

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ГОУ ВПО «СИБИРСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ»

ГЕО-СИБИРЬ-2009

Т. 1

ГЕОДЕЗИЯ, ГЕОИНФОРМАТИКА,
КАРТОГРАФИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ

ч.2

Сборник материалов
V Международного научного конгресса

Новосибирск
СГГА
2009

УДК 528:528.9:622.1
С 26

Ответственные за выпуск:

Доктор технических наук, профессор, ректор СГГА, Новосибирск
А.П. Карпик

Доктор технических наук, профессор,
зав. кафедрой картографии и геоинформатики СГГА, Новосибирск
Д.В. Лисицкий

Экс-президент Международной картографической ассоциации, вице-президент
Международного общества «Цифровая Земля», доктор наук,
Чешская Республика
Милан Конечны

Кандидат технических наук, генеральный директор ФГУП «Сибгеоинформ»,
Новосибирск
В.И. Обиденко

Кандидат технических наук,
директор Института геодезии и менеджмента СГГА, Новосибирск
С.В. Середович

Кандидат технических наук,
доцент кафедры картографии и геоинформатики СГГА, Новосибирск
Е.В. Комиссарова

С 26 ГЕО-Сибирь-2009. Т. 1. Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия. Ч. 2: сб. матер. V Междунар. научн. конгресса «ГЕО-Сибирь-2009», 20–24 апреля 2009 г., Новосибирск. – Новосибирск: СГГА, 2009. – 332 с.

ISBN 978-5-87693-324-9 (т. 1, ч. 2)

ISBN 978-5-87693-320-1

В сборнике опубликованы материалы V Международного научного конгресса «ГЕО-Сибирь-2009» направления «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия».

Печатается по решению Редакционно-издательского совета СГГА
Материалы публикуются в авторской редакции

УДК 528:528.9:622.1

ISBN 978-5-87693-325-6 (т. 1, ч. 2) © ГОУ ВПО «Сибирская государственная
ISBN 978-5-87693-320-1 геодезическая академия», 2009

СОДЕРЖАНИЕ

Глазунов А.С., Голдобин Д.Н. Результаты наблюдения полярной звезды в период солнечного затмения 1.08.08 г.....	11
Думитрашку А.И. Состояние современной гравиметрии при изучении геодинамических процессов	17
Лесных Н.Б. Обратная задача композиции нормальных законов распределения.....	20
Лесных Н.Б. Некоторые аспекты алгоритма статистического анализа геодезических данных	25
Бугакова Т.Ю., Бугаков П.Ю. Машинная реализация модели системы контроля пространственно-временных состояний объектов с учетом трех координат.....	29
Канушин В.Ф., Ганагина И.Г., Голдобин Д.Н. Определение связи гравитационного поля и физической поверхности земли с напряженным состоянием земных недр	35
Мазуров Б.Т. Некоторые модели аппроксимации гравитационного влияния усеченного конуса	39
Барлиани А.Г. Псевдорешение и метод наименьших квадратов	44
Бударова В.А. Опыт создания карт 3D сейсморазведки с использованием геоинформационных технологий	49
Суздаев А.С. Изучение в волновой области эволюции гравитационного поля Земли	54
Падве В.А., Краснов Д.В. Ковариационная матрица разностей нивелирования I класса.....	59
Михалицын М.М. О моделях точечных масс, используемых для формирования модельных полей вариаций трансформант геогравитационного потенциала (в одномерном пространстве).....	62
Кузьмин В.И., Ганагина И.Г., Голдобин Д.Н. Результаты гравиметровых измерений во время солнечного затмения 1 августа 2008 года.....	66
Ефимов С.А. Экспериментальное исследование геодинамических характеристик поверхности Земли методами пассивной сейсмологии	70
Каленицкий А.И., Ким Э.Л. Результаты нивелирных измерений в период солнечного затмения 1 августа 2008 г.	76
Гордеев В.Ф., Малышков Ю.П., Шталин С.Г., Малышков С.Ю., Поливач В.И. Оценка напряженно-деформированного состояния горного массива по параметрам ЕИЭМПЗ	80
Ступин В.П. Суперпозиция высотного и гравитационного полей Земли как основа картографирования морфосистем.....	86
Мазурова Е.М. О вычислении аналитического образа Хартли для ядра модифицированного интеграла Венинг-Мейнеса.....	92
Кузьмин Ю.О. Автоволновые геодинамические процессы в зонах разломов	97
Стефаненко Н.И. Из опыта эксплуатации геодезического комплекса средств	

и методов контроля общих перемещений арочно-гравитационной плотины СШГЭС.....	103
Стефаненко Н.И. Обеспечение эксплуатационной надежности системы плотина-основание СШГЭС	115
Прудников С.Г., Кальная О.И., Аюнова О.Д. Характеристика современной геодинамической и сейсмической активности разломов в районе Ак- Сугского медно-порфирового месторождения (Тува)	124
Павловская О.Г., Гуляев Ю.П. Выявление однородных групп перемещения оползней	131
Колмогоров В.Г. К вопросу тектонофизической интерпретации геокинематических параметров Сибири.....	136
Лисицкий Д.В., Бугаков П.Ю. Использование возможностей применения современных редакторов трехмерной графики и анимации в картографии	141
Лисицкий Д.В., Комиссарова Е.В., Утробина Е.С., Колесников А.А., Бугаков П.Ю., Надыров И.О. Разработка технологии создания серии карт для геопортала.....	147
Мазуров С.Ф. Научно-методические принципы и приемы создания региональных геоинформационных систем	151
Марусин К.В., Хабидов А.Ш., Фёдорова Е.А. Геоинформационная система «Берега Камского водохранилища».....	158
Медведская Т.М. Основные предпосылки к созданию и обновлению цифровых планов масштаба 1:2 000 в векторном формате	164
Новгородцева О.Г. Составление разномасштабных карт паводковой ситуации в бассейне р. Обь по данным дистанционного зондирования	167
Олзоев Б.Н. Система и уровни электронных рекреационно-туристских карт	171
Радченко Л.К. Теоретическая основа методики геоинформационного картографирования коммуникаций нефтегазового комплекса	176
Ротанова И.Н. Нормативные требования, проблемы и подходы к разработке геоинформационно-картографического блока информационного обеспечения схемы комплексного использования и охраны водных объектов бассейна Оби	179
Володченко А., Ротанова И.Н. Комплексные и экологические атласы для формирования геоэкологического знания в высшей школе.....	185
Титов С.С., Вдовин А.И., Мурзинцев П.П. Опыт создания навигационных карт в Верхнеенисейском аэрогеодезическом предприятии.....	191
Утробина Е.С., Писарев В.С. Информационные возможности цифровых картографических моделей для восприятия объектов местности	195
Фарбер С.К., Соколов В.А. Геоинформационное обеспечение управления арендными территориями лесозаготовительных предприятий Сибири	199
Шибких А.А. Геоинформационное обеспечение водно-экологических исследований на участке реки Обь.....	202

Курепина Н.Ю. Картографический подход в оптимизации медико-экологической оценки с помощью ГИС (на примере Калманского района Алтайского края)	206
Эрик Тайле Автоматизированная генерализация ААА-системы	212
Сарангэрэл У., Саранту Г., Самбая А. Автоматизированная технология составления туристического атласа Монголии	214
Володченко А. О модульно–тематическом подходе в атласной картосемиотике.....	220
Махов Д.Ю., Никитин В.Н., Кулик Е.Н., Пошивайло Я.Г., Загородний В.В. Подготовка тематической информации для представления в интерактивных сетевых сервисах.....	228
Архипова О.Б. Исследование возможностей создания трехмерных видеосцен по материалам аэрофотосъемки и ЦТП масштаба 1:2 000	232
Бобылев А.В., Бобылева Т.В. Геоинформационное картографирование сети массового пассажирского транспорта г. Челябинска для общей оценки транспортного обслуживания населения.....	238
Бобылев А.В., Овчинникова И.О., Рассказова Н.С., Филиппова О.Ю. Картографическое и геоинформационное обоснование гидроэкологического аспекта при создании схем территориального планирования муниципальных образований.....	242
Гаврилов Ю.В., Николаева О.Н., Ромашова Л.А. Об опыте и результатах системного картографирования экологической ситуации Новосибирска	248
Гиенко Г.А., Гиенко А.Я., Говоров М.О. Эталонирование геопространства для интерпретации аэрокосмических изображений и геоинформационного картографирования.....	251
Дышлюк С.С. Принципы картографирования устойчивости природно-территориального комплекса	262
Елшина Т.Е. К вопросу об отображении охраняемых природных объектов Новосибирской области на геопортале СГГА	266
Касьянова Е.Л. Способы представления картографического изображения в сети интернет.....	268
Клевцов Е.В., Панкратов В.С. Навигационная ГИС «Инфосити»	272
Козориз М.Д., Коноплев П.А., Скрипников А.В., Лаврус В.П. Комплексная геоинформационная система в ОАО «Газпромнефть-Ноябрьскнефтегаз»	279
Колганова Е.Ю. Картографирование историко-культурного наследия	289
Котельникова Н.В., Мазуров С.Ф., Пластинин Л.А. Научно-производственные направления геоинформационного картографирования региональных структур Байкальского района ...	292
Креймер М.А., Сухорукова С.А., Дышлюк С.С. К вопросу картографирования природопользования	301
Курбатова И.Е. Геоинформационное обеспечение решений некоторых задач оценки экологического состояния системы «Водосбор – водоем»....	305

Щербаков В.В., Пикалов А.С. Технология постановки пути в проектное положение при реконструкции верхнего строения пути с использованием ГЛОНАСС/GPS	312
Шестаков Н.В., Герасимов Г.Н., Герасименко М.Д. Учет сезонных вариаций координат GPS/ГЛОНАСС пунктов при определении современных движений земной коры	318
Шендрик Н.К. Применение методики псевдостатической съемки для обработки GPS-измерений в режиме статики	319
Тиссен В.М., Толстиков А.С., Балахненко А.Ю. Применение гармонической модели вращения земли для целей высокоточного прогнозирования всемирного времени в интересах ГНСС ГЛОНАСС	322
Прихода А.Г., Лапко А.П., Мальцев Г.И., Мелеск А.Х. Формирование бортовых информационных спутниковых радиосигналов	327
Михайлович Е.В. Обработка gps измерений с использованием программного комплекса «ОРБИТА-СГГА-2»	330
Косолапов А.В. Геоинформационный мониторинг параметров транспортных потоков в городах	334
Гришко С.В. Применение GPS-технологий для геодинамического мониторинга природно-технических систем	340
Гридасов Г.С., Гламаздин А.Н. Использование спутниковой навигации на водном транспорте	346
Горохова Т.И. Поиск пропусков счета циклов в результатах фазовых ГНСС измерений с помощью линейных комбинаций	350
Голубева А.П. Установление норм труда на геодезические работы с использованием глобальных спутниковых систем	354
Гиенко Е.Г., Сурнин Ю.В. Об интерпретации масштабного параметра при согласовании локальных спутниковых геодезических сетей с государственной координатной основой	358

CONTENTS

Glazunov A.S., Goldobin D.N. Results of polar star observation during solar eclipse on august 1, 2008	11
Dumitrashku A.I. Current gravimetry condition for investigation of geodynamic processes.....	17
Lesnykh N.B. Inverse problem of normal distribution laws composition.....	20
Lesnykh N.B. Some aspects of algorithm for the statistical analysis of geodetic data	25
Bugakova T.Yu., Bugakov P.Yu. Computer-based modeling of the system for objects space-time state control taking into account three coordinates.....	29
Kanushin V.F., Ganagina I.G., Goldobin D.N. Determination of correlation between the earth's gravity field and surface and its interior stress	35
Mazurov B.T. Some approximate models of gravity influence of truncated cone	39
Berliani A.G. Pseudosolution and the method of least squares	44
Budarova V.A. Experience of 3D exploration-seismology maps making using gis-technologies.....	49
Suzdalev A.S. Research of Earth gravity field evolution in wave field.....	54
Padve V.A., Krasnov D.V. Variation-covariation matrix of first-order leveling differences	59
Mikhalitsyn M.M. Models of point masses used to form model fields of geogravitation potential transforms variations (in 1D space).....	62
Kuzmin V.I., Ganagina I.G., Goldobin D.N. Results of gravimetric measurements during solar eclipse on august 1, 2008.....	66
Efimov S.A. Experimental research of dynamic characteristics of a surface of the ground methods of passive seismology	70
Kalenitsky A.I., Kim E.L. Observed measurements of leveling during solar eclipse on august 1, 2008	76
Gordeev V.F., Malyshev Yu.P., Shtalin S.G., Malyshev S.Yu., Polivach V.I. Assessment of deflected mode of mountain range on NPEFE parameters	80
Stupin V.P. Superposition of high-altitude and gravitational fields as a base of mapping of morphosystems	86
Mazurova E.M. About calculation of an analytical image Hartly for a kernel of the modified Vening-Meinez's integral.....	92
Kuzmin Yu.O. The autovave geodanamic processes in the fault zones.....	97
Stefanenko N.I. The operating experience of geodetic complex of control devices and methods monitoring the movement of the Sayano-Shushenskaya arch- gravity dam.....	103
Stefanenko N.I. The maintenance reliability of dam- foundation system at the Sayano-Shushenskaya HPS.....	115
Prudnikov S.G., Kalnaya O.I., Ayunova O.D. Characteristics of present-day geodynamic and seismic activity of faults in the Ak-Sug copper-porphyry deposit area (Tuva).....	124
Pavlovskaya O.G., Gulyaev Yu. P. Detection of uniform groups of landslips	

movements	131
Kolmogorov V.G. The problem of tectonophysical interpretation of geokinematic parameters of Siberia.....	136
Lisitsky D.V., Bugakov P.Yu. Capabilities of modern 3D graphics and animation editors and their application in cartography.....	141
Lisitsky D.V., Komissarova Ye.V., Utrobina Ye.S., Kolesnikov A.A., Bugakov P.Yu., Nadyrov I.O. Development of technologies for geoportal map series production.....	147
Mazurov S.F. Scientific and methodical principles and receptions of creation regional geophysical informations systems	151
Marusin K.V., Khabidov A.Sh., Fedorova E.A. The geoinformation system “Coast of the Kamsk reservoir”	158
Medvedskaya T.M. Basic prerequisites for making and updating digital plans of 1:2 000 scale in vector format.....	164
Novgorodtseva O.G. Construction of different-scaled flood maps representing potentially dangerous flooded zones in the Ob basin from remote sensing data	167
Olzoev B.N. The system and levels of electronic recreativ and tourist cards ..	171
Radchenko L.K. Theoretical basis of the techniques for gis mapping of oil and gas complex communications	176
Rotanova I.N. Normative requirements, issues and approaches to the development of geoinformation-cartographical block for information provision of scheme of complex use and conservation	179
Wolodtshenko A., Rotanova I.N. Complex and ecological atlases for geoecological studies in higher school.....	185
Titov S.S., Vdovin A.I., Murzintsev P.P. Experience of creation navigation maps in the Verhneeniseyskoe aerogeodesic enterprise	191
Utrobina Ye.S., Pisarev V.S. Digital cartographic models dataware for terrain objects visualization	195
Farber S.K., Sokolov V.A. The geoinformational support of leasehold areas of the Siberian logging enterprises management	199
Shibkikh A.A. Geoinformation provision of water-ecological investigations at the Ob river site.....	202
Kurepina N.Yu. The cartographic approach to optimization of GIS-based medical-ecological assessment (Kalmansky region of Altai krai as a case study)	206
Erik Theile AAA-system automated generalization	212
Sarangerel U., Sarantuya G., Sumiya A. Automated map compilation technology of tourist atlas Mongolia	214
Wolodtschenko A. The new methodological (T-M) approach in atlas cartosemiotics.....	220
Makhov D.Yu., Nikitin V.N., Kulik E.N., Poshivailo Ya.G., Zagorodniy V.V. Preparation of subject information for providing the interactive network	228
Archipova O.B. Investigation of the possibilities for the development of 3D videoscenes on the basis of aerial photographic survey and dtp of 1:200	

scale	232
Bobylev A., Bobyleva T. Chelyabinsk passenger traffic network GIS mapping for the purpose of traffic facilities estimation	238
Bobylev A., Ovchinnikova I., Rasskazova N., Filippova O. Cartographic and gis substantiation of the hydroecologic aspect in the light of municipal planning schemes development	242
Gavrilov Yu.V., Nikolayeva O.N., Romashova L.A. Experience and results of Novosibirsk environment system mapping.....	248
Gienko G., Gienko A., Govorov M. Geospatial ground trusting for environmental mapping and image interpretation	251
Dyshlyuk S.S. Principles of natural and territorial complex sustainability mapping.....	262
Yelshina T.Ye. The problem of representation of Novosibirsk region protected natural objects on SSGA portal.....	266
Kasyanova Ye.L. Modes of cartographic representation in internet.....	268
Klevtsov E.V., Pankratov V.S. Navigation GIS "Infosity"	272
Kozoriz M.D., Konoplev P.A., Skripnikov A.V., Lavrus V.P. the complex geoinformation system in JSC «Gazpromneft-Noyabrskneft'egaz»	279
Kolganova E.U. Mapping of historical and cultural heritage	289
Kotelnicova N.V., Mazurov S.F., Plastinin L.A. Research and production directions of geoinformation mapping of regional frames of the Baikal district.....	292
Kreimer M.A., Sukhorukova S.A., Dyshlyuk S.S. Problem of nature management	301
Kurbatova I.E. Geo-informational providing some problem decisions of ecological condition assessment for the «Watershed – reservoir» system	305
Shcherbakov V.V., Pikalov A.S. Technology of track arrangement into design position under using GLONASS/GPS for permanent way reconstruction	312
Shestakov N.V., Gerasimov G.N., Gerasimenko M.D. Utilization of seasonal variations of coordinates of GPS/GLONASS sites for determination of recent crustal movements.....	318
Shendrik N.K. Pseudostatic survey application for GPS-measurements processing in static mode	319
Tissen V.M., Tolstikov A.S., Balakhnenko A.Yu. Application of earth rotation harmonic model for accurate forecasting of universal time in the interests of GNSS GLONASS.....	322
Prikhoda A.G., Lapko A.P., Maltsev G.I., Melesk A.H. Spaceborn intelligence satellite radiosignals generation	327
Mikhailovich Ye.V. GPS measurements processing, using program complex «ОПБИТА-СГГА-2»	330
Kosolapov A.V. Geoinformation monitoring transport flows parameters in cities	334
Grishko S.V. Practical application of GPS-technologies for geodynamic monitoring of natural-technical systems.....	340

Gridasov G., Glamazdin A. Using of satellite navigation on water transport ..	346
Gorokhova T.I. Search of cycle-slips in the results of GNSS phase measurements by linear combinations	350
Golubeva A.P. Establishment of norms of labour on geodetic jobs with use of global satellite systems.....	354
Gienko Ye.G., Surnin Yu.V. Interpretation of a scale parameter in alignment of local satellite geodetic networks with state refernce.....	358

УДК 528.28

А.С. Глазунов, Д.Н. Голдобин

СГГА, Новосибирск

РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЯ ПОЛЯРНОЙ ЗВЕЗДЫ В ПЕРИОД СОЛНЕЧНОГО ЗАТМЕНИЯ 1.08.08 Г.

A.S. Glazunov, D.N. Goldobin

SSGA, Novosibirsk

RESULTS OF POLAR STAR OBSERVATION DURING SOLAR ECLIPSE ON AUGUST 1, 2008

During the solar eclipse of 1981 (in the period of total phase) rapid variation of the plumb line up to 8'' was registered by gravimetric and leveling measurements. To check this phenomenon, it was suggested to conduct not only leveling and gravimetric but also astronomic observations of the Polar star during the eclipse on August 1, 2008.

The CCD-micrometer made at the department of astronomy and gravimetry of SSGA contributed to the measurements. It permitted to observe the star position concurrently by two coordinates –zenith distance and azimuth, with time resolution up to 0.1 s and less.

Measurements were taken by astrouniversal AY 2/10 with one circle and fixed telescope, the positions of Polar star and the time being registered by computer. As a result, the positions of Polar star (X, Y) and the corresponding instants were determined.

The results showed that the anomalous deviation in Polar star diurnal drift started three minutes ahead of the total phase and reached approximately 3 pixels or 9''- 10''. The drift curve returned to its normal mode also in three minutes after the total phase completion. The reasons for the deviation are discussed.

Введение: Во время полного солнечного затмения (СЗ) в 1981, полоса которого проходила по югу Новосибирской области, в зоне с максимальной фазой 0.999 выполнялись гравиметрические и нивелирные измерения. Ставилась задача выявление эффекта гравитационного «экранирования». При этом по нивелирным наблюдениям во время полной фазы было зарегистрировано быстрое изменение отсчётов (4 мм на 100 м), которое было интерпретировано как изменение направления отвесной линии. Величина этого изменения достигла 8 угловых секунд [1].

Для проверки и подтверждения этого эффекта сотрудником СНИИГиМС Дедовым В.П. было предложено во время солнечного затмения 1 августа 2008 года организовать, наряду с нивелирными и гравиметрическими измерениями, астрономические наблюдения Полярной звезды. Изменение направления

отвесной линии во время СЗ может проявиться в виде аномальных изменений положения Полярной звезды (α Umi), которое можно определить по изменению её зенитного расстояния Z и азимута A . При этом, учитывая теоретическое совместное приливное влияние Луны и Солнца, необходимо было выдерживать точность измерений $0.1''$ и даже выше.

Постановка задачи: Выполнение задачи выявления аномального смещения Полярной встретило следующие трудности. Во первых, для наблюдения Полярной звезды мог применяться только имеющийся в нашем распоряжении астроуниверсал АУ 2/10, на котором измерять с высокой точностью Z и A невозможно по следующим причинам:

- У астроуниверсала АУ 2/10 нет точного вертикального круга;
- Устаревшая система отсчета по горизонтальному и вертикальному кругам не позволяет быстро измерять углы.

Во-вторых, необходимо было одновременно фиксировать положение звезды по двум координатам с возможно большей частотой по времени.

Поэтому было принято абсолютное измерение Z и A заменить относительными с помощью микрометра при неподвижной трубе инструмента. Выполнение таких определений по традиционной технологии на обычном астроуниверсале требовало производство наблюдений двумя опытными наблюдателями на двух инструментах, фиксирующих параллельно друг другу положение звезды – один по зенитному расстоянию, а другой по азимуту, что современных условиях по различным причинам трудновыполнимо. Кроме того, наблюдения с микрометром не позволяли выполнять отсчеты с большей частотой чем через несколько секунд времени.

Реализация поставленной задачи: Преодолеть эти трудности и выполнить определения помогло то, что на кафедре астрономии и гравиметрии СГГА ведутся работы по автоматизации астрономических определений. При этом главной составляющей автоматизации является замена окулярного микрометра ПЗС-микрометром [2], что позволяет отслеживать положение звезды одновременно по двум координатам – зенитному расстоянию и азимуту с разрешением по времени до $0,1$ секунды и менее. ПЗС-микрометр перед затмением модифицировали. Была установлена ПЗС-матрица с более высоким разрешением (1600×1200 пикселей), изменена конструкция микрометра, позволившая плавно изменять наклон матрицы. Наблюдения Полярной звезды было принято выполнять сериями при неподвижной трубе инструмента. Начать наблюдения планировалось в сутки, предшествующие затмению, затем продолжить в сутки затмения и в сутки после затмения. Однако по техническим причинам удалось выполнить наблюдения только в сутки предшествующие затмению и в сутки затмения.

Длительность серии ограничивалась угловыми размерами поля матрицы. У имеющейся оно составляет примерно $20' \times 30'$. При таких размерах длительность наблюдений в серии может составлять $1 \div 1.5$ часа.

Продолжительность наблюдений в сутки до затмения составила 20 минут и не выявила каких либо отклонений от теоретического пути звезды. Наблюдения в день затмения начались за 7 минут до полной фазы и окончились через 15 минут после окончания полной фазы. При этом после линейного сглаживания результатов наблюдений на записанной траектории движения звезды в момент начала полной фазы чётко выявились отклонения, которые достигли примерно 10 угловых секунд.

