Банки данных: Использование электронной вычислительной техники. –М.: Энергоиздат, 1981. –72 с.
4. Комосов Ю.А. Необходимость, сущность и пути реализации новой модели представления пространственных данных. // Геодезия и картография. –2009. –№ 11. –С. 26–32.
5. Яблонский Л.И. Предложения по концептуальным основам развития отрасли геодезии и картографии. // Геодезия и картография. –2009. –№ 9. –С. 2–9.

Поступила 9 марта 2010 г.  
Рекомендована кафедрой инженерной геодезии НГАСУ

## ХРОНИКА

9 января 2012 г. на 75 году ушел из жизни доктор технических наук, профессор, лауреат Государственной премии России в области науки и техники, член редколлегии нашего журнала

### РЯЗАНЦЕВ Геннадий Евгеньевич

Г.Е. Рязанцев родился 07 марта 1937 г. В 1960 г. окончил Московский институт инженеров геодезии, аэрофотосъемки и картографии (МИИГАиК) по специальности инженер-геодезист, в 1960–1963 гг. работал в отделе изысканий института «Гипрокоаучук», а с 1964 г. по настоящее время — в ГСПИ, где прошел путь от старшего инженера до начальника отдела специальных и научных работ. В 1973 г. успешно защитил кандидатскую диссертацию, а в 1994 г. — докторскую диссертацию.

Г.Е. Рязанцев автор более 80 научно-технических статей, учебно-методических работ, монографий и книг. Им получены 86 дипломов, патентов, авторских свидетельств, из которых 40 внедрены в производство. В 1982 г. Г.Е. Рязанцеву присвоено звание «Заслуженный изобретатель РФ», в 1994 г. — «Почетный геодезист», в 2000 г. — «Заслуженный работник геодезии и картографии». Г.Е. Рязанцев являлся экспертом ВАК в экспертном совете «Строительство и архитектура». За большие заслуги в работе по аттестации научных и научно-педагогических кадров награжден почетной грамотой Высшей аттестационной комиссии Министерства образования и науки Российской Федерации в области науки и техники. С 1985 по 2005 гг. являлся членом Российского общества геодезии, картографии и аэрофотосъемки.

В 1991 г. Г.Е. Рязанцеву была присуждена премия Ф.Н. Красовского за комплекс геодезических работ по созданию и внедрению высокоточной гирроскопической техники, а в 1996 г. за разработку и внедрение высокоточных методов установки технологического оборудования в процессе проектирования, строительства и эксплуатации уникальных объектов — Государственная премия Российской Федерации в области науки и техники.

За многолетний труд Г.Е. Рязанцев был отмечен различными наградами: орденом «За заслуги перед отечеством» II степени, медалями «850-летия Москвы», «Им. академика В.И. Кузнецова», «Им. академика Н.А. Пилюгина», «За творческий вклад в создание средств наземной космической инфраструктуры» и нагрудным знаком «Академик И.В. Курчатов».

Геннадий Евгеньевич Рязанцев являлся признанным ученым в области инженерной геодезии, разработавшим самостоятельное научное и практическое направление, связанное с созданием высокостабильных хранителей азимутов для ракетно-космических комплексов различного назначения, что явилось значительным вкладом в укрепление обороноспособности нашей Родины.

Геннадий Евгеньевич много сил отдавал подготовке молодых научных кадров и обучению студентов. Он был активным и жизнерадостным человеком, пользовался в институте и среди Заказчиков заслуженным авторитетом и уважением. Всегда был внимателен к заботам сотрудников и был готов прийти на помощь в трудных ситуациях. Г.Е. Рязанцев всегда был в поиске нового, горел творческой энергией, заряжая ею всех окружающих. Увлекался футболом, шахматами и путешествиями.

Таким Геннадий Евгеньевич навсегда останется в наших сердцах.



Редакция журнала

## ЗЕМЛЯ ИЗ КОСМОСА — НАИБОЛЕЕ ЭФФЕКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ (5-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ)

С 29.11. по 1.12.2011 г. в подмосковном комплексе управления делами Президента Российской Федерации «Ватутинки» проходила 5-я Международная конференция «Земля из космоса — наиболее эффективные решения», которая проводится с 2003 г. В работе конференции принимала активное участие группа кафедры Кадастра и основ земельного права факультета Экономики и управления территориями Московского государственного университета геодезии и картографии в составе: заведующий кафедрой Кадастра и основ земельного права А.П. Сизов, аспирантки А. Андреева, А. Кудинова, А. Коняева и И. Снежко.

При подготовке диссертационных работ по научной специальности 25.00.26 «Землеустройство, кадастры и мониторинг земель», осуществляемых на кафедре Кадастра и основ земельного права, без технических и технологических решений, связанных с использованием ДЗЗ, обойтись трудно, а в ряде случаев просто невозможно.

В конференции принимали участие представители многих стран: Японии, Канады, США, Германии, Италии, Франции, республики Казахстан и ряда других. В ходе проведения было заслушано множество интересных выступлений представителей различных организаций и компаний (О.Н. Гершензон, вице-президент ИТЦ СКАНЭКС — председатель оргкомитета конференции; Мэттью О'Коннелл — генеральный директор и президент компании GeoEye; Р. Хеллерман — директор по развитию бизнеса и поддержки пользователей, ImageSat International N.V.; С.А. Жуков — исполнительный директор кластера космических технологий и телекоммуникаций Фонда «Сколково» и др.). Аспиранты с удовольствием ознакомились с массой представленных печатных материалов, стендовыми докладами и текущими периодическими изданиями, отметили организованную экспозицию «Земная красота» («The Beauty of the Earth»).

Приятная атмосфера, гостеприимство и радушие организаторов располагали участников конференции обмениваться творческими идеями. Помимо актуальной и интересной тематической информации, аспиранты МИИГАиК получили важный опыт общения с иностранными гостями и ознакомились с новыми инновационными технологиями и достижениями в аэрокосмической области, навигации, области информационных технологий, пространственных данных и др. Были продемонстрированы различные геопорталы, гео-сервисы, последние достижения в области ДЗЗ.

По специализированному навигатору наблюдали демонстрацию движения автобусов трансфера с участниками конференции до комплекса и обратно. Участники конференции активно общались, обменивались идеями и контактной информацией с иностранными гостями. По мнению представителей факультета Экономики и управления территориими, особый интерес вызывали доклады Е.В. Аш, исполнительного директора Ассоциации «Земля из космоса», Россия: «Российский рынок ДЗЗ: эволюция, революция или деградация?»; А.В. Стрелкова, руководителя отдела контент-сервисов, Яндекс, Россия: «Применение спутниковых снимков для непрофессиональных целей на картографическом портале Яндекс.Карты», Т.Ю. Грибцовой, зам. директора, ГУ «Центр информационных технологий Волгоградской области», Россия: «Использование различных подходов к работе с пространственными данными при построении региональной геоинформационной системы» (обмен контактами) и А. Кейта, директора по ДЗЗ консалтинговой компании «Евроконсалт» (Euroconsult), Канада: «ДЗЗ: состояние дел и перспективы».

Основным итогом конференции стало формирование общественного мнения научного и бизнес-сообществ о том, что наиболее рациональное использование материалов космических съемок возможно лишь в тесном взаимодействии военных и гражданских, государственных и частных секторов космической индустрии, интеграции науки, бизнеса и образования. Несомнена и серьезная роль дистанционных данных на экономическое развитие формирующегося гражданского общества. По итогам конференции все участники получили сборник тезисов докладов 5-й Международной конференции «Земля из космоса — наиболее эффективные решения». В сборник тезисов вошел доклад аспиранток факультета Экономики и управления территориями кафедры кадастра и основ земельного права МИИГАиК А. Андреевой и А. Кудиновой по теме «Устойчивое управление территориями в контексте инфраструктуры пространственных данных России».