Измерения выполнялись при одном круге и неподвижной трубе с записью положения Полярной звезды в поле зрения матрицы и фиксацией моментов времени в системе матрицы на компьютер. В результате был получен массив положений Полярной звезды в системе координат матрицы (X,Y) и соответствующих им моментов времени. Всего при наблюдении в день затмения было получено 12392 пар отсчётов.

Наблюдения в серии выполняются в следующей последовательности:

- 1) Привязка времени компьютера;
- 2) Установка трубы на Полярную звезду;
- 3) Отсчитывание по талькоттовскому и накладному уровню (с переключкой накладного);
- 4) При видимости звезды включение автоматической записи ее положения;
- 5) Отсчитывание уровней в процессе наблюдения звезды примерно через 5 минут без переключки накладного;
- 6) После завершения серии повторяются отсчеты уровней с переключкой накладного;
- 7) Привязка времени компьютера.

Обработка измерений: Обработка измерений имело ряд особенностей, связанных с большим количеством отсчётов (более 12 тысяч в день затмения) и состояла из нескольких этапов. Первоначально выполнялась отбраковка грубых отсчётов, связанных с работой ПЗС-матрицы. Далее выполнялось линейное сглаживание. Шаг сглаживания подбирался экспериментальным путём. В результате был выбран шаг в сорок пунктов. Результат сглаживания траектории движения Полярной приведён на рис. 1.

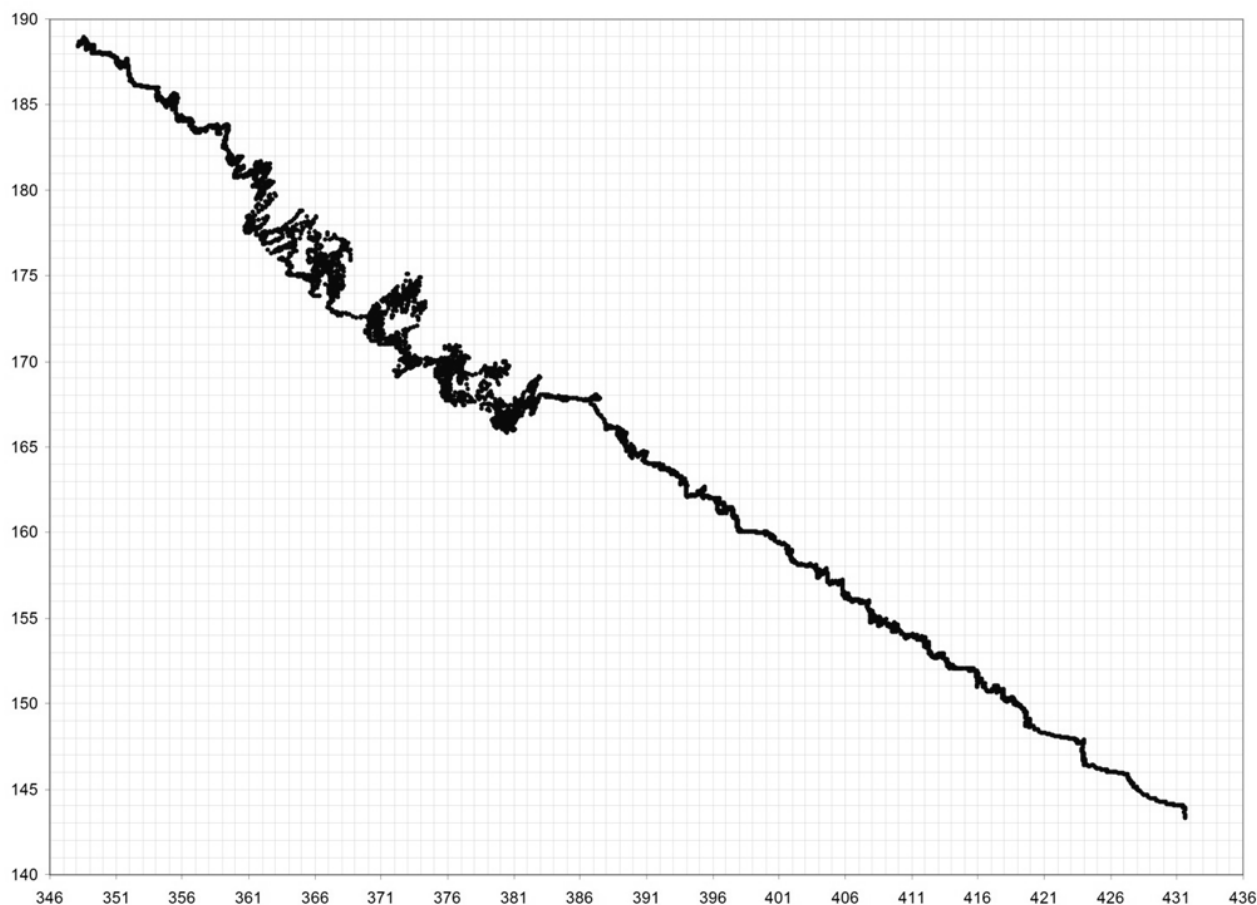


Рис. 1. Траектория движения Полярной звезды (сглаженная) в системе координат ПЗС-матрицы. Движение звезды слева - направо

Полученный набор отсчётов положения Полярной звезды в системе координат матрицы (X,Y) исправлялся за наклон матрицы и затем трансформировался в горизонтальную систему координат. Для выявления аномального движения Полярной звезды были найдены разности между измеренными положениями и теоретически вычисленными. Графики этих разностей для зенитного расстояния и азимута приведены на рис. 2 и 3.

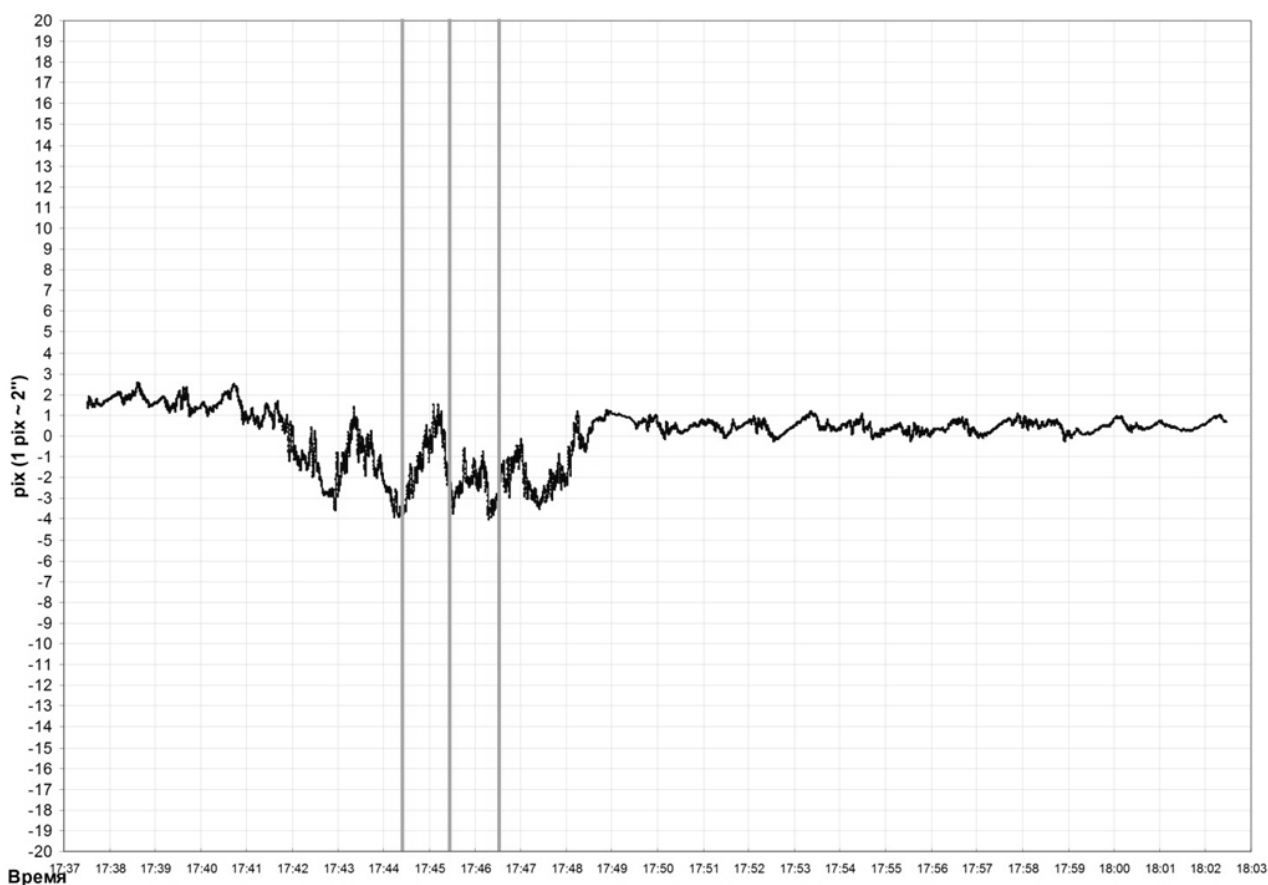


Рис. 2. Разности между измеренными и теоретическими Z Полярной

Анализ результатов: Наблюдения Полярной в дату предшествующую затмению не выявила каких либо отклонений от теоретического пути звезды. Наблюдения во время затмения показало, что аномальное отклонению в суточном дрейфе Полярной явно выявилось по отсчётам матрицы. Это особенно наглядно проявилось при линейном сглаживании отсчётов (см. рис. 1, рис. 2, рис. 3). Уклонение началось за три минуты до наступления полной фазы (фаза в этот момент была равна 0.95) и достигало примерно 3-х пикселей или $9 \div 10$ секунд дуги. Кривая дрейфа вернулась к нормальному виду также через три минуты после окончания полной фазы. Причинами такого уклонения могут быть:

- Изменение направления отвеса;
- Нутационное колебание земной оси;
- Влияние метеофакторов (аномальная рефракция).

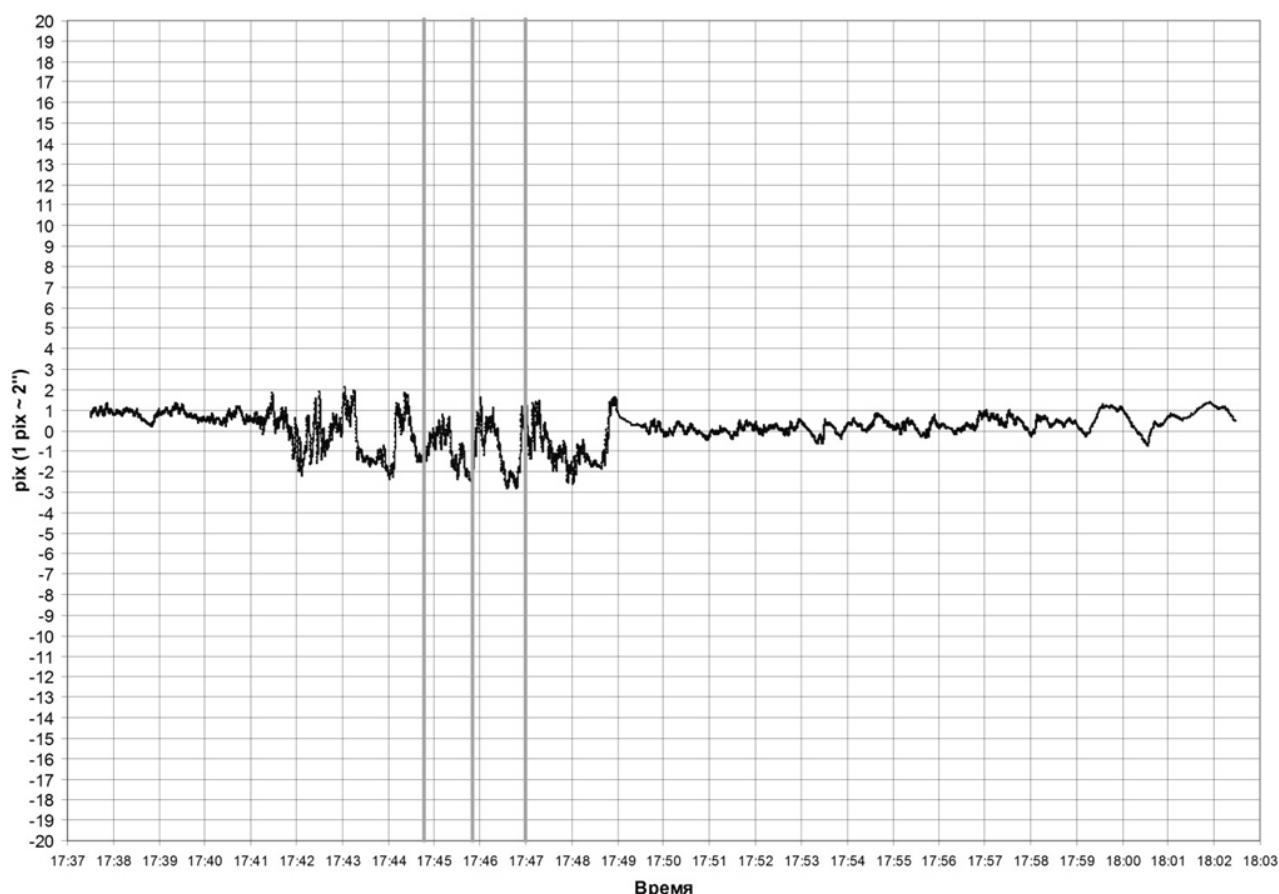


Рис. 3. Разности между измеренными и теоретическими азимутами Полярной

Возможность влияния последнего фактора легко проверить. Если рассчитать возможность такого ($\Delta Z=10''$) изменения зенитного расстояния звезды, то метеофакторы должны измениться: либо температура на величину $\Delta t \approx 75^\circ$, либо давление на величину $\Delta P \approx 200$ мм ртутного столба, что явно нереально.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Каленицкий, А.И. Гравиметрические и геодезические измерения во время солнечного затмения (31 июня 1981г.) [Текст]/ А.И. Каленицкий , А.П. Федянин , В.И. Кузьмин//Геофизические и геодезические методы и средства при поисках полезных ископаемых в Сибири: тр. СНИИГГиМС. – Новосибирск, 1982.- С.116-120.
2. Глазунов, А.С. Астрономические определения с применением ПЗС-матрицы [Текст]/ А.С. Глазунов, Д.Н. Голдобин, В.В. Коршиков//Геодезия, Геоинформатика, Картография, Маркшейдерия. Т.1. Ч.2. Третий Междунар. науч. Конгр. «ГЕО-Сибирь-2007». - Новосибирск: СГГА, 2007.-С.227-231.

© А.С. Глазунов, Д.Н. Голдобин, 2009

УДК 528.271/.275

А.И. Думитрашку

СГГА, Новосибирск

СОСТОЯНИЕ СОВРЕМЕННОЙ ГРАВИМЕТРИИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

A.I. Dumitrashku

SSGA, Novosibirsk

CURRENT GRAVIMETRY CONDITION FOR INVESTIGATION OF GEODYNAMIC PROCESSES

The paper presents analytical review on modern gravimetry use at geodynamic testing areas and the problem definition.

Для многих наук о Земле (геологии, геофизики, геодезии, горной механики и других) общепризнанна актуальность проблем «Геодинамика» и «Современные движения земной коры». Важная роль в решении указанных проблем принадлежит гравиметрии. Методами гравиметрии и геодезии изучаются изменения во времени параметров гравитационного поля и земной поверхности и ее недр.

Информация о движениях и напряженно-деформированном состоянии (НДС) земной поверхности и земной коры, обусловленных эндогенными и экзогенными факторами, является важнейшей в аспекте прогноза катастрофических геодинамических явлений (землетрясений, извержений вулканов, оползней, сходов ледников, горных ударов и проседания грунтов в области разработки полезных ископаемых и т.п.). Аномальные техногенные геодинамические процессы вызывают горизонтальные сдвиги земной коры, разломообразование, подземные аварии, наводнения; при этом страдают не только промышленные объекты, инженерные конструкции, жилые здания, но и население.

Весомый вклад в решение задач изучения геодинамических объектов и процессов по геодезическим и гравиметрическим данным внесли ученые: Бровар В.В., Бузук В.В., Буланже Ю.Д., Васильев Е.А., Вовк И.Г., Герасименко М.Д., Герасимов И.П., Гольдин С.В., Гуляев Ю.П., Еремеев В.Ф., Есиков Н.П., Каленицкий А.И., Канушин В.Ф., Каратаев Г.И., Кафтан В.И., Колмогоров В.Г., Колмогорова П.П., Кузьмин Ю.О., Курленя М.В., Изотов А.А., Леонтьев А.В., Мазурова Е.М., Машимов М.М., Мещеряков Ю.А., Молоденский М.С., Опарин В.Н., Панкрушин В.К., Пеллинен Л.П., Серебрякова Л.И., Сидоров В.А., Страхов В.Н., Татевян С.К., Тимофеев В.Ю., Фотиади Э.Э., Юркина М.И. и др.

Исследования по изучению геодинамических процессов соответствуют приоритетным направлениям развития науки и техники РФ, имеют научное и практическое значение. Научное значение таких исследований заключается в получении новых знаний о Земле, ее строении, эволюции, разнообразных физических полях (гравитационных, магнитных и др.), пространственно-временной структуре физической поверхности. Важнейшим практическим значением изучения геодинамических процессов является решение задач прогноза, снижения риска и уменьшения последствий геодинамических катастроф природного и техногенного характера, мониторинга окружающей среды.

В современных условиях возрастает необходимость совершенствования методов изучения геодинамических процессов с учетом новых технических достижений. При этом возникает потребность в строгом подходе к совместной обработке разнородных геодезических и геофизических наблюдений на земной поверхности. Важной является разработка методики и технологии построения гравиметрических сетей (работы с гравиметрами).

Одним из методов изучения напряженно-деформационных процессов является построение высокоточных плановых и высотных геодезических сетей на специальных геодинамических полигонах. При этом гравиметрии не всегда уделяется должное внимание. Вместе с тем, гравиметрические измерения используются для изучения неоднородностей плотности в верхних частях Земли с геологоразведочными целями. На основании анализа аномалий силы тяжести делаются качественные и количественные заключения о положении масс, их перемещении, вызывающих аномалии, при благоприятных условиях проводятся количественные расчёты. Гравиметрический метод позволяет более рационально направить бурение и геологоразведочные работы. Он помогает исследовать горизонты земной коры и верхней мантии, недоступные бурению и обычным геологическим наблюдениям. Этот метод является одним из основных при тектоническом районировании территорий. И в этом плане его возможности трудно переоценить при изучении (мониторинга) геодинамических процессов, в том числе локальных, природно-техногенного характера.

При оценке степени устойчивости природно-технических систем, прогнозировании последствий природно-техногенных воздействий на исследуемой территории опережающим методом является гравиметрия, фиксирующая сразу состояние устойчивости структур геологического разреза, блоков горных пород. Ощутимые деформации земной поверхности могут проявиться с запаздыванием на 5-10 лет и более после начала интенсивного извлечения минерального сырья. Геодезические измерения также с запаздыванием могут их зафиксировать. Гравиметрия может быстрее оперативнее «отреагировать» на негативные перемещения масс на глубине.

В настоящее время произошли принципиальные изменения в аппаратном оснащении гравиметрических исследований. Геофизические организации начинают оснащаться высокоточными гравиметрами с незначительным смещением нуля-пункта (порядка 0,02 мГал в день) и автоматизированной записью результатов. Топографо-геодезическое обеспечение гравиметрических

работ осуществляется с применением систем спутниковой навигации, электронных тахеометров и другого оборудования, позволяющих определять плановое и высотное положение гравиметрических пунктов с погрешностью в несколько миллиметров.

Возросшие аппаратурные возможности обеспечивают повышение точности и производительности гравиметрии, ее разрешимости в решении геологоразведочных задач и задач изучения геодинамических процессов. Назрел вопрос о пересмотре методики и технологии построения гравиметрических сетей.

Из вышесказанного вытекает необходимость выполнения методических и технологических разработок в направлении:

- Методики измерений силы тяжести с учетом новых технических достижений,
- Технологий проведения режимных многоцикловых натурных измерений при строительстве и эксплуатации сложных природно-технических систем (промыслы, ГЭС, АЭС, ГОКи и т.д.),
- Обработки и уравнивания результатов гравиметрии, их комплексной интерпретации применительно к решению конкретных прикладных задач.

© А.И. Думитрашку, 2009

ОБРАТНАЯ ЗАДАЧА КОМПОЗИЦИИ НОРМАЛЬНЫХ ЗАКОНОВ
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

N.B. Lesnykh

SSGA, Novosibirsk

INVERSE PROBLEM OF NORMAL DISTRIBUTION LAWS COMPOSITION

The paper presents solution of the problem inverse to the distribution laws composition. According to the well-known law of independent arguments linear function distribution the law and parameters are determined as concerns distribution of arguments – geodetic measurements.

Объектами статистических исследований в геодезии часто бывают истинные или случайные ошибки линейных функций независимых результатов измерений. Истинной ошибкой функции θ_φ или невязкой f является разность между функцией измеренных и функцией истинных значений аргументов

$$\underbrace{\varphi(y_1, y_2, \dots, y_n)}_f - \underbrace{\varphi(Y_1, Y_2, \dots, Y_n)}_0 = \theta_\varphi = f. \quad (1)$$

Это невязки углов треугольников триангуляции

$$f = \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 - 180^\circ; \quad (2)$$

угловые невязки замкнутых полигонов

$$f = \beta_1 + \beta_2 + \dots + \beta_n - 180^\circ \cdot (n - 2); \quad (3)$$

невязки превышений замкнутых или разомкнутых полигонов нивелирной сети

$$f = h_1 + h_2 + \dots + h_n; \quad (4)$$

$$f = h_1 + h_2 + \dots + h_n - (H_k - H_n). \quad (5)$$

Для выполнения статистического анализа количество невязок должно быть достаточно большим, а наличие в формуле исходных данных может быть источником систематических влияний. Линейными функциями независимых аргументов являются разности двойных однородных величин

$$d_i = y_i - y'_i \quad (i = 1, 2, \dots, n).$$

Например, разности превышений прямого и обратного ходов геометрического нивелирования:

$$d_i = h_i - h'_i \quad (6)$$

Истинную ошибку функции $\Phi = \varphi(y_1, y_2, \dots, y_n)$ вычисляют по формуле

$$\theta_{\varphi} = \left(\frac{\partial \varphi}{\partial y_1} \right)_0 \theta_1 + \left(\frac{\partial \varphi}{\partial y_2} \right)_0 \theta_2 + \dots + \left(\frac{\partial \varphi}{\partial y_n} \right)_0 \theta_n. \quad (7)$$

Если систематическая ошибка отсутствует, истинная ошибка равна случайной ошибке $\theta = \Delta$. Для функций (2) формула (7) принимает вид

$$\Delta_f = f = \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3; \quad (8)$$

для функций (3) – (5)

$$\Delta_f = f = \Delta_1 + \Delta_2 + \dots + \Delta_n; \quad (9)$$

для разности (6)

$$\Delta_d = d = \Delta - \Delta'. \quad (10)$$

Формулы (8) – (10) можно использовать для моделирования соответствующих случайных ошибок функций.

Закон распределения суммы двух независимых случайных величин X и Y $Z = X + Y$ означает *композицию* законов распределения. Композиция нормальных законов, когда $X \in N(M_X, \sigma_x)$ и $Y \in N(M_Y, \sigma_y)$ также имеет нормальное распределение [1], плотность вероятности которого определяется формулой

$$f(z) = \frac{1}{\sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(z - (M_X + M_Y))^2}{2(\sigma_x^2 + \sigma_y^2)}}, \quad (11)$$

с математическим ожиданием $M_Z = M_X + M_Y$ и

средним квадратическим отклонением $\sigma_z = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2}$.

Используя методику из [1] получим плотность распределения *разности* двух независимых нормально распределенных случайных величин $Z = X - Y$.

В этом случае $Y = X - Z$. Применим общую формулу для композиции законов распределения

$$f(z) = \int_{-\infty}^{\infty} f_1(x) f_2(x-z) dx = \frac{1}{2\pi\sigma_x\sigma_y} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-\frac{(x-m_x)^2}{2\sigma_x^2} - \frac{(x-z-m_y)^2}{2\sigma_y^2}}. \quad (12)$$

Здесь m_x и m_y – математические ожидания случайных величин X и Y .

Выполним преобразования показателя степени числа e .

$$\begin{aligned} & -\frac{(x-m_x)^2}{2\sigma_x^2} - \frac{(x-z-m_y)^2}{2\sigma_y^2} = \\ & = -\frac{x^2}{2\sigma_x^2} + \frac{2xm_x}{2\sigma_x^2} - \frac{m_x^2}{2\sigma_x^2} - \frac{z^2}{2\sigma_y^2} - \frac{x^2}{2\sigma_y^2} - \frac{m_y^2}{2\sigma_y^2} + \frac{2xz}{2\sigma_y^2} + \frac{2xm_y}{2\sigma_y^2} - \frac{2zm_y}{2\sigma_y^2}. \end{aligned}$$

Обозначим

$$A = \frac{1}{2\sigma_x^2} + \frac{1}{2\sigma_y^2} = \frac{\sigma_x^2 + \sigma_y^2}{2\sigma_x^2 \sigma_y^2}; B = \frac{m_x}{2\sigma_x^2} + \frac{z + m_y}{2\sigma_y^2}; C = \frac{m_x^2}{2\sigma_x^2} + \frac{(z + m_y)^2}{2\sigma_y^2}.$$

Тогда

$$f(z) = \frac{1}{2\pi\sigma_x\sigma_y} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-Ax^2 + 2Bx - C} dx = \frac{1}{2\pi\sigma_x\sigma_y} \sqrt{\frac{\pi}{A}} e^{-\frac{AC - B^2}{A}}.$$

$$\frac{1}{2\pi\sigma_x\sigma_y} \sqrt{\frac{\pi}{A}} = \frac{1}{\sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi}}.$$

$$\frac{AC - B^2}{A} = \left\{ \frac{\sigma_x^2 + \sigma_y^2}{2\sigma_x^2 \sigma_y^2} \cdot \left(\frac{m_x^2}{2\sigma_x^2} + \frac{z^2 + 2zm_y + m_y^2}{2\sigma_y^2} \right) - \left(\frac{m_x}{2\sigma_x^2} + \frac{z + m_y}{2\sigma_y^2} \right)^2 \right\} \cdot \frac{2\sigma_x^2 \sigma_y^2}{\sigma_x^2 + \sigma_y^2}.$$

После преобразований

$$\frac{AC - B^2}{A} = \frac{m_x^2 + z^2 + m_y^2 + 2zm_y - 2m_x z - 2m_x m_y}{2(\sigma_x^2 + \sigma_y^2)} = \frac{(z - (m_x - m_y))^2}{2(\sigma_x^2 + \sigma_y^2)}.$$

Плотность распределения разности независимых случайных величин $Z = X - Y$ равна

$$f(z) = \frac{1}{\sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(z - (M_X - M_Y))^2}{2(\sigma_x^2 + \sigma_y^2)}} \quad (13)$$

с параметрами

$M_Z = M_X - M_Y$ – математическим ожиданием и $\sigma_Z = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2}$ – средним квадратическим отклонением.

Для функции $\Delta_\phi = \Delta_1 \pm \Delta_2$ случайных ошибок измерений математическое ожидание

$$M(\Delta_\phi) = M(\Delta_1) \pm M(\Delta_2) = 0.$$

Формулы (11) и (13) плотности нормального распределения композиции законов приобретают вид:

$$f(\Delta_\phi) = \frac{1}{\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{\Delta_\phi^2}{2(\sigma_1^2 + \sigma_2^2)}}. \quad (14)$$

Верно и обратное утверждение. Если сумма двух независимых случайных величин распределена нормально, то каждая из этих величин также имеет нормальное распределение, при этом

$$f(x) = \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-M_X)^2}{2\sigma_x^2}} \quad - \text{плотность вероятности СВ } X,$$

$$f(y) = \frac{1}{\sigma_y \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(y-M_Y)^2}{2\sigma_y^2}} \quad - \text{плотность вероятности СВ } Y.$$

Определим, чему в этом случае будут равны *параметры законов распределения случайных величин* X и Y ?

Средние квадратические отклонения аргументов рассматриваемых функций найдем, используя известный в геодезии принцип равных ошибок. Будем считать, что средние квадратические отклонения аргументов равны и в общем случае

$$\sigma_\phi = \sqrt{\left(\frac{\partial \phi}{\partial y_1}\right)_0^2 \sigma_1^2 + \left(\frac{\partial \phi}{\partial y_2}\right)_0^2 \sigma_2^2 + \dots + \left(\frac{\partial \phi}{\partial y_n}\right)_0^2 \sigma_n^2} = \sigma \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial \phi}{\partial y_i}\right)_0^2};$$

$$\sigma = \frac{\sigma_\phi}{\sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial \phi}{\partial y_i}\right)_0^2}}. \quad (15)$$

Для функции (2)

$$\sigma_f = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2} = \sqrt{3\sigma^2} = \sigma\sqrt{3};$$

$$\sigma = \sigma_f / \sqrt{3}; \quad (16)$$

для функций (3) – (5)

$$\sigma_f = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \dots + \sigma_n^2} = \sqrt{n\sigma^2} = \sigma\sqrt{n};$$

$$\sigma = \sigma_f / \sqrt{n}; \quad (17)$$

для функции (6)

$$\sigma_d = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2} = \sigma\sqrt{2}; \quad \sigma = \sigma_d / \sqrt{2}. \quad (18)$$

Если $Z = Y_1 + Y_2 + \dots + Y_n$, математическое ожидание аргумента можно определить, поставив дополнительное условие, например, равенства математических ожиданий: $M_{Y_1} = M_{Y_2} = \dots = M_{Y_n} = M_{Y_i}$. Тогда

$$M_{Y_i} = M_Z / n. \quad (19)$$

Математическое ожидание случайной ошибки измерения $M(\Delta) = 0$ по определению, поэтому

$$f(\Delta) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{\Delta^2}{2\sigma^2}} \quad (20)$$

– плотность вероятности случайной ошибки аргумента.

По результатам статистического анализа функций результатов измерений *оценки параметров аргументов* определяем по формулам, аналогичным (15)–(19).

Таким образом, статистический анализ линейных функций независимых аргументов позволяет получать информацию о законе и параметрах распределения результатов геодезических измерений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вентцель, Е.С. Теория вероятностей. – М.: АКАДЕМА, 2005. – 576 с.

© Н.Б. Лесных, 2009

УДК 519.2:528.1

Н.Б. Лесных

СГГА, Новосибирск

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ АЛГОРИТМА СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ

N.B. Lesnykh

SSGA, Novosibirsk

SOME ASPECTS OF ALGORITHM FOR THE STATISTICAL ANALYSIS OF GEODETIC DATA

The key points of choosing algorithm for the statistical analysis of geodetic data are described, i.e. the range of distribution laws under study, methods for determination of estimated parameters and numerical characteristics, problems of data grouping and using fitting criteria.

Вероятно – статистический анализ выполняют с целью определения оценок параметров распределения и числовых характеристик случайных величин, идентификации закона распределения, наилучшим образом, соответствующего выборке наблюдений. По результатам обширных статистических исследований [1] с использованием современной программной системы [2] установлено, что среди законов распределения геодезических данных имеют место нормальный, логистический, минимальных и максимальных значений, Лапласа, Коши и в единичных случаях некоторые другие (Su – Джонсона, Sb –Джонсона, двойной экспоненциальный, двойной показательный).

Нормальный закон представлен в результатах статистического анализа всех групп геодезических данных – поправок, невязок, разностей превышений высокоточного нивелирования и отметок повторных наблюдений на АЭС. Он является основным законом, а также математической моделью распределения случайных величин в геодезии. При анализе геодезических данных первостепенное значение имеет соответствие распределения этих данных именно нормальному закону.

Сравним два метода определения *оценок параметров* – метод моментов К. Пирсона и метод максимального правдоподобия Р. Фишера. Согласно первому некоторое количество выборочных моментов приравнивается к соответствующим теоретическим моментам случайной величины. Оценкой математического ожидания является среднее арифметическое. Для метода максимального правдоподобия Фишера требуется знать вид плотности распределения случайной величины $f(x_i, a_1, a_2, \dots, a_k)$. Неизвестными являются параметры a_j ($j = 1, 2, \dots, k$), а величина x_i есть i – е значение в выборке.

Для примера, из статистического анализа случайных ошибок измерений известны оценки параметров закона минимальных значений, полученные методом максимального правдоподобия $\bar{a} = 0,1126$, $\bar{\lambda} = 0,3358$ [3], $a \in (-\infty, \infty)$ – параметр сдвига, $\lambda \in (0, \infty)$ – масштабный параметр.

Оценки параметров являются решением системы уравнений правдоподобия

$$\frac{1}{\lambda} \left\{ \sum_i n_i \frac{s_{i-1} t_{i-1} e^{-t_{i-1}} - s_i t_i e^{-t_i}}{e^{-t_{i-1}} - e^{-t_i}} - \sum_2 \sum_{j=1}^{n_i} [s_{ij} (t_{ij} - 1) - 1] \right\} = 0, \quad (1)$$

$$\text{где } s_i = \frac{x_i - a}{\lambda}, \quad t_i = \exp\left(\frac{x_i - a}{\lambda}\right), \quad t_{ij} = \exp\left(\frac{x_{ij} - a}{\lambda}\right); \quad s_{ij} = \frac{x_{ij} - a}{\lambda}.$$

Соответствующие этим параметрам оценки математического ожидания и среднего квадратического отклонения равны

$$\bar{M}_\Delta = \bar{a} - 0,5772 \bar{\lambda} = 0,1126 - 0,5772 \cdot 0,3358 = -0,081;$$

$$\bar{\sigma}_\Delta = \pi \bar{\lambda} / \sqrt{6} = 0,431.$$

Для того же ряда случайных ошибок Δ получены оценки параметров нормального закона распределения

$$\bar{M}(\Delta) = \bar{\Delta} = [\Delta] / n = -0,086 \text{ – математического ожидания и}$$

$$\bar{\sigma}(\Delta) = \sqrt{\frac{[(\Delta_i - \bar{\Delta})^2]}{n}} = 0,437 \text{ – среднего квадратического отклонения.}$$

Отличие в определении оценки математического ожидания методом Пирсона и максимального правдоподобия составило 5,8 %. Соответствующее отличие в значениях среднего квадратического отклонения не превысило 1,3 %.

Метод максимального правдоподобия требует значительно большего объема вычислений. Именно трудности вычислительного характера ограничивают использование метода максимального правдоподобия. Для нормального закона оба рассмотренных метода определения оценок параметров дают одинаковые результаты. Следовательно, в методе максимального правдоподобия в данном случае нет необходимости.

При достаточно большом объеме исследуемой выборки принято выполнять *группирование данных* с целью придания статистическому материалу компактности и наглядности, возможности вычисления некоторых критериев согласия, построения графиков. Различные варианты использования группированных и не группированных данных заложены в программной системе [2].

Всякое группирование ведет к определенной потере информации по сравнению с не группированной выборкой. Сравним, например, точность определения среднего арифметического по не группированным и группированным данным. В первом случае среднее арифметическое вычисляется по формуле

$$\bar{x}_1 = [x] / n. \quad (2)$$

Среднее квадратическое отклонение среднего арифметического

$$\sigma(\bar{x}_1) = \sigma / \sqrt{n}. \quad (3)$$

При группировании данных среднее арифметическое вычисляется по формуле

$$\bar{x}_2 = \frac{x_1^{cp} \bar{n}_1 + x_2^{cp} \bar{n}_2 + \dots + x_k^{cp} \bar{n}_k}{n}, \quad (4)$$

где $x_i^{cp} = x_i + c/2$ – середины интервалов.

Будем считать, что длина интервала c – постоянная величина

$$(\sigma(c) = \sigma \sqrt{2/k}, \text{ при } k \geq 10 \quad \sigma_c \leq 0,1\sigma).$$

$$\sigma(\bar{x}_2) = \sqrt{\left(\frac{\bar{n}_1}{n}\right)^2 \sigma^2 + \left(\frac{\bar{n}_2}{n}\right)^2 \sigma^2 + \dots + \left(\frac{\bar{n}_k}{n}\right)^2 \sigma^2} = \frac{\sigma}{n} \sqrt{[\bar{n}^2]} \quad (5)$$

– среднее квадратическое отклонение среднего арифметического, вычисленного по группированным данным.

$$\frac{\sigma(\bar{x}_2)}{\sigma(\bar{x}_1)} = \frac{\sigma \sqrt{[\bar{n}^2]} n}{n \sigma \sqrt{n}} = \frac{\sqrt{[\bar{n}^2]}}{\sqrt{n}}. \quad (6)$$

Так как $n = [\bar{n}]$ и $\bar{n}_i \geq 0$, $\sqrt{[\bar{n}^2]} > \sqrt{n}$, $\sigma(\bar{x}_2) > \sigma(\bar{x}_1)$, т.е. точность среднего арифметического, вычисленного по группированным данным всегда будет ниже точности этой величины, полученной без группирования.

Оценки, вычисленные по группированным данным, являются робастными – не чувствительными к грубым ошибкам наблюдений. Между тем, задачей математической обработки геодезических измерений является обнаружение грубых ошибок. Сравнение результатов, полученных без группирования и по группированным исходным данным, может выявить грубые ошибки.

Представляется целесообразным в программе статистического анализа выполнять группирование для вычисления критериев согласия, построения графиков. Оценки параметров и числовых характеристик вычислять по не группированным данным.

Для исследования согласия эмпирических и теоретических законов распределения наиболее доступными критериями являются: асимметрия, эксцесс, критерий Пирсона, а также традиционная проверка четырех свойств случайных ошибок геодезических измерений, которую рекомендуется выполнять с использованием критериев равенства вероятностей и равенства средних [1]. Как показывает практика статистических исследований, непараметрический критерий согласия Колмогорова малоэффективен.

Есть законы, для которых асимметрия S или эксцесс E не равны нулю. Например, для логистического распределения $S = 0$, $E = 1,2$. Значимость отличных от нуля характеристик предлагается устанавливать по доверительному оцениванию асимметрии и эксцесса. Теоретические значения числовых характеристик должны попадать в интервалы:

$$\bar{S} - 3\bar{\sigma}_{\bar{S}} < S < \bar{S} + 3\bar{\sigma}_{\bar{S}}; \quad \bar{E} - 3\bar{\sigma}_{\bar{E}} < E < \bar{E} + 3\bar{\sigma}_{\bar{E}}. \quad (7)$$

Если теоретические значения S или E не попадают в заданные интервалы, это говорит о том, что гипотезу о предполагаемом законе распределения случайной величины следует отвергнуть. Для нормального закона распределения $S = 0$, $E = 0$, что соответствует известному условию:

если $|\bar{S}| < 3\bar{\sigma}_{\bar{S}}$, $|\bar{E}| < 3\bar{\sigma}_{\bar{E}}$, $\bar{S}$ и $\bar{E}$ несущественны.

Значительно расширяют возможности статистических исследований включение в программу элементов корреляционного анализа.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лесных, Н.Б. Законы распределения случайных величин в геодезии: монография / СГГА. – Новосибирск, 2005. – 128 с.
2. Лемешко, Б.Ю. Статистический анализ одномерных наблюдений случайной величины: Программная система. – Новосибирск: НГТУ, 1995. – 125 с.
3. Теория, методы и программное обеспечение задач статистического анализа независимых и зависимых случайных величин в геодезии: Отчет по НИР (промежуточный)/ НГТУ. Руководитель В.И. Денисов. Исполн.: Б.Ю.Лемешко, Н.Б.Лесных и др. – Новосибирск, 1994 – 40 с.- № ГР 01.95.000159; инв.№ 02.95.0001199.

© Н.Б. Лесных, 2009

УДК 528.482.5

Т.Ю. Бугакова, П.Ю. Бугаков

СГГА, Новосибирск

МАШИННАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ СОСТОЯНИЙ ОБЪЕКТОВ С УЧЕТОМ ТРЕХ КООРДИНАТ

T.Yu. Bugakova, P.Yu. Bugakov

SSGA, Novosibirsk

COMPUTER-BASED MODELING OF THE SYSTEM FOR OBJECTS SPACE-TIME STATE CONTROL TAKING INTO ACCOUNT THREE COORDINATES

With the development of technologies the new trend appeared as concerns computer techniques, i.e. virtual instruments. They make it possible for the modeler to develop complex algorithms to assess parameters of the object under study both for increasing measurement accuracy and for automation of measurement process and further processing of the results. The technique for object assessment presented in the paper has been adapted for the automated control system. For practical application of the method of object assessment in 2D and 3D phase (Hilbert) space the software has been developed to be used in the system of land-based engineering structures control taking into account three coordinates.

Актуальной задачей современной науки является исследование состояний природных и техногенных объектов (сейсмически активных участков земной поверхности, строительных сооружений, экологически загрязненных пространств и т. д.) с целью обеспечения безопасности граждан, сохранности жилищного фонда и предупреждения чрезвычайных ситуаций.

С развитием технологий в области компьютерной техники наметилось новое направление в измерениях - виртуальные приборы. Виртуальный измерительный прибор представляет собой измерительно-вычислительный комплекс, включающий в себя: - нормализатор входных сигналов; - устройства аналогового и цифрового ввода/вывода; - промышленный, носимый или настольный персональный компьютер; - программное обеспечение, управляющее приемом, обработкой и хранением данных; - программное обеспечение, позволяющее в удобной форме отображать результаты измерений, управлять процессом измерений, запускать различные алгоритмы обработки данных, сопоставлять и анализировать полученные результаты. Это дает возможность разработчику строить сложные алгоритмы оценки измеряемого параметра объекта исследования, как для повышения точности измерений, так и для автоматизации процесса измерений с дальнейшей обработки результатов.

Наличие различных видов датчиков позволяет строить измерительные и диагностические системы для разных областей народного хозяйства: аэрокосмических технологий, оборонной отрасли, машиностроения, лазерных измерительных систем, нанотехнологий, транспорта, медицины, электроники, энергетики, связи, нефтегазовой и химической промышленности, науки. Также возможно создание контрольно-измерительных комплексов в строительстве для контроля пространственного состояния инженерных сооружений. Лазерные измерительные системы уже используются в геодезических работах (лазерные дальномеры, трехмерные лазерные сканеры и др.), но они не обладают той функциональностью, которую могут обеспечить виртуальные приборы.

В настоящее время разработкой программной и аппаратной составляющих виртуальных приборов занимаются большое количество как зарубежных, так и отечественных компаний. Например, американская компания National Instruments (NI) является разработчиком и производителем систем сбора данных, которые позволяют создавать контрольно-измерительные комплексы различного назначения и уровней сложности, в том числе в строительстве для контроля пространственного состояния инженерных сооружений.

Системы NI предназначены для проведения измерений электрических сигналов и сигналов, поступающих с датчиков, как на рабочем месте, так и в полевых условиях и на производственных линиях. Гибкость программного обеспечения NI дает возможность проведения простых измерений и позволяет разработать полностью автоматизированную тестовую и управляющую систему [1].

Автоматизированный контроль состояния объектов нуждается в сопровождении новыми методами обработки, визуализации и передачи информации для своевременного принятия решений.

Метод оценки состояний объектов, изложенный в работе [2], адаптирован для автоматизированной системы контроля, представленной на рис. 1.

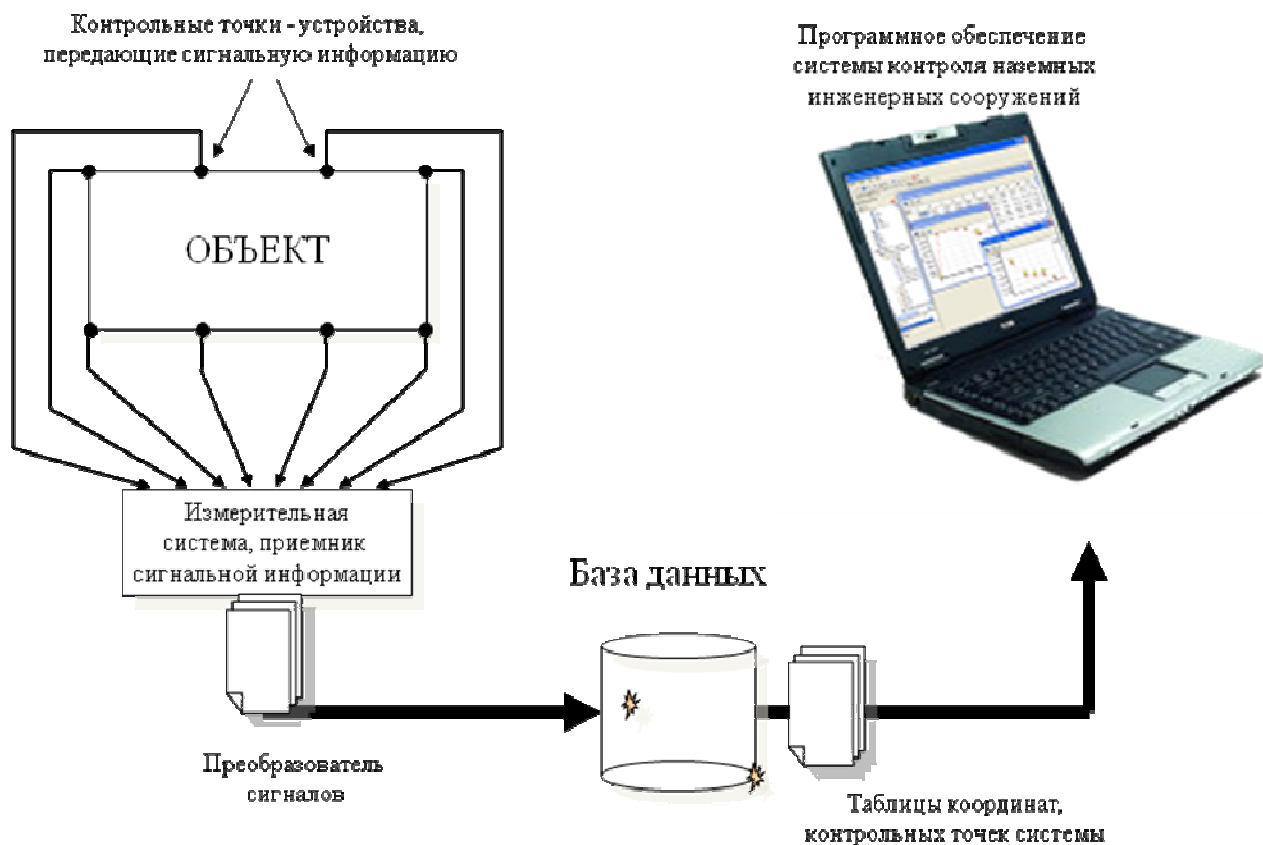


Рис. 1. Общая схема передачи данных с использованием системы NI

В качестве формальной модели объекта принята модель динамической системы

$$X \xRightarrow{\varphi} S \xRightarrow{f} Y, \quad (1)$$

где X – множество входных сигналов;

Y – множество выходных сигналов;

S – пространство состояний системы;

φ – отображение перехода системы из состояния в состояние в результате потока входной информации;

f – отображение выхода системы.

Задача структурного анализа объекта сводится к содержательному определению элементов модели (1).

Исходными данными для решения этой задачи в работе [2], служит массив высотных координат контрольных точек объекта, т.е. состояние объекта в момент t_j определяется высотными координатами точек. Следовательно, множество X состоит из скалярных функций (2).

$$H_i = H_i(t) \quad (2)$$

Пространство состояний системы контрольных точек объекта определяется как декартово произведение всех элементов этого множества. Размерность пространства n равна числу контрольных точек.

Каждому циклу наблюдений с номером j в пространстве состояний соответствует точка, радиус-вектор которой

$$\vec{H}(t_j) = \sum_{i=1}^n \vec{k}_i \cdot H_i(t_j), \quad (3)$$

где $\vec{k}_i$ – орт-векторы базиса n -мерного пространства состояний.