А.В. Кудинова, А.Ю. Андреева  
(Московский государственный университет  
геодезии и картографии, ФЭУТ)

## Содержание

### АСТРОНОМИЯ, ГРАВИМЕТРИЯ И КОСМИЧЕСКАЯ ГЕОДЕЗИЯ

Куприянов А.О., Клиновский А.М. Экспериментальная оценка эффективности применения режима кинематики в реальном времени для решения навигационно-геодезических задач.....	3
--	---

### ГЕОДЕЗИЯ

Клюшин Е.Б., Кравчук И.М., Чинь Тхань Чыонг, Чан Куанг Хок. Учет влияния кривизны Земли при инженерно-геодезических работах .....	11
---	----

### КОСМИЧЕСКАЯ СЪЕМКА, АЭРОФОТОСЪЕМКА И ФОТОГРАММЕТРИЯ

Михайлов А.П., Дубиновский В.Б., Зельков К.М. Некоторые особенности фотограмметрической обработки космических кадровых снимков Фобоса.....	15
Милованова М.С., Новиков В.Ю., Демьянов А.А. Исследования динамики изменений береговых линий островов архипелага Земли Франца-Иосифа по материалам космических съемок.....	18
Шелаев Д.В. Оценка возможности уменьшения полетного времени и затрат на проведение аэросъемочных работ с помощью комплексированной GPS/ИНС-системы и пост-обработки измерений .....	23
Живичин А.Н., Флегонтов А.В., Воробьев А.О. Развитие навигации в России .....	30

### КАРТОГРАФИЯ

Сладкопевцев С.А., Богданова А.А. Картографические методы оценки нарушенных земель .....	33
Лукашов А.А. Обоснование необходимости расширения терминологической базы космической топонимики .....	36
Голодникова И.Ю. Ио — особенности рельефа и его картографирования .....	42
Жукова О.Ю., Ковалёва О.В. Об использовании цветовой пластики (пространственного воздействия цвета) в оформлении карт.....	46
Нырцов М.В., Флейс М.Э., Борисов М.М. Картографирование астероида 433 Эрос в равнопромежуточных вдоль меридианов цилиндрической и азимутальной проекциях трехосного эллипсоида .....	54

### ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ И МОНИТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ

Чуфарова Н.Е. Фрактальный анализ районов городской застройки на снимках в тепловом ИК-диапазоне .....	62
Скнарина Н.А. Классификация оползнеопасных территорий .....	67
Майорова О.В. Влияние полигонов ТБО на окружающую среду .....	71
Якутин М.В., Дубовик Д.С. Использование данных дистанционного зондирования в мониторинге экосистем Турано-Уюкской котловины.....	75
Бондур В.Г., Воронова О.С. Вариации уходящего длинноволнового излучения при подготовке и протекании сильных землетрясений на территории России в 2008 и 2009 годах .....	79

### ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Усманов У.Р. Исследование свойств и методов получения, накопления, обработки информации в библиотечно-информационных системах для использования в ГИС .....	86
Васютинский И.Ю., Цветков В.Я., Шингарева К.Б., Болотин В.Б., Пусенков В.Б., Кожевников Д.И. Тенденции развития основных школ управления .....	90

### КАДАСТР, ЭКОНОМИКА И РАЗВИТИЕ ТЕРРИТОРИЙ

Илюшина Т.В. Особенности формирования кадастра природных ресурсов в России (Х – начало XX в.).....	95
Фельдман И.А., Иванова В.А., Болотин В.Б., Ознамец В.В., Хабарова И.А. Автоматизация процесса установления категорий трудности в топографо-геодезическом производстве .....	105
Цветков В.Я., Васютинский И.Ю., Пусенков В.Б., Фесенко И.А., Синицына А.Л. Сетецентрическое управление промышленным предприятием .....	106
Фельдман И.А., Васютинская С.И., Кувекина О.А. Стохастическая модель оптимального оценивания.....	109
Рагрин В.Н., Ознамец В.В., Прохорова Е.С. Роль и место конкуренции для строительной фирмы .....	110
Домокуров В.В., Васютинская С.И., Якушова Е.С. Организация и функционирование системы контроля на примере ЗАО «Каспийский трубопроводный консорциум» .....	114

### ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

Кравченко Ю.А. О геоинформационном образовании (в порядке обсуждения).....	116
--	-----

### ХРОНИКА

Рязанцев Геннадий Евгеньевич.....	119
Земля из космоса — наиболее эффективные решения (5-я Международная конференция).....	120