Таким образом, функция φ есть отображение, которое множеству входных сигналов $H_i(t_j)$ ставит в соответствие фазовую точку (элемент $\vec{H}(t_j)$) пространства состояний. Эта точка и представляет состояние объекта в цикле с номером j . Множество точек, радиус-векторы которых определяются вектор-функцией (3) в каждом цикле наблюдений, образует в фазовом пространстве фазовую траекторию, которая представляет собой явную функцию координат и времени, характеризующую изменение состояния объекта от цикла к циклу.

Однако, для адекватной оценки состояния объекта в пространстве и времени, кроме высотных координат контрольных точек объекта, необходимо учитывать и плановые координаты x, y .

Имея для каждой контрольной точки массив данных на множество циклов измерений, анализ изменения положения объекта относительно системы координат сводится к анализу вектор-функции:

$$\vec{S}(t) = \vec{S}(x(t), y(t), z(t)). \quad (4)$$

Таким образом, анализируя вектор-функцию (4) для каждой контрольной точки, делают выводы о закономерностях изменения положения объекта.

Множество $X = \{x, y, z, \dots\}$ называется метрическим пространством X , если на совокупности упорядоченных пар (x, y) элементов этого множества определена неотрицательная функция $\rho(x, y)$, называемая расстоянием (или метрикой).

Элементы метрического пространства называются точками [3].

Для множества всевозможных последовательностей $x = \{x_n\}$ действительных чисел:

$$\sum_{n=1}^{\infty} x_n^2 < +\infty. \quad (5)$$

Каждая такая последовательность называется точкой пространства, а числа $x_n, n=1, 2, \dots$, – ее координатами. Расстояние между двумя точками $x = \{x_n\}$ и $y = \{y_n\}$ определяется по формуле:

$$\rho(x, y) = \sqrt{\sum_{n=1}^{\infty} (x_n - y_n)^2}. \quad (6)$$

При любом натуральном m в пространстве R^m для точек $(x_1, \dots, x_m), (y_1, \dots, y_m), (z_1, \dots, z_m)$, справедливо неравенство треугольника:

$$\sqrt{\sum_{n=1}^m (x_n - y_n)^2} \leq \sqrt{\sum_{n=1}^m (x_n - z_n)^2} + \sqrt{\sum_{n=1}^m (z_n - y_n)^2}. \quad (7)$$

Метрическое пространство всех действительных последовательностей, удовлетворяющих условию (5), с метрикой (6) называется гильбертовым пространством последовательностей и обозначается l_2 [3].

Используя принцип сжимающего пространства можно преобразовать n -мерное метрическое пространство в 3-х мерное.

Положение точки в 3-х мерном пространстве определяется координатами X, Y, Z , которые вычисляются по формулам:

$$\left. \begin{aligned} X &= \frac{\sqrt{x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_n^2}}{norm} \\ Y &= \frac{\sqrt{y_1^2 + y_2^2 + \dots + y_n^2}}{norm} \\ Z &= \frac{\sqrt{z_1^2 + z_2^2 + \dots + z_n^2}}{norm} \end{aligned} \right\}, \quad (8)$$

где

$$norm = \sqrt{\sum_{n=1}^m (x_n - z_n)^2} + \sqrt{\sum_{n=1}^m (z_n - y_n)^2} - \sqrt{\sum_{n=1}^m (x_n - y_n)^2}, \quad (9)$$

X, Y, Z – координаты точки фазовой траектории; x, y, z – координаты контрольных точек системы; m – количество контрольных точек.

Для практической реализации метода оценки состояний объектов в двумерном и трехмерном фазовом (гильбертовом) пространстве разработано прикладное программное обеспечение системы контроля наземных инженерных сооружений, основная задача которого заключается в определении «устойчивости» пространственно-временного состояния исследуемого объекта (сооружения), локализации места существующих деформаций и прогнозировании возможных.

На рис. 2 приведена иллюстрация функционального элемента программы на момент оценки изменения состояния наземного инженерного сооружения с учетом трех координат x, y, z в гильбертовом пространстве.

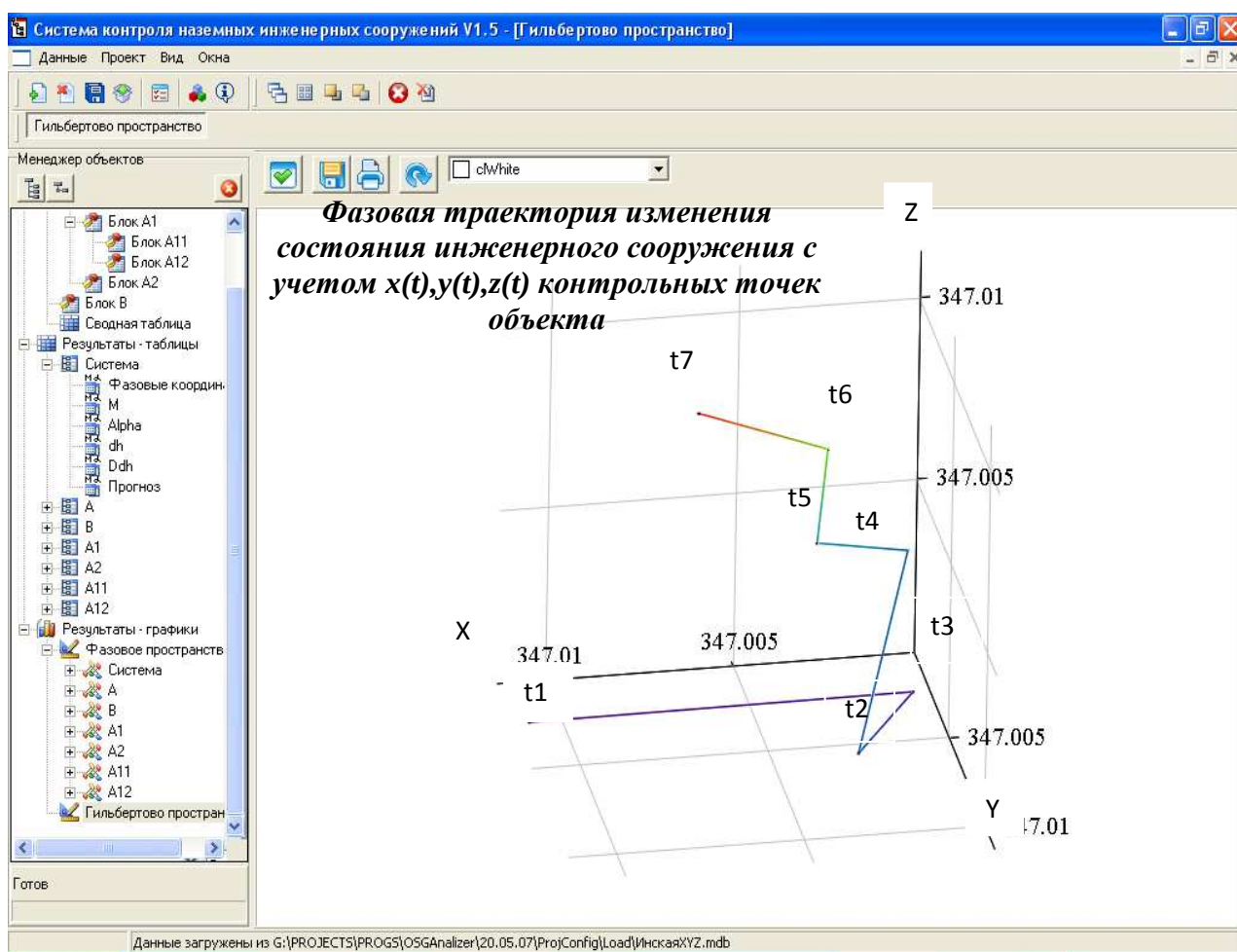


Рис. 2. Иллюстрация функционального элемента программы

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Официальный Интернет-сайт компании National Instruments – <http://www.ni.com>
2. Бугакова, Т.Ю. Оценка устойчивости состояний объектов по геодезическим данным методом фазового пространства: дис. канд. техн. наук / Бугакова Т.Ю. – Новосибирск.- 2005. – 163 с.
3. Кудрявцев, Л.Д. Курс математического анализа: учеб. пособие для студентов университетов и вузов. В 3 т. Т. 3. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк.- 1989. – 352 с.

© Т.Ю. Бугакова, П.Ю. Бугаков, 2009

УДК 528.202:551.24:521.282

В.Ф. Канушин, И.Г. Ганагина, Д.Н. Голдобин
СГГА, Новосибирск

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВЯЗИ ГРАВИТАЦИОННОГО ПОЛЯ И ФИЗИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ С НАПРЯЖЕННЫМ СОСТОЯНИЕМ ЗЕМНЫХ НЕДР

V.F. Kanushin, I.G. Ganagina, D.N. Goldobin
SSGA, Novosibirsk

DETERMINATION OF CORRELATION BETWEEN THE EARTH'S GRAVITY FIELD AND SURFACE AND ITS INTERIOR STRESS

The paper presents the research on establishing a link between the Earth's gravity field and the source of stress in its interior. It may be used for assessment of various geodynamic effects and prediction of natural ecological phenomena in some regions, which may result from large terrestrial masses displacements as well as from physical and chemical processes in the Earth interior and on its surface.

Многочисленными наблюдениями и экспериментами установлено, что абсолютно однородных, монолитных, сплошных, недеформируемых структур в земной коре, как впрочем, очевидно и во всей Земле, не существует. Любая тектоническая структура представляет собой мозаику из блоков, разделенных менее прочными ослабленными зонами, трещинами и разломами. Все это можно объединить понятием дефектов земной коры [1]. Блоки земной коры и разделяющие их зоны организованы иерархично. Они имеют размеры от сантиметров до сотен и тысяч километров [2]. Все дефекты, на любых уровнях, увеличивают плотность энергии в своих окрестностях, достаточно легко мигрируют при внешних воздействиях, объединяются, еще более концентрируя избыток энергии вокруг себя.

Исследования последних лет показали, что с тектоническими нарушениями связан целый ряд серьезных экологических факторов, возникающих как под действием антропогенной нагрузки, так и имеющих чисто природное происхождение.

Наименее изученными являются «энергетические» свойства тектонических нарушений, являющихся областями разрядки напряжений на больших глубинах в земной коре.

Индикаторами разломов в геофизических полях являются, как известно, изменения (иногда значительные) электромагнитного поля и поля силы тяжести. Обычно тектонические подвижки платформенных территорий характеризуются пульсирующим режимом с изменениями направления и амплитуды

перемещения, сопровождающимися вариациями электромагнитного поля вдоль дислокации.

Иначе обстоит дело с узлами пересечения тектонических дислокаций, которые являются только внешними признаками тех тектонических структур, индикаторами которых они являются. Узлы представляют собой сложные построенные как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскостях объемные тела, простирающиеся на значительные глубины. С увеличением числа пересекающихся тектонических зон (как выраженных в верхних частях земной коры, так и скрытых систем нарушений) степень раздробленности, проницаемости и глубинности тектонического узла возрастает. В этом случае возникает вертикальная высокопроницаемая область, которая обеспечивает коро-мантийное взаимодействие и постоянный приток флюидов и глубинных газов, т.е. возникает постоянный глубинный стволочный канал повышенного тепломассообмена за счет взаимодействия диномопар глубинных дислокаций, который нередко сопровождается повышенной сейсмичностью.

Напряженное состояние земной коры в общем случае определяется отсутствием в земной коре двух независимых силовых полей. Одно из них гравитационное в соответствии с законом всемирного тяготения Ньютона, другое - тектоническое поле – обусловленное неравномерным распределением в пространстве скоростей тектонических движений и скоростей деформаций земной коры, т.е. наличием градиента тектонических движений, характеризующий скорость деформаций.

Геомеханики и тектонофизики, изучающие характер напряженно-деформируемого состояния земной коры под воздействием тектонических и техногенных нагрузок, пришли к выводу, что сложная блоковая делимость верхней части литосферы – результат распределения диссипированной механической энергии, т.е. с энергетических позиций все эти геодинамические зоны являются проводниками энергии из земных недр и поступления ее из космоса.

Тектонические изменения Земли отражаются в ее сейсмичности. Характер распределения сейсмичности представляет собой суперпозицию проявлений через землетрясения вызванных одновременным действием различных по природе факторов.

Связь между сейсмической активностью и гравитацией можно определить на основе приливных вариаций силы тяжести [3].

Правда, при такой точке зрения непонятно, какой магнитуды землетрясения могут провоцироваться приливными напряжениями и почему они вообще бывают разных магнитуд. Хотя следует признать, что в определенной мере сейсмичность связана с движением и изменением взаимного расположения Земли, Луны и Солнца, т. е. с внешним силовым воздействием [4].

Приливные вариации силы тяжести могут обеспечить накопление сейсмической энергии в виде напряжений кручения и изгиба отдельных блоков, входящих в сейсмоактивную систему.

Действительно, за счет гравитационных “приливов” поверхность Земли деформируется ~ 40 см/сут, а соответствующая вертикальная составляющая вариации силы тяжести δg составляет ~ 100 мкГал или $\delta g/g \sim 10^{-6}$.

На рис. 1 приведены изменения восстановленного в результате гармонического синтеза (до $n=8$) поля силы тяжести, обусловленного сейсмической активностью Земли с января по сентябрь 2003 г.

На рис. 2 изображена картосхема восстановленного поля силы тяжести ГАО-95 с помощью гармонического анализа при степени $n=8$.

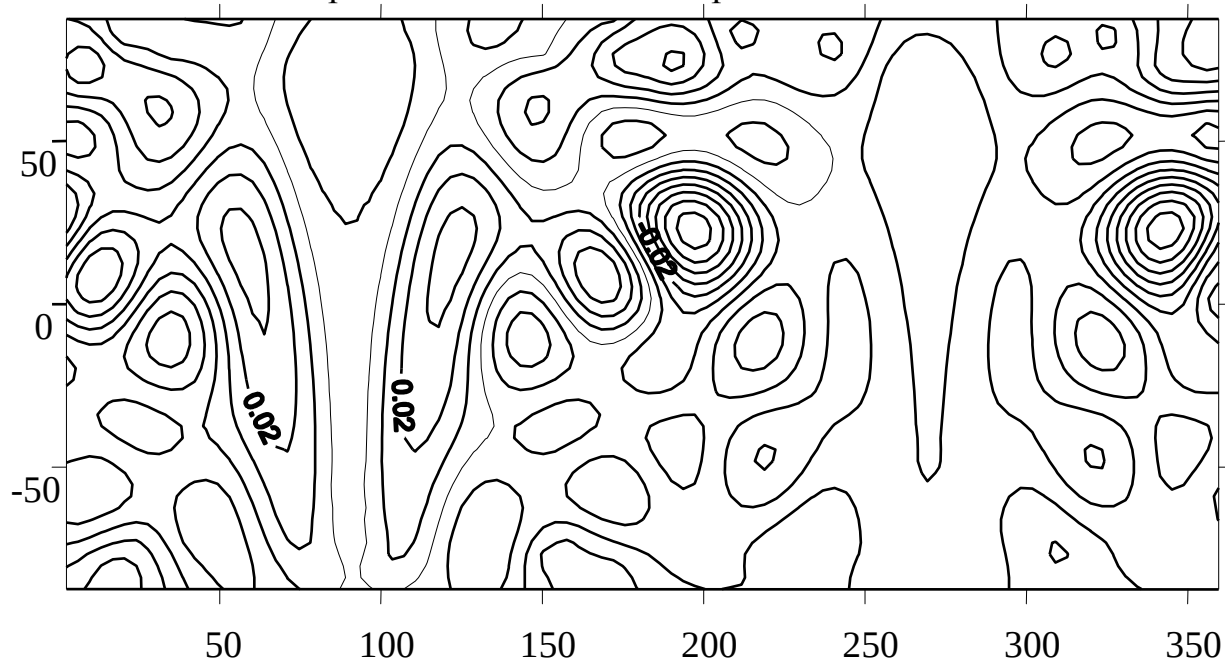


Рис. 1. Картосхема изменения восстановленного в результате гармонического синтеза (до $n=8$) поля силы тяжести обусловленного сейсмической активностью Земли с января по сентябрь 2003 г.

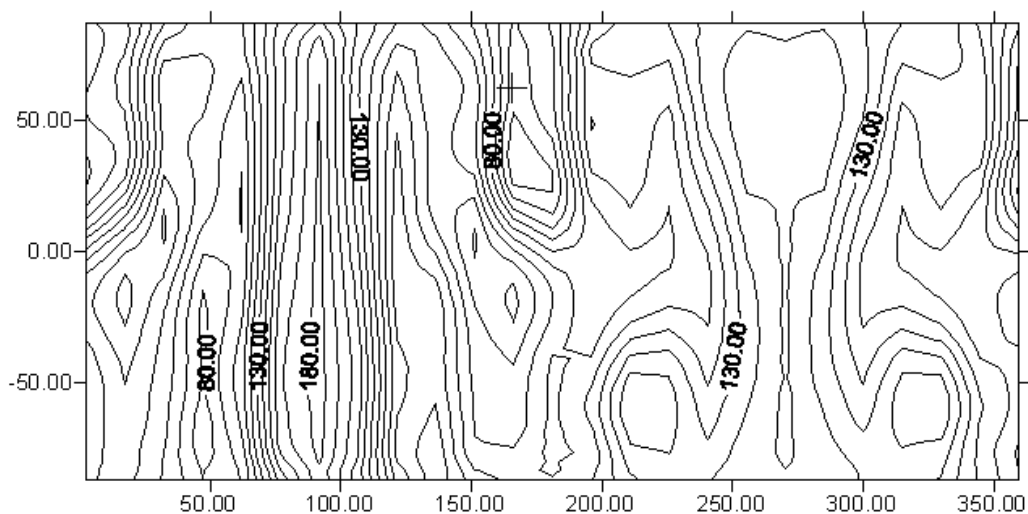


Рис. 2. Картосхема изменений восстановленного поля силы тяжести ГАО-95 при степени разложения $n=8$

Сравнивая рис. 1 и 2, можно заметить некоторую корреляцию между долготами $\lambda \approx 150^\circ$ и $\lambda \approx 200^\circ$, и $\lambda \approx 350^\circ$.

В ходе исследования установлено следующее - аномалии силы тяжести в целом совпадают с конвергентными границами литосферных плит, характеризующихся высокой сейсмичностью. Это позволяет сделать вывод, что связь между гравитационным полем, физической поверхностью Земли и напряженным состоянием земных недр существует.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Садовский, М.А. Деформирование геофизической среды и сейсмический процесс [Текст] / М.А. Садовский, Л.Г. Болховитинов, В.Ф. Писаренко. - М.: Наука, 1987. - 196 с.
2. Жарков, В.И. Внутреннее строение Земли и планет [Текст] / В.И. Жарков. - М.: Наука, 1978. - 92с.
3. Авсюк, Ю.Н. Исследование приливной вариации силы тяжести абсолютным гравиметром ГАБЛ-М [Текст] / Ю.Н. Авсюк//Физика Земли. - 1997. - №9 - С. 57-59.
4. Петрова, Л.П. Возможные природа и механизм образования сейсмогравитационных колебаний Земли [Текст] / Л.П. Петрова//Вопросы геофизики - 1997. - №34. - С. 14-32.

© В.Ф. Канушин, И.Г. Ганагина, Д.Н. Голдобин, 2009

УДК 622.2:528.061.4

Б.Т. Мазуров

СГГА, Новосибирск

НЕКОТОРЫЕ МОДЕЛИ АППРОКСИМАЦИИ ГРАВИТАЦИОННОГО ВЛИЯНИЯ УСЕЧЕННОГО КОНУСА

B.T. Mazurov

Siberian State Academy of Geodesy, Novosibirsk

SOME APPROXIMATE MODELS OF GRAVITY INFLUENCE OF TRUNCATED CONE

Truncated cone is the typical shape of relief in environment. Cone-shaped mining camps, dumps and volcanoes influence significantly on the local field of gravity. Analytical calculations of gravity potential showed as an explicit form or as well-known functions is baffling complexity. It is better to use an approximate models to solve direct and inverse problems of physical geodesy. The present paper shows 1-point and 5-point models of approximation field of gravity truncated cone. Here are given the results of processing experiment by the example of leveling line, which are made in immediate proximity to gravity truncated cone. The purpose of modeling experiment was sizing truncation errors of geodesic and gravity observations.

В техногенной сфере часто возникают ситуации ошутимого изменения локального поля силы тяжести в относительно короткие периоды времени (годы, месяцы). Как правило, это вызывается перемещениями больших масс пород (выемкой руды, формированием отвалов и др.) [1]. Эти искусственные формы рельефа близки к усеченному конусу. В естественной среде конусообразными являются вулканы, отдельные составляющие горных хребтов. Таким образом, как форма рельефа, усеченный конус является достаточно типичным телом, оказывающим значимое гравитационное влияние.

Выражение гравитационного или электростатического потенциала конкретных тел в элементарном виде или через хорошо известные функции имеет определенные трудности. Есть частные решения для фигур равновесия небесных тел [2], для прямоугольной призмы бесконечного простираения [3], для прямоугольного параллелепипеда и вертикального цилиндра для точки на его оси [4]. В работе [5] предлагаются формулы вычисления гравитационного потенциала однородного эллиптического конуса через однократные интегралы. В случае кругового конуса они сводятся к элементарным функциям, но имеют практическое приложение для пространства вблизи вершины конуса.

При решении прямых и обратных задач физической геодезии предпочтительнее использовать аппроксимационные модели. Самой удобной

для вычислителя моделью аппроксимации гравитационного влияния усеченного конуса рис. 1а является точка (сфера, шар, маскон) рис. 1б. Радиус шара R_M должен определяться при условии равенства объема исходного усеченного конуса и шара. Центр тяжести шара M должен совпадать с центром тяжести усеченного конуса. Шаровая модель была использована, например, при аппроксимации гравитационного влияния конуса вулкана в работах [6-9]. В работе [10] представлена пятиточечная модель рис. 1в, причем для вычисления координат центров тяжести пяти равнообъемных масс, аппроксимирующих гравитационное влияние усеченного конуса, аналитически выведены строгие математические формулы.

Насколько же актуальным является учет более сложной модели в реальных условиях нашей планеты? Какой сложности (подробности) должна быть модель, аппроксимирующая гравитационное влияние данного тела, чтобы высокоточные геодезические и гравиметрические измерения при их комплексной математической обработке соответствовали выбранной модели?

Здесь приведены результаты вычислительного эксперимента на примере нивелирного хода, проложенного в непосредственной близости от гравитирующего усеченного конуса. Целью эксперимента было определение величин методических ошибок в результатах геодезических и гравиметрических измерений, возникающих при использовании двух вариантов аппроксимации гравитационного влияния усеченного конуса - простой одноточечной (1т) и уточненной пятиточечной (5т) моделью.

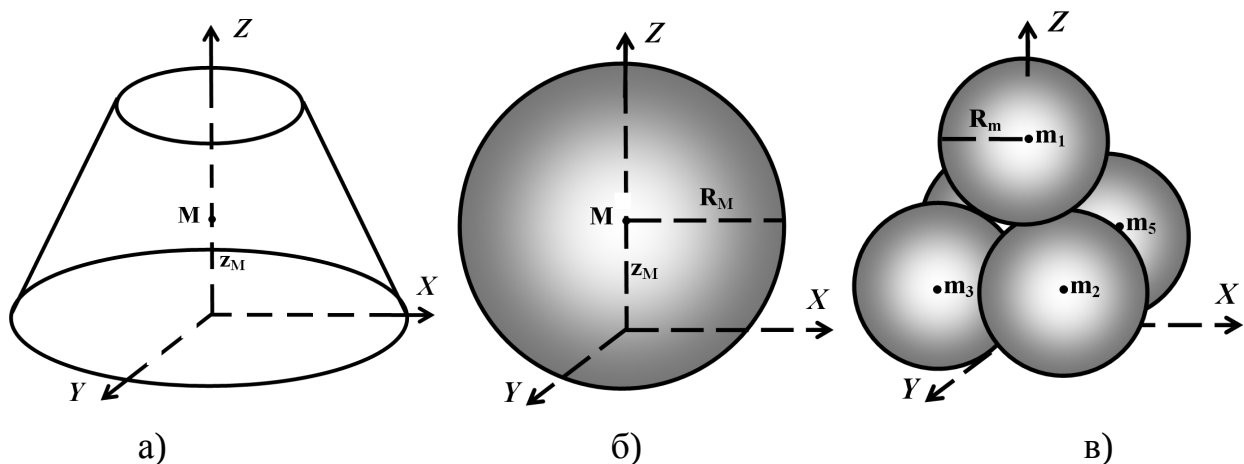


Рис. 1.: а) Усеченный конус б) аппроксимирующие модели – одноточечная 1т; в) пятиточечная 5т

Модель объекта. На плоской поверхности (локальный участок) со значением силы тяжести $g_0 = 980$ Гал появляется аномальная гравитирующая масса M в форме усеченного конуса с радиусом нижнего основания R , радиусом верхнего основания r и высотой h (рис. 2), с плотностью $\delta = 2,63 \text{ г/см}^3$.

Это появление аномальной массы вызывает изменение вектора силы тяжести g_0 в окружающем пространстве. В каждой точке это изменение различно: g_M^A , g_M^B , g_M^1 . Следствием появления аномальной массы M является

также отклонение отвесной линии (УОЛ) u_M^1 в месте стояния нивелира (т. 1), являющаяся, в свою очередь, причиной смещения пузырька уровня этого прибора. После приведения его в нульпункт визирная ось нивелира будет показывать отчет a_M по задней рейке и b_M по передней рейке. Превышение $h_M^{A,B} = a_M - b_M$ будет отличаться от превышения $h_0^{A,B} = a_0 - b_0$, измеренного до появления аномальной массы М на величину $\delta h_M^{A,B} = h_M^{A,B} - h_0^{A,B}$. Заметим, что нивелирные рейки, отвесность которых также определяется их круглым уровнем, будут иметь другой наклон, но возникающие при этом различия в отсчетах на высоте 1.3 м (высота инструмента) будем считать несущественными.

Рис. 2. Станция нивелирования вблизи гравитирующего усеченного конуса

Для усеченного конуса с геометрическими характеристиками $R=500$ м, $r=200$ м, $h=450$ м его объем $V=0,184$ км³, при гомогенности пород с плотностью $\delta=2,63$ г/см³ масса $M=4,83 \cdot 10^8$ т., был смоделирован нивелирный ход от основания усеченного конуса (т.А на рис. 2) длиной 1 км, состоящий из десяти станций через 100 метров друг от друга (рис. 3). Длина плеч 50 метров. На рис. 2 показана первая станция с расстоянием между т.А и т.В 100 м. Также в месте установки нивелира (например, первая станция т.1 на рис.2), было смоделировано определение абсолютных значений силы тяжести. Случайные ошибки не вводились. Вычислялись только методические погрешности, возникающие вследствие неполноты модели гравитирующего тела.

конуса 450 это составило шесть слоев с числом труб в слоях: 20, 18, 16, 14, 12 и 10). Каждый элемент заменялся гравитирующей точкой в центре тяжести данного элемента в соответствии с его объемом.

Приведем результаты сравнения в виде табл. 1.

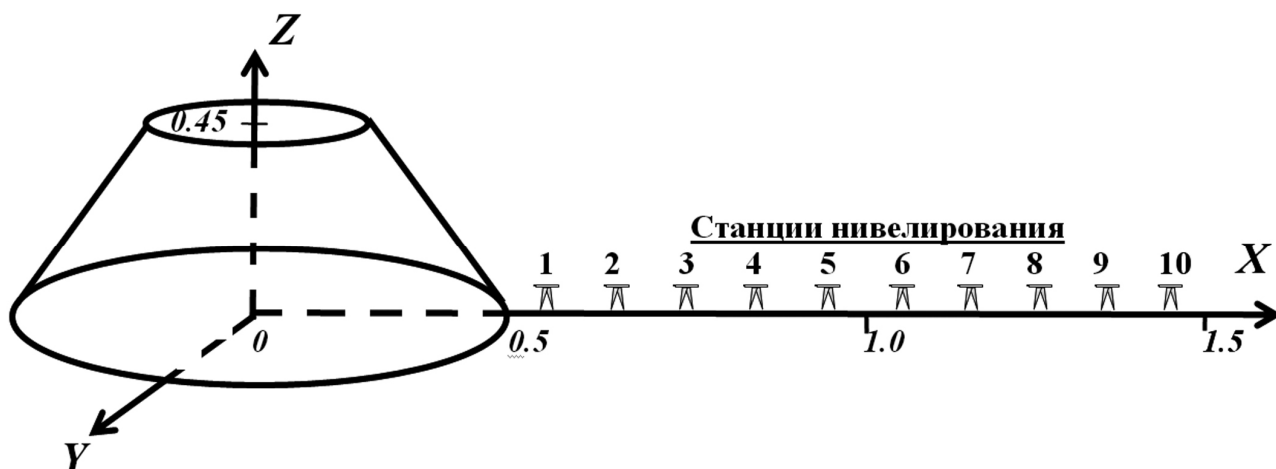


Рис. 3. Модельный нивелирный ход (координаты в км)

Таблица 1. Сравнение моделей 1т и 5т с моделью ЧМ

Номер станции	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Координата X (м)	550	650	750	850	950	1050	1150	1250	1350	1450
Для уклонов отвесных линий в "										
УОЛ (5400т)	-2,71	-1,81	-1,31	-1,00	-0,79	-0,64	-0,53	-0,45	-0,38	-0,33
УОЛ (1т)-(5400т)	0,82	0,39	0,21	0,13	0,08	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01
УОЛ (5т)-(5400т)	0,73	0,32	0,17	0,09	0,06	0,04	0,03	0,02	0,01	0,01
Для абсолютных значений силы тяжести в мкгал										
$g(1т)-g(5400т)$	-1438	-1275	-939	-688	-512	-390	-302	-239	-192	-156
$g(5т)-g(5400т)$	-1525	-1270	-905	-649	-476	-358	-276	-216	-173	-140
Для нивелирных превышений в мм										
$h(5400т)$	1,31	0,88	0,63	0,48	0,38	0,31	0,26	0,22	0,18	0,16
$h(1т)-h(5400т)$	-0,40	-0,19	-0,10	-0,06	-0,04	-0,03	-0,02	-0,01	-0,01	-0,01
$h(5т)-h(5400т)$	-0,36	-0,16	-0,08	-0,05	-0,03	-0,02	-0,01	-0,01	-0,01	-0,00

Из анализа результатов вычислительного эксперимента для вышеопределенных размеров гравитирующего усеченного конуса можно сделать следующие выводы:

1. Гравитационное влияние использования моделей 1т и 5т на результаты измерений горизонтальных углов не будет значимым;
2. При обработке гравиметрических измерений обе модели являются сильно упрощенными;
3. При высокоточном нивелировании при расстоянии от подошвы гравитирующего конуса 450 м для модели 1т и 350 м для модели 5т

методическая ошибка составляет 1/10 точности измерений на станции (0,5 мм). Этот факт необходимо учитывать при проектировании сетей, организации полевых работ и последующей интерпретации результатов натурных наблюдений;

4. Для каждого конкретного случая присутствия аномальных масс возникнут различные рекомендации по усложнению моделей их гравитационного влияния. Например, для редко встречающихся более крупных конусообразных гравитирующих тел различие между однотоочечной и пятиточечной моделями и реальным гравитирующим конусом будет проявляться в большей степени. Следовательно, необходима более детальная модель и/или факт соответствующей удаленности нивелирной и гравиметрической сети от гравитирующего конуса.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мазуров, Б.Т. Математическая обработка нивелирных и гравиметрических наблюдений в условиях извлечения и перемещения больших объемов руды и пород / Б.Т. Мазуров // Изв. вузов. Горный журнал. – 2006. - № 4. - С. 99 – 104.

2. Антонов, В.А. Введение в теорию ньютоновского потенциала / В.А. Антонов, Е.И. Тимошкова, К.В. Холщевников // М.: Наука, 1988.

3. Бровар, В.В. Теория фигуры Земли / В.В. Бровар, В.А. Магницкий, Б.Л. Шимбирев // М.: Геодезиздат, 1961.

4. Торге, В. Гравиметрия / В. Торге // Пер. с англ. – М., Мир, 1999. – 429 с.

5. Антонов, В.А. Аналитическое представление потенциала однородного эллиптического конуса / В.А. Антонов, Баранов А.С. // «Журнал технической физики», - 2001, т. 71, вып. 10, с. 8 – 12.

6. Мазуров, Б.Т. Модель вертикальных движений земной поверхности и изменений гравитационного поля в районе действующего вулкана [Текст] / Б.Т. Мазуров // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка, - 2007. - № 2. С. 97 – 106.

7. Мазуров, Б.Т. Модель системы наблюдений за вертикальными движениями земной поверхности и изменениями гравитационного поля в районе действующего вулкана / Б.Т. Мазуров // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2007. – № 3. С. 93 – 101.

8. Мазуров, Б.Т. Совместная математическая обработка разнородных комплексных геодезических и геофизических наблюдений за движениями земной поверхности и изменениями аномальных масс / Б.Т. Мазуров // Изв. вузов. Горный журнал. – 2007. – № 6. С. 30 – 38.

9. Мазуров, Б.Т. Идентификация напряженно-деформированного состояния вулканической области по результатам математической обработки разнородных геодезических и геофизических наблюдений / Б.Т. Мазуров // Изв. вузов. Горный журнал. – 2007. – № 7. С. 58 – 62.

10. Мазуров, Б.Т. Пятиточечная модель гравитирующего усеченного конуса / Б.Т. Мазуров // Изв. вузов. Горный журнал. – 2008. – № 5. С. 58 – 62.

© Б.Т. Мазуров, 2009

ПСЕВДОРЕШЕНИЕ И МЕТОД НАИМЕНЬШИХ КВАДРАТОВ

A.G. Berliani

SSGA, Novosibirsk

PSEUDOSOLUTION AND THE METHOD OF LEAST SQUARES

The paper offers the method of solving consistent, inconsistent and improperly stipulated systems of equations on the basis of generalized inverse matrices. The method is very important for any geodetic networks adjustment. It is proved that of all the generalized inverse matrices it is the pseudoreverse matrix that gives minimal admissible discrepancy of the equations system.

Хорошо известно, что при уравнивании геодезических сетей параметрическим способом возникает система уравнений:

$$A\Delta + L = V. \quad (1)$$

Вследствие того, что число неизвестных $(n+k)$ больше числа уравнений n , данная система имеет множество решений. Поэтому для решения этой системы применяют метод наименьших квадратов.

Классический метод наименьших квадратов состоит в том, что в качестве оценки $\tilde{\Delta}$ вектора Δ выбирают вектор, доставляющий минимальную евклидовую норму вектора V , то есть:

$$\Phi = V^T V = \|V\|^2 = \min. \quad (2)$$

Условие метода наименьших квадратов (2) приводит к системе нормальных уравнений:

$$A^T A \tilde{\Delta} = A^T L. \quad (3)$$

Система нормальных уравнений (3) гарантирует нам единственный минимум, если матрица $A^T A$ положительно определена. В противном случае система нормальных уравнений допускает по крайней мере одно решение (и, следовательно, бесконечно много), причем каждое решение дает одно и то же минимальное значение евклидовой нормы (2).

Итак, возможны два случая:

- $A^T A$ обратима и хорошо обусловлена;
- $A^T A$ плохо обусловлена и необратима (вырождена);

Во втором случае мы должны ввести понятия обобщенного обращения матрицы.

Определение 1. Пусть A - (n, k) - матрица ранга r . Матрица A^- размера (k, n) называют обобщенной обратной к матрице A , если $AA^-A = A$.

Обобщенная обратная матрица существует для каждой матрицы. Причем бесчисленное множество. Из этого множества выделяется псевдообратная матрица, она единственная и удовлетворяет матричным условиям:

$$AGA = A, \quad (4)$$

$$GAG = G, \quad (5)$$

$$(AG)^T = AG, \quad (6)$$

$$(GA)^T = GA. \quad (7)$$

В выражениях (4)-(7) G - псевдообратная матрица к исходной матрице A и обозначается через A^+ .

Несложно доказать, что для некоторых специальных классов матриц A псевдообратная может быть вычислена согласно следующим правилам:

- Если A - квадратная и невырожденная, то $A^+ = A^{-1}$;
- Если $A=0$, то и $A^+=0$; Эти две нулевые матрицы взаимно транспонированы;

- Если столбцы матрицы A линейно независимы, то

$$A^+ = (A^T A)^{-1} A^T; \quad (8)$$

- Если строки матрицы A линейно независимы, то

$$\dot{R}^+ = \dot{R}^{\check{N}} (\dot{R} \dot{R}^{\check{N}})^{-1}. \quad (9)$$

Выражение (8) справедливо для параметрического способа уравнения, когда матрица $A^T A$ является не вырожденной, а выражение (9) соответствует коррелятному способу уравнивания при AA^T - не вырожденной.

Без доказательства приведем рекурсивный метод построения псевдообратной матрицы для параметрического способа уравнивания [1].

Пусть A_1 получается из матрицы A дописыванием справа столбца α :

$$\dot{R}_1 = (\dot{R}\alpha) = \begin{pmatrix} \dot{r}_{11} \dot{r}_{12} \dots \dot{r}_{1m} \alpha_1 \\ a_{21} a_{22} \dots a_{2m} \alpha_2 \\ \dots \dots \dots \\ a_{n1} a_{n2} \dots a_{nm} \alpha_n \end{pmatrix}.$$

Допустим сначала, что $AA^+\alpha \neq \alpha$, и рассмотрим столбец

$$\beta = \frac{(E - AA^+)\alpha}{(\alpha - AA^+\alpha)^T (\alpha - AA^+)}, \quad (10)$$

где E - единичная матрица.

Предложение 1. Если $AA^+\alpha \neq \alpha$, то матрица A_1^+ получается из матрицы $(A^+ - A^+\alpha\beta^T)$ дописываем снизу строки β^T , то есть имеет вид:

$$A_1^+ = \begin{pmatrix} A^+ - A^+\alpha\beta^T \\ \beta^T \end{pmatrix}. \quad (11)$$

Рассмотрим теперь случай, когда $AA^+\alpha = \alpha$. Положим, что:

$$\gamma = \frac{A^{+T} A^+ \alpha}{1 + \alpha^T A^{+T} A^+ \alpha}, \quad (12)$$

тогда справедливо предложение.

Предложение 2. Если $AA^+\alpha = \alpha$, то матрица A_1^+ получается из матрицы $(A^+ - A^+ \alpha \gamma^T)$ дописыванием снизу строки γ^T , то есть равна:

$$A_1^+ = \begin{pmatrix} A^+ - A^+ \alpha \gamma^T \\ \gamma^T \end{pmatrix}. \quad (13)$$

Таким образом, предложения 1 и 2 можно использовать для построения псевдообратной для данной матрицы A . Для этого рассматривают m матриц $A_1, \dots, A_m$, где матрица A_t ($t=1, 2, \dots, m$) состоит из t первых столбцов матрицы A . Так как A_1 состоит из одного столбца, A_1^+ находится по формуле:

$$A_1^+ = a_1^+ = \frac{A_1^+}{A_1^+ A_1} = \frac{a_1^+}{a_1^+ a_1}. \quad (14)$$

Затем по формуле (11) или (13) последовательно вычисляются A_2^+, A_3^+ , пока не будет получена $A_m^+ = A^+$.

После вычисления псевдообратной матрицы вектор неизвестных параметров определим по выражению:

$$\Delta = A^+ L. \quad (15)$$

Для оценки точности уравненных параметров рекомендуется формула:

$$S_i = \mu \sqrt{\|A_i^+\|^2}, \quad (16)$$

где $\|A_i^+\|^2$ - евклидова норма i -ой строки псевдообратной матрицы A^+ ; μ - средняя ошибка единицы веса:

$$\mu = \sqrt{\frac{V^T V}{n - m}}. \quad (17)$$

Если уравниваются неравноточные измерения с весовой диагональной матрицей P , то от матрицы A переходят к матрице:

$$B = P^{0,5} A. \quad (18)$$

Используя формулы (10) и (11), получаем псевдообратную матрицу B^+ .

При этом вектор неизвестных параметров будут вычисляться по формуле:

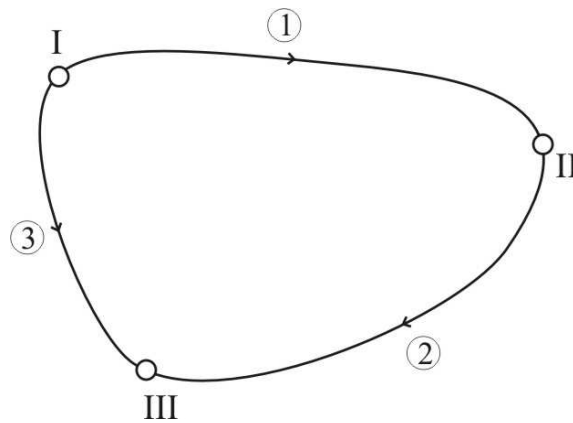
$$x = B^+ P^{0,5} L. \quad (19)$$

Для оценки точности будет использоваться формула:

$$S_i = \mu \sqrt{\|B_i^+\|^2}. \quad (20)$$

Таким образом, задача решена.

В качестве иллюстрации предложенного метода рассмотрим свободную нивелирную сеть.



Для нее матрица коэффициентов параметрических уравнений имеет вид:

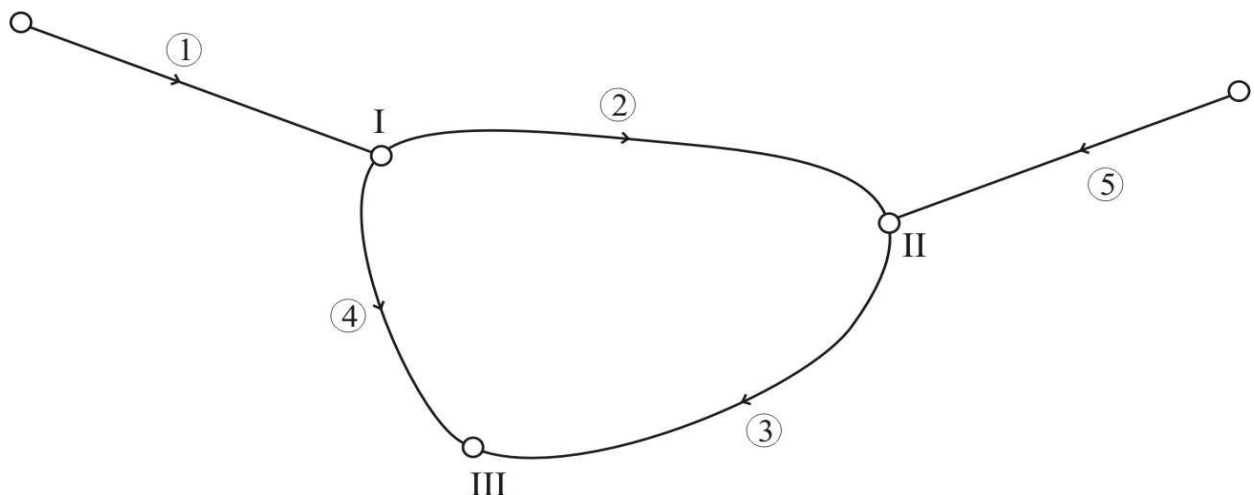
$$A = \begin{pmatrix} -1 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & 1 \end{pmatrix}.$$

Получим псевдообратную для этой матрицы. Для этого на первом этапе обратимся к формуле (14), получим A_1^+ . После двухкратного обращения к формулам (10), (11), мы получим окончательную псевдообратную матрицу вида:

$$A^+ = \frac{1}{3} \begin{pmatrix} -1 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 1 \end{pmatrix}. \quad (21)$$

Нетрудно проверить, что матрица (21) удовлетворяет всем свойствам псевдообратной матрицы.

В качестве примера возьмем несвободную нивелирную сеть с тремя определяемыми реперами.



Для этой сети матрица коэффициентов параметрических уравнений поправок, весовая матрица измеренных превышений и вектор свободных членов имеют соответственно следующий вид:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}; P = \begin{pmatrix} 0,25 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,36 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,49 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,64 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,81 \end{pmatrix}; L = \begin{pmatrix} 0 \\ 4,9 \\ 0 \\ 4,3 \\ 0 \end{pmatrix}.$$

Для того чтобы получить псевдонормальное решение по формуле (18), необходимо найти матрицу B , которая равна:

$$B = P^{0,5} A = \begin{pmatrix} 0,5 & 0 & 0 \\ -0,6 & 0,6 & 0 \\ 0 & -0,7 & 0,7 \\ -0,8 & 0 & 0,8 \\ 0 & 0,9 & 0 \end{pmatrix}.$$

По формулам (14) и (11) построим псевдообратную матрицу, которая будет равна:

$$B^+ = \begin{pmatrix} 0,8241 & -0,5534 & 0,3656 & -0,3199 & 0,6533 \\ 0,3629 & 0,1708 & -0,1128 & 0,0987 & 0,9095 \\ 0,6241 & -0,2393 & 0,7776 & 0,5696 & 0,7644 \end{pmatrix}.$$

Вектор-столбец к неизвестным параметрам, вычисленный по формуле (18), будет равняться:

$$\Delta^{\check{N}} = (-2,73 \ 0,84 \ 1,26).$$

Необходимо заметить, что результаты, полученные на основании псевдорешения, точно совпадают с решением метода наименьших квадратов.

Следует отметить, что предложенный способ удобен, если с течением времени данные пополняются, и расчеты, ранее проведенные с матрицей A_t , нужно повторить с матрицей A_{t+1} , полученной из A_t добавлением столбца. Если добавляются строки, то тот же метод применяется к транспонированной матрице.

Следует отметить, что здесь имеются затруднения, связанные с необходимостью одновременно с псевдообращением определять ранг матрицы. Они появляются в тот момент, когда мы должны выяснить, выполнено ли равенство $AA^+\alpha = \alpha$, и в зависимости этого выбрать нужную формулу. Однако при уравнивании геодезических сетей ранг матрицы известен и равен m , поэтому алгоритм получения псевдообратной матрицы упрощается. В этом случае применяются формулы (10) и (11).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Барлиани, А.Г. Метод Гревилля при уравнивании геодезических сетей// Сб. науч. ст. по материалам научно-техн. конф. ГЕО-СИБИРЬ-2008. - Новосибирск: СГГА, 2008.

© А.Г. Барлиани, 2009

УДК 528.004
В.А. Бударова
ТюмГАСУ, Тюмень

ОПЫТ СОЗДАНИЯ КАРТ 3D СЕЙСМОРАЗВЕДКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

V.A. Budarova
Tyumen State Architectural and Civil Engineering University
Tyumen

EXPERIENCE OF 3D EXPLORATION-SEISMOLOGY MAPS MAKING USING GIS-TECHNOLOGIES

The problem of GIS-technologies application for making 3D exploration-seismology maps of oil and gas deposits territories.

В настоящее время важным является рациональное использование природных ресурсов, экологически-ориентированное. Одним из примеров где требуется использование научно-обоснованных технологий ведения работ является разработка и добыча полезных ископаемых, в том числе нефти и газа.

На первоначальной стадии разработки месторождений нефти важным является применение пространственной сейсморазведки 3d [1], которая «показала себя мощным средством в оценке месторождений, в оптимальном планировании добычи и в сокращении числа скважин». В научной литературе детально описывается методика топографо-геодезического обеспечения пространственной 3d сейсморазведки [2]. В силу бурного развития компьютерной техники и комплекса специализированных прикладных программ появилась возможность существенно повысить производительность труда и сократить финансовые затраты путем применения современных геоинформационных технологий.

Поэтому актуальной задачей обработки данных (и не только геофизических) является обеспечение сквозной автоматизированной технологии вычислительного процесса на единой геоинформационной основе, обеспечивающей совмещение форматов промежуточных и конечных результатов.