## Contents

### *ASTRONOMY, GRAVIMETRY, AND SPACE GEODESY*

<i>Kupriianov, A., Klimovsky, A.</i> Experimental evaluation of real-time kinematics performance for navigating-geodetic tasks .....	3
--	---

### *GEODESY*

<i>Kliushin, E., Kravchuk, I., Chin Than Chiong, Chan Kuang Khok.</i> Influence of the Earth curvature on the geodetic survey .....	11
---	----

### *SPACE SURVEY, AEROPHOTOGRAPHY, AND PHOTOGRAMMETRY*

<i>Mikhailov A., Dubinovsky V., Zelkov, K.</i> Some peculiarities of photogrammetric processing of space frame imagery of Phobos .....	15
<i>Milovanova, M., Novikov, V., Demianov, A.</i> Investigating of insular shoreline dynamics of the Franz Josef Land archipelago after space survey data .....	18
<i>Shelaev, D.</i> Evaluation of the possibility of reducing the flight time and costs of aerosurvey by implementation of a complex GPS/INS and post-processing of the measurements .....	23
<i>Zhivichin, A., Flegontov, A., Vorobiov, A.</i> Navigation progress in Russia .....	30

### *CARTOGRAPHY*

<i>Sladkopevtsev, S., Bogdanova, A.</i> Cartographic methods of disturbed land assessment .....	33
<i>Lukashov, A.</i> Necessity basis of cosmic toponymy database expansion .....	36
<i>Golodnikova, I.</i> Io – features of the relief an its mapping .....	42
<i>Zhukova, O., Kovaliova, O.</i> On the use of color plastics (color spatial effect) in map design .....	46
<i>Nyrtssov, M., Fleis, M., Borisov, M.</i> Mapping asteroid 433 Eros with equidistant along meridians cylindrical and azimuthal projections of triaxial ellipsoid .....	54

### *REMOTE SENSING, AND LAND MONITORING*

<i>Chufarova, N.</i> Fractal analysis of urban areas in thermal infrared images .....	62
<i>Sknarina, N.</i> Classification of landslide-hazardous areas .....	67
<i>Maiorova, O.</i> Environmental impact of solid household waste landfills .....	71
<i>Yakutin, M., Dubovik, D.</i> Remote sensing in eco-monitoring of Turan-Ujuk depression .....	75
<i>Bondur, V., Voronova, O.</i> Variations of outgoing longwave radiation in the period of preparation and behavior of the strong earthquakes on the territory of Russia in 2008 and 2009 .....	79

### *GEOINFORMATION TECHNOLOGY*

<i>Usmanov, U.</i> Investigation of information receiving, accumulating, and processing in library systems—features and methods for implementation in GIS .....	86
<i>Vasiutinsky, I., Tsvetkov, V., Shingareva K., Bolotin V., Pusenkov, V., Kozhevnikov, D.</i> Progress trends in the main management schools .....	90

### *CADASTRE, LAND ECONOMICS AND DEVELOPMENT*

<i>Iliushina, T.</i> Conception peculiarities of land resources cadastre in Russia (X – early XX cent.) .....	95
<i>Feldman, I., Ivanova, V., Bolotin V., Oznamets V., Khabarova, I.</i> Automatisation of difficulty categories establishment in topographic-geodetic works .....	105
<i>Tsvetkov, V., Vasiutinsky, I., Pusenkov, V., Fesenko, I., Sinitisina, A.</i> Net-centered management for industrial enterprises .....	106
<i>Feldman, I., Vasiutinskaya, S., Kuvekina, O.</i> Stochastic model of optimal rating .....	109
<i>Ragrin, V., Oznamets, V., Prokhorova, E.</i> Competitiveness place and role for construction enterprise .....	110
<i>Domokurov, V., Vsiutinskaia, S., Yakushova, E.</i> Organizing and managing controls system by example of CJSC Caspian Pipeline Consortium .....	114

### *HIGHER EDUCATION MANAGEMENT*

<i>Kravchenko, Yu.</i> On geoinformational education .....	116
--	-----

### *CHRONICLE*

<i>Ryazantsev G.E.</i> .....	119
<i>The Earth form Space—the Most Effective Solutions (5th International Conference)</i> .....	120