Вместе с тем процесс обработки осложняется тем, что отдельные организации и фирмы используют различные программные комплексы, ГИС. При этом приходится учитывать особенности в форматах входных и выходных данных.

Исходя из вышеизложенного рассмотрим опыт обработки и методических приемов на базе единого программного продукта и технологической схемы их

последовательной реализации при обработке результатов геодезического обеспечения объемной 3d сейсморазведки в ОАО «Хантымансийскгеофизика».

Автором проведен глубокий анализ программных средств, используемых для автоматизации процесса обработки результатов геодезического обеспечения объемной 3d сейсморазведки и создания карт сейсморазведки. Основными программными продуктами реализующими подобную технологию создания компьютерных карт являются: Credo, MapInfo, ArcGis, Панорама. Из них большее предпочтение отдавалось геоинформационной системе MapInfo.

Это было обусловлено благодаря следующим преимуществам:

- Удобным инструментарием создания тематических карт;
- Простым интуитивно-понятным программным интерфейсом;
- Широкими возможностями создания отчетов и публикации карт;
- Возможностью импорта-экспорта данных в различные пользовательские форматы.

Технологическая схема создания карт 3d сейсморазведки в MapInfo представлена на рис. 1:

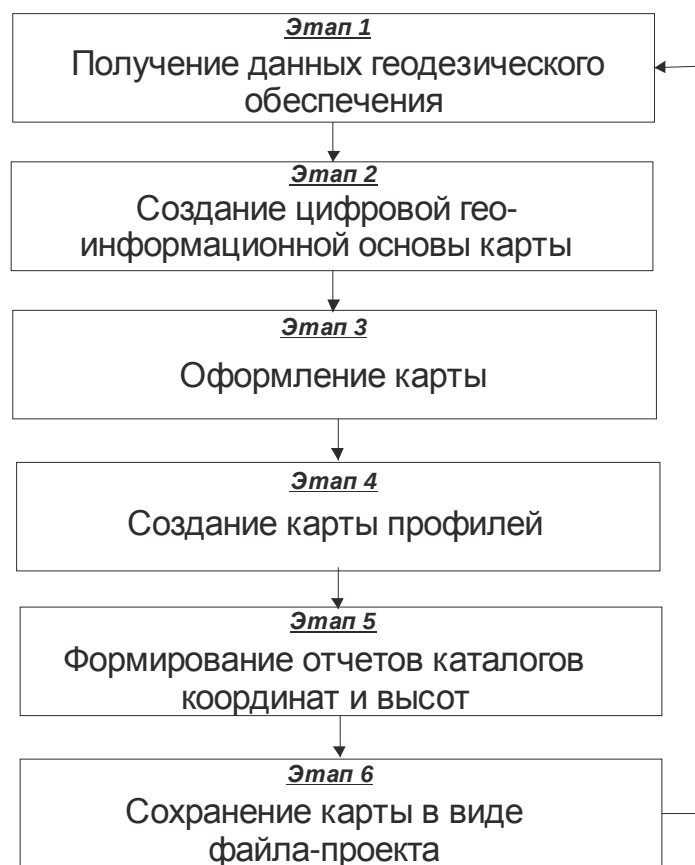


Рис. 1. Технологическая схема поэтапного создания карт 3d сейсморазведки

Первый этап, предусматривающий получение данных геодезического обеспечения, заключается в импорте в систему ГИС данных геодезических работ, а именно:

- Проложение профилей с разбивкой пикетажа для размещения пунктов возбуждения и пунктов приема сейсмических колебаний;
- Высоты пунктов возбуждения и пунктов приема сейсмических колебаний;
- Координат пунктов приема и пунктов возбуждения в государственной системе координат.

На втором этапе создается цифровая геоинформационная основа. При этом выполняются работы по наполнению графической и атрибутивной информацией следующих групп слоев: точки, определяющие геометрию профиля; линии отработанных профилей; пункты ГГС; пункты GPS, закрепленные пункты пересечения линий возбуждения и линий приема; пункты кратные 200 м; скважины глубокого бурения; инженерные коммуникации; населенные пункты; гидрография; водоохранные зоны; зарамочное оформление карты.

Основными требованиями к расположению слоев является: отображение групп слоев, содержащих площадные объекты в порядке уменьшения средней площади объектов слоя; затем отображение линейных объектов; далее отображаются точечные объекты; самыми верхними по иерархии должны отображаться объекты, содержащие пояснительные надписи.

При оформлении карты, этап 3, осуществляется формирование элементов карты в соответствие с разработанными условными обозначениями. Следует подчеркнуть, что целевое принятие условных знаков и стилей линий являются неотъемлемой частью разработанной технологии и служат для наглядной и наиболее информативной характеристики территории возможного освоения нефтегазового месторождения.

На этапе создания карт профилей, этап 4, применяются существующие технологии профильного представления данных сейсмической разведки. Автором выполнена интеграция профилей карт с общей обзорной картой территории возможного освоения месторождения. При этом разработано техническое решение перехода от одного профиля к другому с помощью интегрированного в среду ГИС языка запросов (рис. 2).

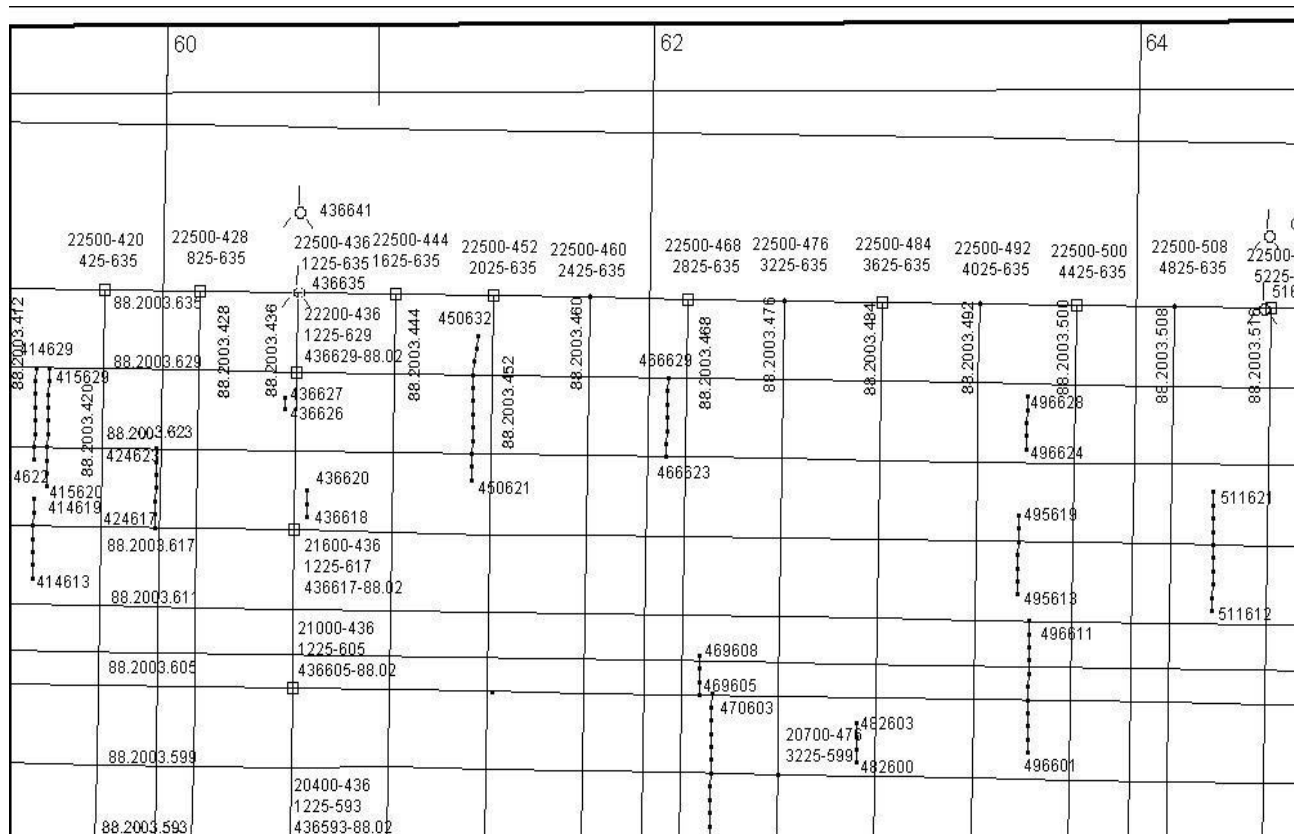


Рис. 2. Фрагмент карты профиля

На пятом этапе работ осуществляется формирование отчетных форм, содержащих каталоги координат и высот пунктов сейсморазведки. В программе реализуется механизм экспорта данных в другие пользовательские форматы.

На шестом, заключительном этапе, происходит сохранение всех данных в виде файла проекта.

В технологической схеме предусмотрена цикличность обратной связи. Благодаря этому измерения могут проводиться в разные временные эпохи, данные могут накапливаться в базе данных и характеризовать динамику изменения территории месторождения в целом.

Разработанная и апробированная технологическая схема создания карт объемной 3d сейсморазведки позволяет:

- Избежать совмещения разных входных и выходных форматов данных, особенно при экспорте результатов в распоряжение геофизической службы для расчета и построения выходных документов, обработки и интерпретации геофизических измерений;

- Значительно повысить возможность проведения оперативных исправлений и дополнений при последующих топографо-геодезических работах, проектировании, компьютерном анализе, геоинформационной обработке и хранении данных;

- Обеспечить экономический эффект процесса обработки данных и формирования отчетных данных.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Методические рекомендации по применению пространственной сейсморазведки 3d. – М.: Наука, 2000.
2. Навигационно-геодезическое обеспечение геолого-геофизических исследований. – Геофизика №4.- 2000 г. – М.: Наука, 2000. - С. 44-51.

© В.А. Бударова, 2009

УДК 528.24

А.С. Суздалев

СГГА. Новосибирск

ИЗУЧЕНИЕ В ВОЛНОВОЙ ОБЛАСТИ ЭВОЛЮЦИИ ГРАВИТАЦИОННОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ

A.S. Suzdalev

SSGA, Novosibirsk

RESEARCH OF EARTH GRAVITY FIELD EVOLUTION IN WAVE FIELD

The author considers the problems of the Earth gravity field evolution on the Earth's surface area. Spectrozonal models are offered to be used as a basic planetary Earth model supplemented with some higher planetary spherical harmonics received from the local spherical harmonic analysis.

При изучении гравитационного поля Земли традиционно используется представление ее гравитационного поля как явной функции сферических координат, в виде конечной суммы сферических гармоник. Это позволяет получать с помощью математических моделей параметры гравитационного поля Земли (ГПЗ) в любой точке ее внешнего пространства на фиксированный момент времени. Гармонические коэффициенты, получаемые на различные эпохи из планетарного сферического гармонического анализа ГПЗ, описывают основные волны исследуемого переменного поля и позволяют решать различные прикладные задачи физической и спутниковой геодезии. Отнесенные к фиксированным моментам времени наборы гармонических коэффициентов моделей определяют характеристики стационарного ГПЗ в любой точке исследуемой области. Наличие вариаций гармонических коэффициентов моделей ГПЗ свидетельствует о его временных изменениях. Следовательно, если известны временные вариации гармонических коэффициентов ГПЗ, то известна и эволюция самого поля в рамках рассматриваемой математической модели поля.

Источником исходных данных для определения временных вариаций ГПЗ могут быть:

- Результаты повторных геодезических и гравиметрических измерений, подверженные интегральному воздействию факторов, возмущающих гравитационное поле, в котором выполнялись измерения;

- Параметры, полученные с помощью математических моделей вариаций гравитационного потенциала, обусловленных воздействием конкретного геодинамического фактора. Эти данные дискретны, неравномерно распределены по изучаемой области и искажены различными ошибками.

В зависимости от распределения и детализации исходной информации на земной поверхности математические модели ГПЗ подразделяются на планетарные, локальные и комбинированные. Планетарные модели, являясь пригодными для описания волновой структуры всей Земли, не эффективны для описания структуры поля на участке земной поверхности. Для этого требуется планетарная информация о той части спектра, которая представляет гравитационное поле на участке земной поверхности и, следовательно, высокие степени и порядки математических моделей для его описания. Использование метода локального гармонического анализа ГПЗ, позволяющего моделировать высокочастотную часть спектра гравитационного поля более низкими степенями и порядками позволяет избежать этих проблем. Комбинированные методы более универсальны и экономичны, по сравнению с первыми двумя методами. При описании структуры исследуемых полей на участке земной поверхности их длинные волны представляются планетарной моделью, а короткие – локальной. Существенным преимуществом комбинированного метода является использование им планетарной и локальной моделей, представленных сравнительно небольшим набором гармоник. Комбинированные модели являются спектрально-зональными моделями геофизических полей, представленных суммой сферических гармоник, отнесенных к некоторым наборам волновых диапазонов изучаемого поля. Спектрально-зональные математические модели, в данном случае, представляются базовой планетарной моделью ГПЗ, дополненной отдельными более высокими планетарными сферическими гармониками, полученными из локального сферического гармонического анализа. Для теоретических исследований и практических приложений в области математического моделирования стационарных и нестационарных геофизических полей в СГГА эффективно используется метод обобщенного сферического гармонического анализа [1]. Этот метод позволяет создавать модели стационарных геофизических полей как для участка, так и для всей сферы. Метод послужил основой для усовершенствования математического аппарата сферического гармонического анализа стационарных гравитационных полей Земли и математического моделирования нестационарных геофизических полей. Для моделирования эволюции геофизических полей используется вектор-функцию, модуль и направление которой в фиксированный момент времени определяется по результатам обобщенного сферического гармонического анализа изучаемого поля, отнесенного к этому же моменту времени. Гармонические коэффициенты, полученные в результате обобщенного сферического гармонического анализа геофизических полей, описывают их частотную структуру. Они могут быть использованы для математического моделирования статистических связей между различными геофизическими полями, при фильтрации и прогнозе этих полей.

Любое геофизическое поле F , в том числе и гравитационное, является непрерывной функцией координат и времени

$$F = F(\varphi, \lambda, t). \quad (1)$$

Вариации гравитационного поля вызывают изменения положения уровненных поверхностей и направления силовых линий. Вследствие невозможности непрерывных измерений вариаций гравитационного поля Земли, их определяют относительно фиксированной эпохи. Измерения, отнесенные к фиксированной эпохе, считают стационарными во времени, а само определяемое поле F - фиксированным на данную эпоху.

Функция F может быть представлена на поверхности единичной сферы ω в момент времени t равномерно сходящимся рядом Фурье по системе сферических функций [2], [3] вида

$$F(\varphi, \lambda, t) = \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{m=0}^n [A_{nm}(t)U_{nm}(\varphi, \lambda) + B_{nm}(t)V_{nm}(\varphi, \lambda)], \quad (2)$$

где $t = \text{const}$; φ, λ - сферические координаты; $A_{nm}(t), B_{nm}(t)$ - гармонические коэффициенты на эпоху t . Сферические функции $U_{nm}(\varphi, \lambda), V_{nm}(\varphi, \lambda)$ - степени n и порядка m определяются по формулам

$$\begin{Bmatrix} U_{nm} \\ V_{nm} \end{Bmatrix} = P_{nm}(\sin \varphi) \begin{Bmatrix} \cos m\lambda \\ \sin m\lambda \end{Bmatrix}, \quad (3)$$

где $P_{nm}(\sin \varphi)$ - присоединенные функции Лежандра.

Разложение (2) точно описывает внешнее гравитационное поле, зависящее от мельчайших нерегулярностей фигуры и внутреннего строения Земли. Сложное, неоднородное гравитационное поле представляется в виде суммы простых знакопеременных функций - гармоник разложения $A_{nm}(t)U_{nm}(\varphi, \lambda), B_{nm}(t)V_{nm}(\varphi, \lambda)$. Крупные детали фигуры Земли и крупные неоднородности поля учитываются низкими гармониками, а более мелкие детали - высокими гармониками разложения. В приложениях вместо ряда (2) используется, ограниченный степенью $n = N$, его конечный отрезок

$$S_N(\varphi, \lambda, t) = \sum_{n=0}^N \sum_{m=0}^n [A_{nm}(t)U_{nm}(\varphi, \lambda) + B_{nm}(t)V_{nm}(\varphi, \lambda)]. \quad (4)$$

Он обеспечивает наилучшую среднеквадратическую аппроксимацию функции $F(\varphi, \lambda, t)$ [4]

$$\sigma_N = \left\{ \frac{1}{4\pi} \iint_{\omega} [F(\varphi, \lambda, t) - S_N(\varphi, \lambda, t)]^2 d\omega \right\}^{1/2} = \|F(\varphi, \lambda, t) - S_N(\varphi, \lambda, t)\| = \min. \quad (5)$$

Предельное значение степени N определяется формулой [4]

$$N \leq \sqrt{1/2 - 4\pi/S_0} - 1, \quad (6)$$

где S_0 - площадь элементарной сферической трапеции.

Вследствие равномерной сходимости ряда (2)

$$\lim_{N \rightarrow \infty} \sigma_N \rightarrow 0. \quad (7)$$

Коэффициенты $A_{nm}(t), B_{nm}(t)$ разложения (4) определяются по формулам

$$\begin{Bmatrix} A_{nm}(t) \\ B_{nm}(t) \end{Bmatrix} = \frac{1}{4\pi} \iint_{\omega} F(\varphi, \lambda, t) \begin{Bmatrix} U_{nm}(\varphi, \lambda) \\ V_{nm}(\varphi, \lambda) \end{Bmatrix} d\omega. \quad (8)$$

Эти гармонические коэффициенты описывают в координатной области периодическую функцию $F(t)$. Но так как величина $A_{nm}^2(t) + B_{nm}^2(t)$ инвариантна к переносу системы координат, то для описания периодической функции $F(t)$ можно использовать фазовую форму представления ряда Фурье [5]

$$F(t) = \sum_{n=0}^N \sum_{m=0}^n A_{nm}(t) \cos(mt + \Phi_{nm}(t)). \quad (9)$$

Фазовые координаты, амплитуда $A_{nm}(t)$ и фаза $\Phi_{nm}(t)$, определяют отдельную гармонику поля $F(t)$ в волновой области. При этом амплитуда гармоники $A_{nm}(t)$ связана с соответствующей парой гармонических коэффициентов $A_{nm}(t)$ и $B_{nm}(t)$ выражением

$$A_{nm}(t) = \sqrt{A_{nm}^2(t) + B_{nm}^2(t)} \quad (10)$$

а ее фаза

$$\begin{aligned} \Phi_{nm}(t) &= \arccos(A_{nm}(t) / A_{nm}(t)), \\ \Phi_{nm}(t) &= -\arcsin(A_{nm}(t) / A_{nm}(t)). \end{aligned} \quad (11)$$

Так как функция $F(\varphi, \lambda, t)$ аналитически не определена, а задана наборами значений в дискретных точках $P_i(\varphi, \lambda, t_i)$, то в (8) применяются численные методы интегрирования. В результате получают M наборов значений фазовых координат $\{A_{nm}(t_i), \Phi_{nm}(t_i)\}$ поля $F(t_i)$, определенных через гармонические коэффициенты

$$\left. \begin{matrix} A_{nm} \\ B_{nm} \end{matrix} \right\} = \left\{ \begin{matrix} A_{nm}(t_i) \\ B_{nm}(t_i) \end{matrix} \right\}, \quad (12)$$

где $i = 1, \dots, M$.

Амплитуды отдельных гармоник $A_{nm}(t_i)$ используются в спектральном анализе стационарной гармонической функции F для оценки распределения их энергии по частотам. Эта оценка является спектром мощности D_F функции F и определяется через степенные дисперсии поля $F(\varphi, \lambda, t_i)$

$$D_F(n, t_i) = \sum_{m=0}^n A_{nm}^2(t_i). \quad (13)$$

Полная дисперсия на сфере оценивается по формуле

$$D(t_i) = \sum_{n=0}^{\infty} D_F(n, t_i) = \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{m=0}^n A_{nm}^2(t_i) = \frac{1}{4\pi} \iint_{\omega} F^2(\varphi, \lambda, t_i) d\omega. \quad (14)$$

Из (14) может быть получена оценка ошибки приближения ряда (2) частичной суммой (14)

$$\delta F_N^2(t_i) = \frac{1}{4\pi} \iint_{\omega} F^2(\varphi, \lambda, t_i) d\omega - D_N(t_i), \quad (15)$$

$$\text{где} \quad D_N(t_i) = \sum_{n=0}^N \sum_{m=0}^n A_{nm}^2(t_i)$$

Часто при оценке точности аппроксимации стационарной периодической функции $F(\varphi, \lambda, t_i)$ по формуле (16) используется спектр мощности $D_N(t_i)$, определяемый только амплитудной составляющей спектра поля (4). Однако при инвариантном представлении нестационарного гравитационного поля Земли для оценки точности его аппроксимации должны использоваться обе фазовых координаты, т.к. они содержат в себе информацию об изменении модуля и направления вектор-функции гравитационного потенциала (4). В этом случае погрешность приближения ряда (2) частичной суммой (4) может быть оценена по формуле (16)

$$\delta F_N^2(t_i) = \frac{1}{4\pi} \iint_{\omega} (F^2(\varphi, \lambda, t_i) d\omega - \sum_{n=0}^N \sum_{m=0}^n A_{nm}^2(t_i) \cos^2(mt_i + \Phi_{nm}(t_i))) \cdot (16)$$

Формула (16) позволяет в момент t_i оценить погрешность аппроксимации нестационарной функции $F(\varphi, \lambda, t)$. Она учитывает не только изменение модуля вектор - функции гравитационного потенциала, но и направления - его фазовой составляющей. Необходимость учета фазовой составляющей переменного гравитационного поля Земли основывается на результатах вычислительных экспериментов. Употребляемые ранее в геодезической практике формулы для оценки погрешности математической модели, представленной отрезком ряда по сферическим функциям, не учитывали фазовую составляющую спектра ГПЗ. Это объясняется отсутствием на этапе изучения стационарного ГПЗ исходных данных нужного количества и качества. Появление новых наземных и спутниковых геодезических методов, аппаратуры и технологий предоставило возможность, как непрерывного мониторинга параметров геофизических полей, так и повышения точности измерения их параметров. Повышение точности измерений требует адекватного повышения качества оценки точности математических моделей ГПЗ применяемых при решении практических задач.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вовк, И.Г. Моделирование эволюции планетарного гравитационного поля Земли / И.Г. Вовк, А.С. Суздаев // Тез. докл. Научно-техн. конф. СГГА. - Новосибирск, 1996. - С. 161-162.
2. Гобсон, Е.В. Теория сферических и эллипсоидальных функций. - М.: Изд.-во Иностран. лит., 1952. - 476 с.
3. Колмогоров, А.Н., Фомин С.В. Элементы теории функции и функционального анализа / А.Н.Колмогоров, С.В. Фомин. - М.: Наука, 1968. - 602с.
4. Хемминг, Р.В. Численные методы.- М.: Наука, 1972.- 400с.
5. Вовк И.Г., Гармонический анализ переменного локального гравитационного поля Земли / И.Г. Вовк, А.С. Суздаев //Вестник СГГА.-1996.- Вып.1.- С. 6-7.

КОВАРИАЦИОННАЯ МАТРИЦА РАЗНОСТЕЙ НИВЕЛИРОВАНИЯ I КЛАССА

V.A. Padve, D.V. Krasnov

Siberian State Academy of Geodesy (SSGA)

10 Plakhotnogo Ul., Novosibirsk, 630108, Russian Federation

VARIATION-COVARIATION MATRIX OF FIRST-ORDER LEVELING DIFFERENCES

The study provides analysis of first-order leveling materials using a variation-covariation difference matrix KD and the derived correlation matrix RD. It is proposed to compare the above correlation matrix RD with its estimate calculated on the basis of the first-order leveling observation materials.

Анализ качества высокоточного нивелирования производится различными способами, предусматривающими как обработку данных на уровне анализа отдельных нивелировок по их разностям, так и по материалам совместного уравнивания нивелирных ходов, которые образуют геодезические построения государственного или научно-производственного назначения.

В настоящей работе рассматривается вопрос определения ковариационной матрицы разностей нивелирования I класса $d_1, d_2, \dots, d_6$, вычисляемых в соответствие с [1]. Для упрощения последующих преобразований и записей введём такие обозначения:

$$x_1 = h_{\text{прям прав}}; x_2 = h_{\text{прям лев}}; \quad x_3 = h_{\text{обр прав}}; \quad x_4 = h_{\text{обр лев}}; \quad (1)$$

$$d_1 = x_1 - x_2; \quad d_2 = x_3 - x_4; \quad d_3 = x_1 - x_3; \quad d_4 = x_2 - x_4; \quad (2)$$

$$d_5 = (x_1 - x_2)/2 + (x_3 - x_4)/2 = (d_1 + d_2)/2; \quad d_6 = (x_1 - x_3)/2 + (x_2 - x_4)/2 = (d_3 + d_4)/2. \quad (3)$$

Вектор разностей D_{61} и вектор результатов прямых и обратных нивелировок X_{41} линейно зависимы. Матрица линейных преобразований C_{64} нивелировок X_{41} в разности D_{61} определяется соотношениями (2) и (3):

$$C_{64} = \begin{pmatrix} 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 \\ 1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -1 \\ 1/2 & -1/2 & 1/2 & -1/2 \\ 1/2 & 1/2 & -1/2 & -1/2 \end{pmatrix}. \quad (4)$$

Преобразование результатов нивелировок в разности

$$D_{61} = C_{64} * X_{41} \quad (5)$$

позволяет построить ковариационную матрицу вектора разностей, исходя из независимости и равноточности самих нивелировок. Независимость и равноточность нивелировок предполагается естественно всеми «Инструкциями» и формулами, оценивающими точность нивелировок по разностям d_5 и d_6 . Она может быть отображена с помощью своей ковариационной матрицы

$$K_X = m^2 * I_{44}, \quad (6)$$

где m^2 – квадрат средней квадратической ошибки (СКО) нивелирования, а I_{44} – единичная матрица.

Теорема о распространении ошибок даёт, с учётом соотношения (5), выражение для ковариационной матрицы разностей:

$$K_D = C K_X C^T. \quad (7)$$

Подставляя сюда значения матриц C (4) и K_X (6), получаем такой результат:

$$K_D = m^2 * \begin{pmatrix} 2 & 0 & 1 & -1 & 1 & 0 \\ 0 & 2 & -1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & -1 & 2 & 0 & 0 & 1 \\ -1 & 1 & 0 & 2 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \end{pmatrix}. \quad (8)$$

Матрица (8) свидетельствует о равноточности разностей $d_1, \dots, d_4$. При этом « m_d » грубее « m » в $\sqrt{2}$ раз. Разности d_5 и d_6 так же равноточны и характеризуются СКО, равной « m », т.е. они точнее первых четырёх разностей в $\sqrt{2}$ раз. Из 15-ти корреляционных моментов матрицы (8) семь равны нулю, что свидетельствует о линейной независимости соответствующих разностей. Попарно независимыми будут разности d_1 и d_2 , d_1 и d_6 , d_2 и d_6 , d_3 и d_4 , d_3 и d_5 , d_4 и d_5 , d_5 и d_6 .

Ковариационной матрице (8) соответствует корреляционная матрица R_D , такая что

$$R_{ij} = K_{ij} / (m_{di} * m_{dj}). \quad (9)$$

В числовом виде корреляционная матрица разностей теоретически должна иметь вид:

$$R_D = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0.5 & -0.5 & 0.71 & 0 \\ 0 & 1 & -0.5 & 0.5 & 0.71 & 0 \\ 0.5 & -0.5 & 1 & 0 & 0 & 0.71 \\ -0.5 & 0.5 & 0 & 1 & 0 & 0.71 \\ 0.71 & 0.71 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0.71 & 0.71 & 0 & 1 \end{pmatrix}. \quad (10)$$

Нами предлагается получать по производственным материалам (прямым и обратным, правым и левым нивелировкам) ряды разностей $d_1, d_2, \dots, d_6$. По этим рядам можно оценивать парные коэффициенты корреляции разностей и сопоставлять их со значениями, являющимися элементами матрицы (10).

Проведённый эксперимент по материалам нивелирования I класса по линии «Чулымская - Обь», предоставленным нам ПО «Инжгеодезия», дал такие результаты для оценок элементов корреляционной матрицы разностей:

$$R_{\text{чул\_Обь}} = \begin{pmatrix} 1 & 0.13 & 0.30 & -0.26 & 0.71 & 0.00 \\ 0.13 & 1 & -0.17 & 0.49 & 0.79 & 0.20 \\ 0.30 & -0.17 & 1 & 0.56 & 0.06 & 0.87 \\ -0.26 & 0.49 & 0.56 & 1 & 0.19 & 0.90 \\ 0.71 & 0.79 & 0.06 & 0.19 & 1 & 0.15 \\ 0.00 & 0.20 & 0.87 & 0.90 & 0.15 & 1 \end{pmatrix}. \quad (11)$$

Из 15-ти коэффициентов корреляции значимо отличаются лишь три из них: $r_{14} = -0,26$ (теоретическое значение $-0,50$); $r_{23} = -0,17$ ($-0,50$) и особенно $r_{34} = 0.56$ (независимые разности, теоретическое значение $0,00!$).

Отмеченные расхождения, особенно последнее, могут свидетельствовать о наличии физической корреляции между прямыми и обратными нивелировками. Оценка физической корреляции затрудняется наличием мощного тренда, обусловленного влиянием рельефа.

Мы предполагаем продолжить исследования на основе более обширного статистического материала и более глубокого изучения природы физической корреляции высокоточного нивелирования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Инструкция по вычислению нивелировок. – М.: Недра, 1971. – 108 с.

© В.А. Падве, Д.А. Краснов, 2009

УДК 528.2:519.654:519.2

М.М. Михалицын

СГГА, Новосибирск

О МОДЕЛЯХ ТОЧЕЧНЫХ МАСС, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ МОДЕЛЬНЫХ ПОЛЕЙ ВАРИАЦИЙ ТРАНСФОРМАНТ ГЕОГРАВИТАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА (В ОДНОМЕРНОМ ПРОСТРАНСТВЕ)

M.M. Mikhalitsyn

SSGA, Novosibirsk

MODELS OF POINT MASSES USED TO FORM MODEL FIELDS OF GEOGRAVITATION POTENTIAL TRANSFORMS VARIATIONS (IN 1D SPACE)

By the known (in nodal points) values of transforms variations the model of point masses system may be formed and used later for calculation of transforms variations values in other points. However the statement of points mass system problem is incorrect. In the situation like this the method of trial-and-error or normalization may be used. The 1D case under study is a preliminary solution of the given problem. As for the problem of a reliable model of point masses, it remains unsolved and demands further research.

Одной из основных задач физической геодезии является задача определения геогравитационного потенциала и его трансформант, а так же определение значений вариаций (изменений во времени) трансформант.

Для выявления вариаций можно периодически проводить повторные измерения характеристик гравитационного поля Земли, например, аномалий силы тяжести. Однако возникают ситуации, когда невозможно выполнить измерения в некоторых точках или число измерений является значительным. В том случае, когда характер изменения гравитационного поля известен (в частности, известно перемещение масс внутри или на поверхности Земли) значения этих вариаций можно вычислить используя различные модели, в частности, модели точечных масс [1].

Однако характер перемещения масс не всегда может быть известен. В этом случае можно сформировать систему точечных масс по известным (в узловых точках) значениям трансформант, а затем использовать полученную модель системы точечных масс для вычисления значений трансформант в других "определяемых" точках.

Так как задача формирования системы точечных масс является некорректно поставленной, то есть решение (в соответствии с теоремой Стокса [2]) не является единственным, то для определения вектора m значений

точечных масс можно применить метод подбора решения или метод регуляризации [3], в котором значение этого вектора можно определить следующим образом:

$$m=(A^T A+\alpha E)^{-1} A^T u \quad (1)$$

где u - вектор содержащий "измеренные" значения вариаций трансформант в узловых точках;

$$A=\{-\gamma * dz_{i,j} * s_{i,j}^{-3}\}$$

γ - гравитационная постоянная;

$s_{i,j}$ - расстояние между узловыми точками и точечными массами;

$dz_{i,j}$ - проекция $s_{i,j}$ на ось z ;

α - параметр регуляризации.

Используя полученную модель точечных масс можно вычислить значения трансформанты в контрольных и "определяемых" точках. Для выявления зависимости между функциями (вариациями) полученными в контрольных и функциями (вариациями) полученными "определяемых" точках (при использовании метода подбора и метода регуляризации) можно сформировать ряд моделей систем точечных масс (для одномерного, двумерного, трехмерного случаев).

В частности для одномерного случая можно предварительно сформировать "опорную" модель гравитационного поля (на момент времени t_1) разместив узловые, контрольные и "определяемые" точки вдоль некоторой линии, например, вдоль оси x , а точечные массы так же вдоль этой оси на некоторой "глубине". Для формирования модели гравитационного поля (на момент времени t_2) можно сдвинуть некоторые точки вдоль оси x и вычислить значения вариаций трансформанты во всех указанных точках (получив "измеренные" значения). Затем полагаем, что "опорная" модель системы точечных масс неизвестна, а известны только "измеренные" значения трансформант в узловых и контрольных точках (на моменты времени t_1 и t_2). Далее используя значения трансформант (в узловых точках), можно формировать различные модели систем точечных масс (методом подбора или методом регуляризации). Из всех полученных моделей (используя значения трансформант в контрольных точках) можно выбрать одну оптимальную.

При проведении численного эксперимента (для одномерного случая) с использованием метода регуляризации координаты точечных масс выбирались случайным образом, а значения величины вычислялись по формуле (1). Для полученной модели системы точечных масс вычислялись значения функции в контрольных точках и сравнивались с "измеренными". Затем выбирались новые модели и вновь вычислялись значения функции в контрольных точках и вновь сравнивались с "измеренными". В результате выбиралась та модель (назовем ее оптимальной), для которой средние квадратические отклонения "измеренных" от вычисленных значений были минимальны. Следует отметить, что полученные оптимальные модели точечных масс значительно отличались от исходной "опорной" модели, по которой формировалось гравитационное поле (в некоторых случаях значения масс оптимальной модели были отрицательными). По выбранной оптимальной модели вычислялись значения функции в "определяемых" точках и величины $k_1=df_1/dF_1$, $k_2=df_2/dF_2$.

Здесь df_1 - среднее квадратическое отклонение (вычисленных значений от измеренных) в "определяемых" точках;

dF_1 - среднее квадратическое отклонение в контрольных точках.

df_2 - максимальное отклонение в "определяемых" точках;

dF_2 - максимальное отклонение в контрольных точках.

Для оптимальных моделей, полученных методом регуляризации прослеживается зависимость между df и dF , причем (для данных численных экспериментов) значения средних квадратических отклонений функций в "определяемых" точках незначительно отличались (часто были меньше) от значений средних квадратических отклонений функций в контрольных точках, а для моделей полученных методом подбора отличия были существенны.

На рис. 1 и 2 приведены приблизительные графики величин k_1 и k_2 для некоторых различных оптимальных моделей полученных методом регуляризации (для одномерного случая).

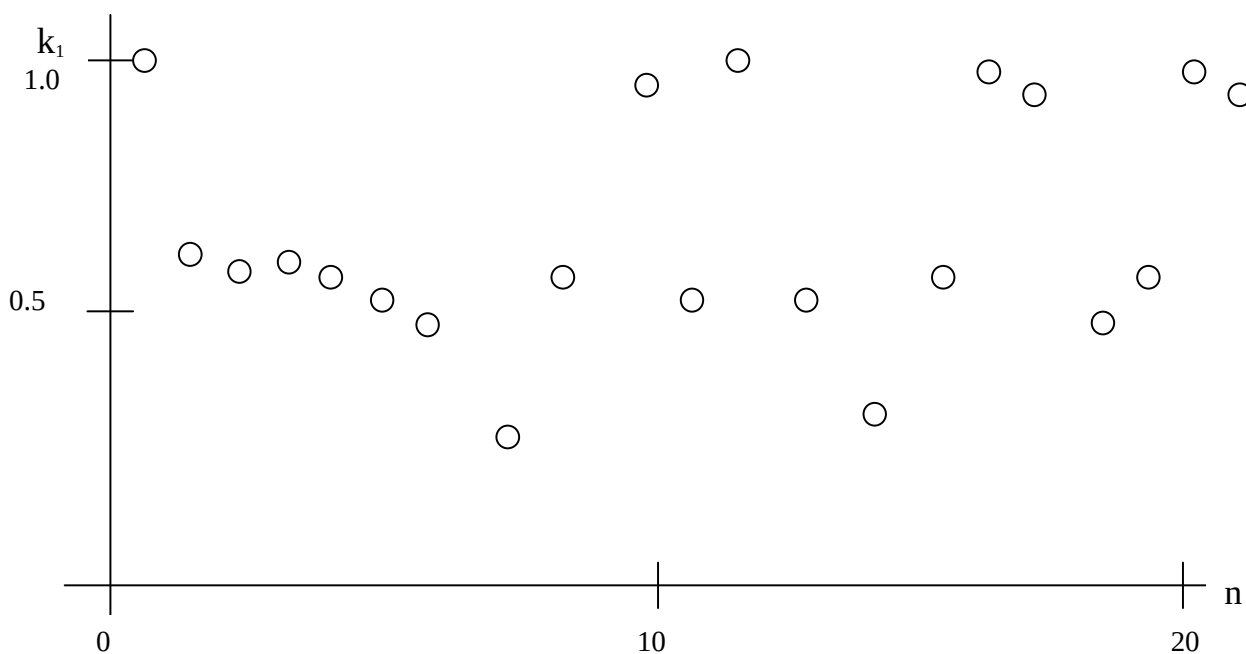


Рис. 1. График значений k_1 для различных (n) оптимальных моделей

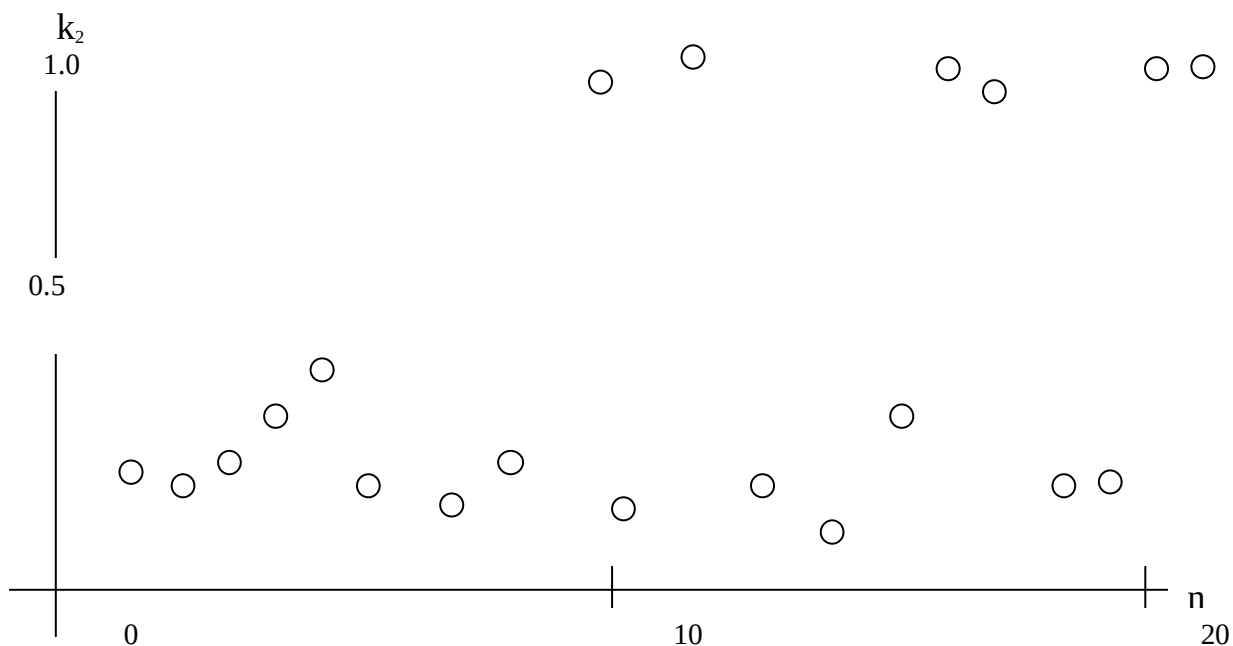


Рис. 2. График значений k_2 для различных (n) оптимальных моделей

Следует отметить, что данные эксперименты являются предварительными так как одномерный случай не отражает реальных вариаций гравитационного поля. Необходимо провести так же численные эксперименты для двумерного и трехмерного случаев, а затем эксперименты с целью прояснения вопроса выбора контрольных и узловых точек (для двумерного и трехмерного случаев) и выявления тех ситуаций, в которых можно применять данную методику и тех ситуаций, для которых не следует ее применять.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шимбирев, Б.П. Теория фигуры Земли / Б.П. Шимбирев. - М.: Недра, 1975. -431с.
2. Грушинский, Н.П. Теория фигуры Земли / Н.П. Грушинский. - М.: Наука, 1976. – 512 с.
3. Тихонов, А.Н. Методы решения некорректно поставленных задач / А.Н.Тихонов, В.Я.Арсенин. - М.: Наука, 1986. – 286 с.

© М.М. Михалицын, 2009

РЕЗУЛЬТАТЫ ГРАВИМЕТРОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ВО ВРЕМЯ
СОЛНЕЧНОГО ЗАТМЕНИЯ 1 АВГУСТА 2008 ГОДАV.I. Kuzmin, I.G. Ganagina, D.N. Goldobin
SSGA, NovosibirskRESULTS OF GRAVIMETRIC MEASUREMENTS DURING SOLAR
ECLIPSE ON AUGUST 1, 2008

Gravity measurements were made by gravimeters ГНУ-КС during solar eclipse on August 1, 2008. Measuring and processing techniques are described. The experiments results are presented.

В эксперименте были задействованы два гравиметра типа КНУ-КС (№№ 164 и 474). Были определены технические характеристики приборов: чувствительность, смещение нуля-пункта, цена оборота измерительного винта на эталонном базисе. Гравиметры были настроены на минимуме чувствительности к наклону по уровням.

Измерения выполнялись в подвальном помещении лабораторного корпуса СГГА. Приборы были установлены на гравиметровом пункте 1 класса Новосибирск, СГГА, номер марки 0165. Центр гравиметрического пункта, тип 168, заложен в полном соответствии с требованием инструкции по развитию государственной гравиметрической сети СССР (фундаментальной и 1 класса).

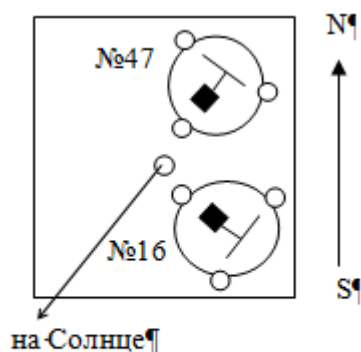


Рис. 1

Азимут направления на Солнце в момент полного затмения составлял 257° . С учетом этого были установлены гравиметры: маятник гравиметра под №474 был ориентирован вдоль направления на Солнце, а под №164 – перпендикулярно этому направлению (рис. 1). Частота взятия отсчетов по гравиметрам соответствовала предварительно составленной программе наблюдений. Измерения были начаты в 10 часов по декретному времени. До 16,5 часов интервал между отсчетами по гравиметрам составлял 30 минут. За час до начала затмения

интервал наблюдения уменьшился до 5-10 минут, а в момент затмения он составлял 30 секунд.

В интервале наблюдения фиксировались отсчеты по гравиметру, время их взятия и температура прибора, которая за время измерения (9 часов) изменилась на $0,5^{\circ}\text{C}$.

В процессе обработки в отсчеты по гравиметрам, переведенные в миллигалы, были введены поправки за гравитационное влияние Луны и Солнца, увеличенные на $0,120$ мГал - кривая (а) (рис. 2). Кривая (б) на рис. 2 соответствует средним измеренным значениям отсчетов по двум гравиметрам, а кривая (в) – значениям, - исправленным за лунно-солнечное притяжение. Причем, значения в точках на графике (б) получены путем сглаживания результатов измерений по каждому гравиметру с интервалом в пять точек.

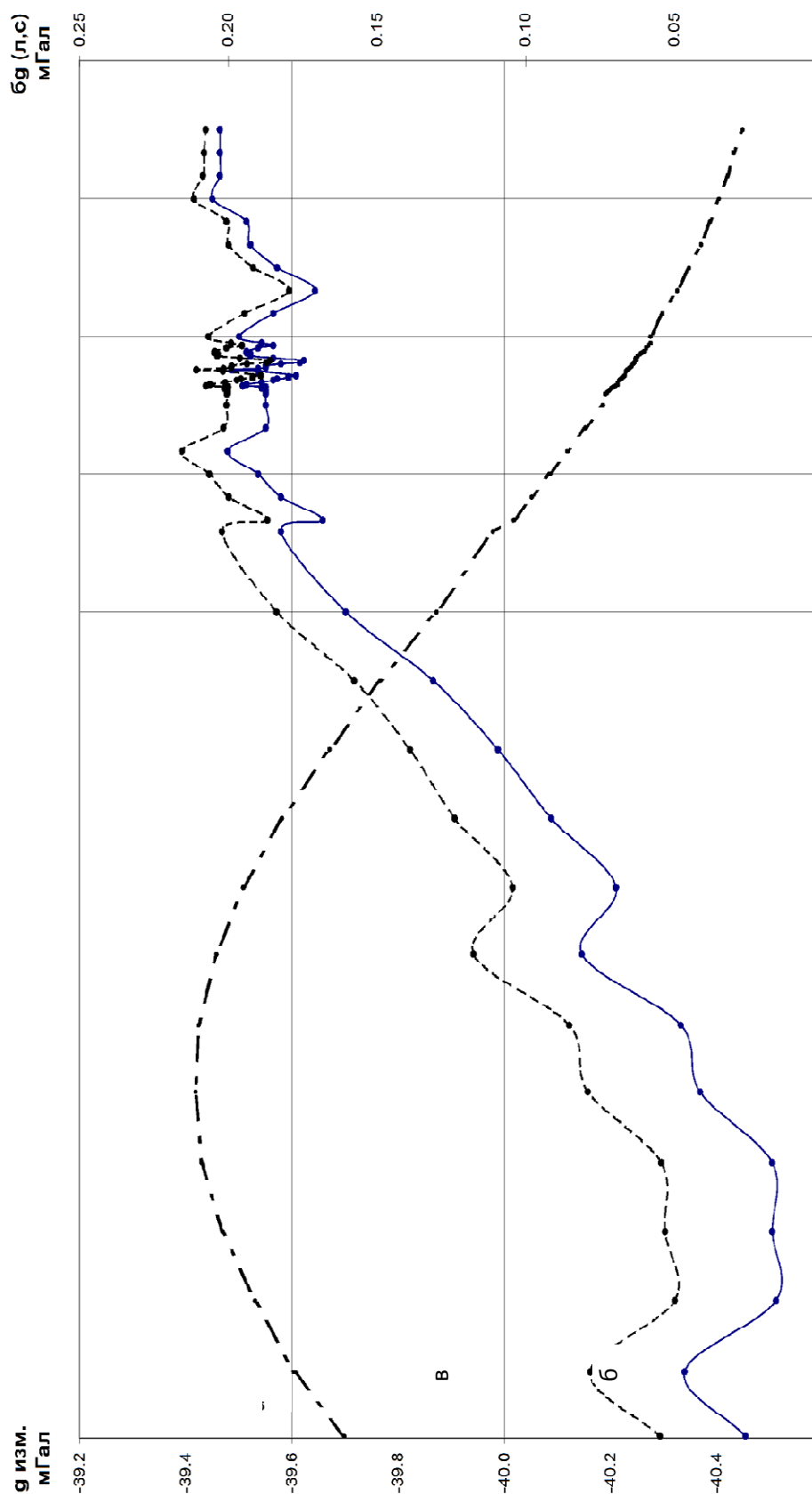


Рис. 2. Результаты наблюдений с гравиметрами во время полного солнечного затмения 01 августа 2008 г. в Новосибирске.

а – поправка за гравитационное влияние Луны и Солнца, мГал; отсчеты по гравиметру, мГал: измеренные – б, исправленные за влияние Луны и Солнца – в.

На кривой в рис. 2 минимумами $g_{\text{испр}}$ отметились моменты входа Земли в тень Луны 16,5 часа (начало центрального затмения) и выхода из нее в 18,3 часа (конец центрального затмения). В промежутке времени от 17,3 до 17,8 часа «затменная кривая» отметилась понижением величин $g_{\text{испр}}$ на 0,1 мГал,

осложненным в середине затмения скачками в результатах измерений амплитудой до 0,2 мГал. Эти колебания можно объяснить рядом причин, в том числе погрешностями наблюдений.

В заключение следует заметить, что проведение очень «тонких» физических экспериментов в момент солнечного затмения, преследующих цель выяснения природы гравитации и изучения особенностей гравитирующей среды, необходимо использовать высокоточную аппаратуру и исключать влияние всех мешающих факторов и, в том числе, самого наблюдателя.

© В.И. Кузьмин, И.Г. Ганагина, Д.Н. Голдобин, 2009

УДК 519.24

С.А. Ефимов

ИВМ и МГ СО РАН, Новосибирск

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ МЕТОДАМИ ПАССИВНОЙ СЕЙСМОЛОГИИ

S.A. Efimov

Institute computing mathematicians and mathematical geophysics (ICMMG SB
RAS).

Pr. Lavrenteva, the house 6, Novosibirsk, 630090, Russian Federation

EXPERIMENTAL RESEARCH OF DYNAMIC CHARACTERISTICS OF A SURFACE OF THE GROUND METHODS OF PASSIVE SEISMOLOGY

On the basis of experimental researches of a surface of the ground methods of passive seismology show daily dynamics of characteristics of seismic noise. The mathematical model of evolution of characteristics of seismic noise as result of interaction of block structure lithosphere is constructed. The way of the analysis and interpretation of a geodynamic status of a surface of the ground is offered. Results of the executed researches show daily evolution of interaction of block structure литосферы and reflection of this dynamics on spectral characteristics of seismic noise. The lead analysis expands performances about the processes occurring in structure of geoblocks at influence of external astronomical and internal tectonic factors. The opportunity of use of resonant properties of geoblocks for the analysis of their status is shown. The offered mathematical model of interaction of geoblocks can be used for formation прогнозных criteria and regular amendments to calculations of a seismic location.

Постановка задачи. В последние десятилетия методы сейсмологии активно разрабатываются геофизиками как перспективные направления исследования структуры земной поверхности. При этом особое внимание исследователей привлекают методы пассивной сейсмологии, т.е. те методы, в которых отсутствуют искусственные источники сейсмических волн. При этом отмечается, что техногенные источники сейсмического шума, являющиеся помехой при активной сейсмологии, при использовании пассивных методов приобретают позитивных фактор. Важной теоретической базой для объяснения эффектов геодинамики послужила концепция о блочно-иерархическом строении массивов горных пород академика М.А. Садовского [1]. Это современное научное направление, активно развиваемое во многих научных центрах, формирует методологию геофизического эксперимента, результаты которого прямо или косвенно подтверждают концепцию академика М.А.

Садовского. В данной работе представлено исследование данных геофизического эксперимента с целью формирования адекватной математической модели взаимодействия геологических блоков (геоблоков). Основой математической модели является гипотеза: энергетическое взаимодействие геоблоков аналогично поведению связанных резонансных структур.

Анализ данных геофизического эксперимента. В 1996 году в рамках проекта РФФИ сотрудниками ИВМиМГ СО РАН проведены экспериментальные вибросейсмические работы, связанные с исследованием деформации литосферы. Технология вибросейсмического просвечивания земли предполагает периодическую регистрацию сейсмического шума для оценки точности и достоверности полученных сейсмограмм. Получаемые при этом данные использованы для изучения резонансных особенностей локальных неоднородностей литосферы. Поскольку вблизи локальных резонансных образований изменяется структура волнового поля [2], здесь должен изменяться и характер спектра сейсмического шума. Обработка периодических записей сейсмического шума позволила выделить ряд признаков, которые характеризуют, по мнению автора, движение крупных геоблоков. На рис. 1 приведены графики спектральных характеристик сейсмического шума в период с 23 часов 5 октября до 7 часов 6 октября 1996 года.

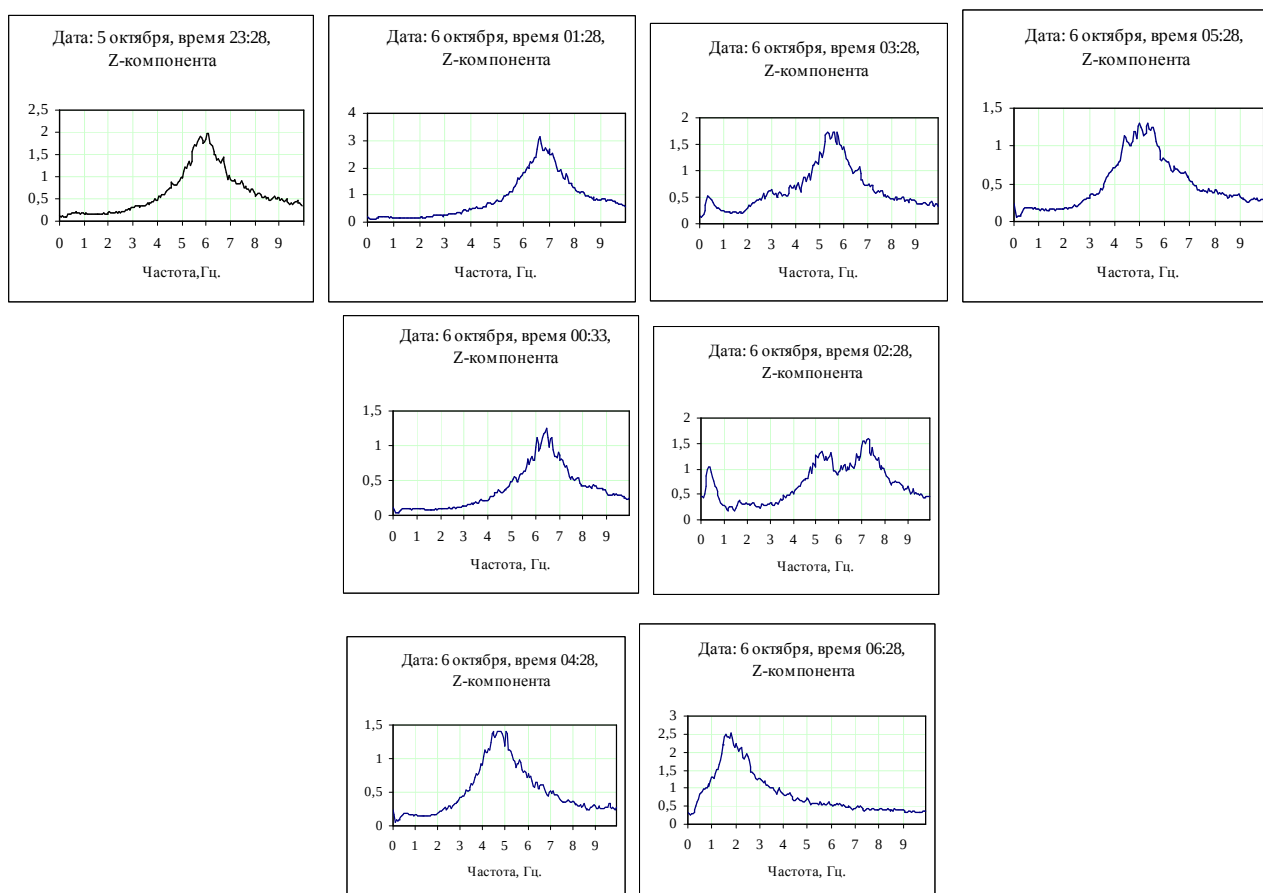


Рис. 1. Графики спектральной плотности сейсмического шума, зарегистрированные на сеймостанции «ВИРС» 5-6 октября 1996 года в районе поселка Кайтанак Горного Алтая.

Характерной особенностью графиков рис. 1 является наличие резонансных подъемов и связанные с ними максимумы. При этом значение резонансной частоты в течение указанного периода измерений меняется в диапазоне 1,5-7,5 Гц.

Отличительной особенностью графика спектральной плотности шума, зарегистрированного 6 октября в 02 часа 28 мин. (время записи 20 мин.) является присутствие двух резонансных подъемов и соответствующих им двух значений резонансной частоты: 5,2 Гц и 7,2 Гц. На рисунке 2 приведены графики спектральных характеристик сейсмического шума в период с 23 часов 3 октября до 7 часов 4 октября 1996 года. График спектральной плотности шума на рис. 2, соответствующий регистрации шума 3 октября в 23 часа 58 мин., имеет так же две резонансные частоты: 1,8 Гц и 7,5 Гц. Явно выраженные два резонанса могут быть обусловлены взаимодействием двух горизонтальных геоблоков. Качественный анализ динамики сейсмического шума показывает изменение параметров резонанса геоблоков в течение суток. Сравнение записей 3-4 октября с записями 5-6 октября показывает, что суточные характеристики резонанса 5-6 октября не повторяются в период 3-4 октября. Это обстоятельство приводит к гипотезе о проявлении в характеристиках сейсмического шума динамики взаимодействия геоблоков.

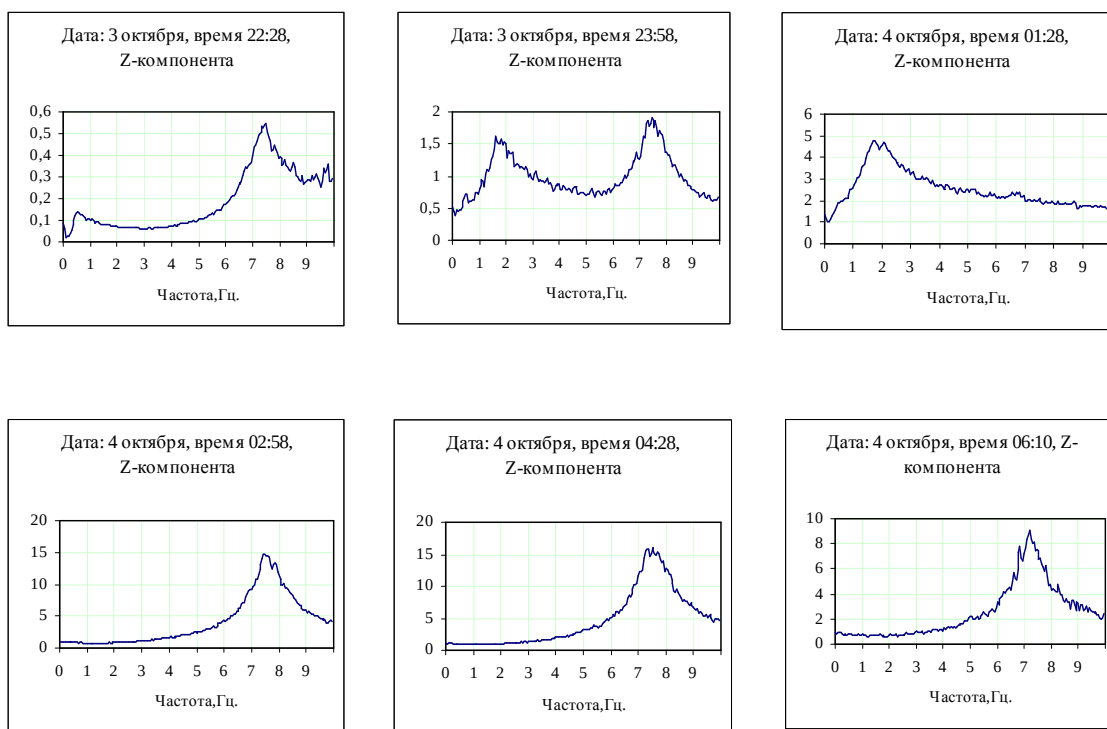


Рис. 2. Графики спектральной плотности сейсмического шума, зарегистрированные на сеймостанции «ВИРС» 3-4 октября 1996 года в районе поселка Кайтанак Горного Алтая

Для исследования этого явления рассмотрена следующая математическая модель: взаимодействие геоблоков соответствует поведению связанных

резонансных систем, причем фактор связи между системами (а значит и обмен энергией) меняется во времени в зависимости от состояния литосферы.

Математическая модель взаимодействия геоблоков. Резонансные явления в природе связаны с колебательными системами. При наличии двух взаимосвязанных колебательных систем дифференциальное уравнение имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} \frac{d^2 y_1}{dt^2} + \frac{\beta_1}{m_1} \cdot \frac{dy_1}{dt} + \frac{D_1}{m_1} y_1 + M \cdot \frac{dy_2}{dt} &= F_1, \quad \frac{D_1}{m_1} = \omega_{01}^2, \\ \frac{d^2 y_2}{dt^2} + \frac{\beta_2}{m_2} \cdot \frac{dy_2}{dt} + \frac{D_2}{m_2} y_2 + M \cdot \frac{dy_1}{dt} &= F_2, \quad \frac{D_2}{m_2} = \omega_{02}^2. \end{aligned} \quad (1)$$

где y – отклонение системы; dy/dt – скорость отклонения; d^2y/dt^2 – ускорение отклонения; β – коэффициент трения; D – жесткость системы; m – масса системы; ω_0 – собственная угловая частота колебаний; M – коэффициент фактора связи; F_1, F_2 – сила воздействия.

Для решения системы уравнений (2) использован операторный метод анализа. При этом систему уравнений (2) можно представить в следующем виде:

$$\begin{aligned} p^2 y_1 + p \cdot \frac{\beta_1}{m_1} \cdot y_1 + \frac{D_1}{m_1} y_1 + p \cdot M \cdot y_2 &= F_1(p), \\ p^2 y_2 + p \cdot \frac{\beta_2}{m_2} \cdot y_2 + \frac{D_2}{m_2} y_2 + p \cdot M \cdot y_1 &= F_2(p). \end{aligned} \quad (2)$$

где p — оператор Лапласа.

Для упрощения системы уравнений (2) примем следующие обозначения и условия возбуждения колебательной системы геоблоков:

$$\frac{\beta_1}{m_1} = 2 \cdot \delta_1; \quad \frac{D_1}{m_1} = \omega_{01}^2; \quad F_1(p) = 1; \quad \frac{\beta_2}{m_2} = 2 \cdot \delta_2; \quad \frac{D_2}{m_2} = \omega_{02}^2; \quad F_2(p) = 1; \quad (3)$$

где δ_1, δ_2 – коэффициенты затухания; ω_{01}, ω_{02} – частоты резонанса.

Решение системы уравнений (2) относительно $y_1(p)$ дает следующее выражение:

$$y_1(p) = \frac{p^2 + (2 \cdot \delta_2 - M) \cdot p + \omega_{02}^2}{(1 - M^2) \cdot (p^2 + (2 \cdot \delta_1 / (1 - M^2)) \cdot p + \omega_{01}^2 / (1 - M^2)) \cdot (p^2 + 2 \cdot \delta_2 \cdot p + \omega_{02}^2)}. \quad (4)$$

Анализ выражения (4) показывает, что вид амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) для связанных колебательных контуров зависит от значения коэффициента фактора связи M . На рис. 3 представлены графики АЧХ для разных значений M при одинаковых параметрах первой и второй колебательной системы. Величина a определяет относительную расстройку частоты по отношению к частоте резонанса ω_0 .

При слабой связи АЧХ ($M=0,56$) системы имеет один максимум, соответствующий частоте резонанса ω_0 . Один максимум остается до тех пор, пока величина M не достигнет критического значения. Если фактор связи M увеличивается дальше до $M=1,4$, на графике АЧХ системы появляются два близкорасположенных максимума. Дальнейшее увеличение фактора связи до

$M=5,6$ приводит к провалу значения АЧХ на резонансной частоте и увеличению частотного расстояния между максимумами АЧХ колебательной системы. Сравнение графиков рис. 1, рис. 2 с графиками рис. 3, визуализирующих поведение математической модели по формуле (5), показывает адекватность использования системы связанных контуров для описания взаимодействия геоблоков.

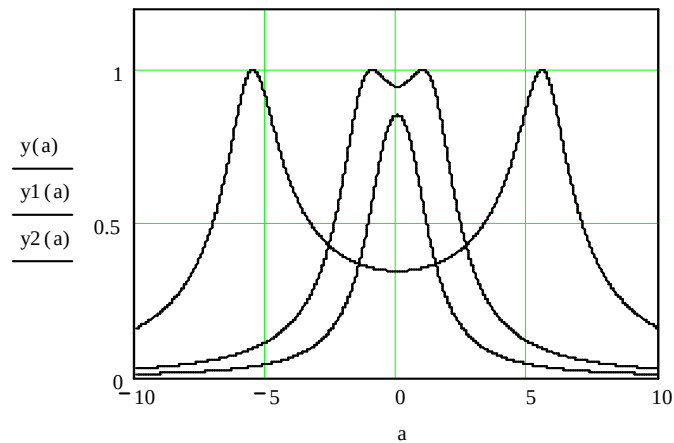


Рис. 3. Графики амплитудно-частотной характеристики для выражения (5) при разных значениях $M = \{0,56; 1,4; 5,6\}$

Математическая модель взаимодействия геоблоков в соответствии с системой уравнений (2) хорошо описывает явление изменения резонансных частот и появление на графике спектральной плотности двух резонансов. Это явление обусловлено изменением величины фактора связи M . Для системы двух геоблоков фактор связи определяется степенью сжатия этих геоблоков, характеристикой трения и режима скольжения на поверхности границы геоблоков. Рассмотрим поведение системы геоблоков по экспериментальным данным, полученным в районе п. Кайтанак 5-6 октября 1996 года (рисунок 1). В период с 23 час. 28 мин. 5 октября до 02 час. 28 мин. 6 октября геоблоки сжаты, но фактор связи двух геоблоков не достигает критического значения. После 02 часов 28 мин. 6 октября геоблоки сжимаются сильнее, и значение фактора связи превосходит критическую величину (появляются два резонанса). В период до 05 час. 28 мин. сила сжатия блоков ослабевает. Дальнейшее увеличение сжатия геоблоков наблюдаем в 06 час. 28 мин. На этом графике сформирован один низкочастотный резонанс на частоте 1.7 Гц. Два геоблока сжаты друг к другу настолько сильно, что превращаются в одну колебательную систему с частотой резонанса, соответствующей общей массе двух геоблоков. Этому состоянию геоблоков соответствует максимальный фактор связи. В период между 05 час. 48 мин. и 06 час 28 мин. запись сейсмического шума не проводилась и данные о параметрах резонанса отсутствуют. Однако можно предполагать, что в этот период спектральная характеристика шума имеет два резонанса, так как между докритическим значением фактора связи (05 час. 28 мин.) и максимальным значением этого фактора в 06 час 28 мин. должно быть критическое значение фактора связи. Вышеописанная интерпретация процесса взаимодействия

геоблоков основана на экспериментальных данных, полученных на ограниченном временном участке. Это ограничение не позволяет выявить и определить связь полученной динамики геоблоков с конкретными тектоническими и астрономическими факторами. Тем не менее, вышеописанное явление концептуально совпадает с современными представлениями геофизиков о строении литосферы и активном взаимодействии отдельных геоблоков.

Выводы. Результаты выполненных исследований показывают суточную эволюцию взаимодействия блочной структуры литосферы и отражение этой динамики на спектральных характеристиках сейсмического шума. Проведенный анализ расширяет представления о процессах, происходящих в структуре геоблоков при воздействии внешних астрономических и внутренних тектонических факторов. Показана возможность использования резонансных свойств геоблоков для анализа их состояния. Предложенная математическая модель взаимодействия геоблоков может быть использована для формирования прогнозных критериев и систематических поправок в расчетах сейсмической локации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Садовский, М.А. О свойствах дискретности горных пород / М.А. Садовский, Л.Г.Болховитинов, В.Ф. Писаренко // Изв. АН СССР. Физика Земли. – 1982. – №12.
2. Собисевич, Л.Е., Волновые процессы и резонансы в геофизике/ Л.Е. Собисевич, П.Л. Собисевич.- М.: ОИФЗ РАН, 2001. - 297 с.

© С.А. Ефимов, 2009

УДК 528.241: 520.86

А.И. Каленицкий, Э.Л. Ким

СГГА, Новосибирск

РЕЗУЛЬТАТЫ НИВЕЛИРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ В ПЕРИОД СОЛНЕЧНОГО ЗАТМЕНИЯ 1 АВГУСТА 2008 Г.

A.I. Kalenitsky, E.L. Kim

SSGA, Novosibirsk

OBSERVED MEASUREMENTS OF LEVELING DURING SOLAR ECLIPSE ON AUGUST 1, 2008

Observed measurements of leveling during the complete solar eclipse on August 1, 2008 are presented. Preliminary conclusions are made.

31 июня 1981г. в период неполного (98%) Солнечного затмения результаты нивелирования и гравиметрии в пригороде г. Новосибирска показали локальные аномальные отклонения отвеса и силы тяжести относительно ожидаемых лунно-солнечных вариаций этих величин. Аналогичные явления наблюдались китайскими учеными в 1996г. Причина этих явлений до настоящего времени не выявлена, однозначного толкования они не получили.

01 августа 2008 года в период полного Солнечного затмения в комплекс наблюдений было включено измерение смещения отсчета по рейке высокоточным электронным нивелиром, установленных в створе линии Земля-Луна-Солнце в период максимальной фазы их противостояния.

Местом для проведения наблюдений высокоточным электронным нивелиром Dini 03 был выбран подвал лабораторного корпуса Академии как удовлетворяющий необходимым требованиям:

- Минимальное воздействие внешних возмущающих факторов (колебания от проходящего транспорта, ветра, движения пешеходов);
- Направление линии визирования совпадает с направлением на Солнце в момент затмения;
- Обеспечение максимального возможного расстояния между инструментом и рейкой.

Для того, чтобы рейка приняла устойчивое, вертикальное положение, она была установлена за сутки до начала наблюдений. Нивелир, расположенный между рейкой и Солнцем на момент затмения, был установлен на специально предназначенный для высокоточных наблюдений штатив за 2 часа до начала наблюдений. Приборное время нивелира было синхронизировано с точным временем. Высота линии визирования составила 2,03 м., длина базовой линии 63,5 м.

Измерения нивелиром проводились по заранее подготовленной Программе наблюдений (см. табл. 1).

По результатам обработки материалов наблюдений была построена диаграмма изменения отсчетов по рейке во времени (см. рис. 1).

Ломанная на диаграмме построена с осреднением для снижения высокочастотных помех в отсчетах, возникающих из-за микросейсмических колебаний, вызванных движением транспорта на прилегающей улице и воздействием резких порывов ветра на здание лабораторного корпуса.

На диаграмме отмечаются локальные «всплески» значений η , приуроченные по времени к первому и последнему контакту дисков Луны и Солнца, а также к периоду полного затмения.

Таблица 1. Программа наблюдений нивелиром Dini 03 в период полного Солнечного затмения 01 августа 2008 г.

Время наблюдения	Интервал снятия отсчетов по нивелиру	Моменты контактов Луны и Солнца
10 часов 30 минут	30 минут	1-й контакт диска Луны и диска Солнца (16ч 41м 17 сек) по ходу движения
16 часов 35 минут	30 секунд	
16 часов 50 минут	5 минут	
17 часов 34 минут	30 секунд	- контакт 2-й (задней стороны диска Луны к диску Солнца по ходу движения); -фаза полного Солнечного затмения (17ч 45 мин); - контакт 3-й (передней части диска Луны к выходной части диска Солнца по ходу движения);
17 часов 55 минут	5 минут	контакт 4-й (задней части диска Луны к выходной части диска Солнца по ходу движения в 18ч 45м 07 сек).
18 часов 40 минут	30 секунд	
18 часов 50 минут	5 минут	
19 часов 00 минут	10 минут	
19 часов 30 минут		

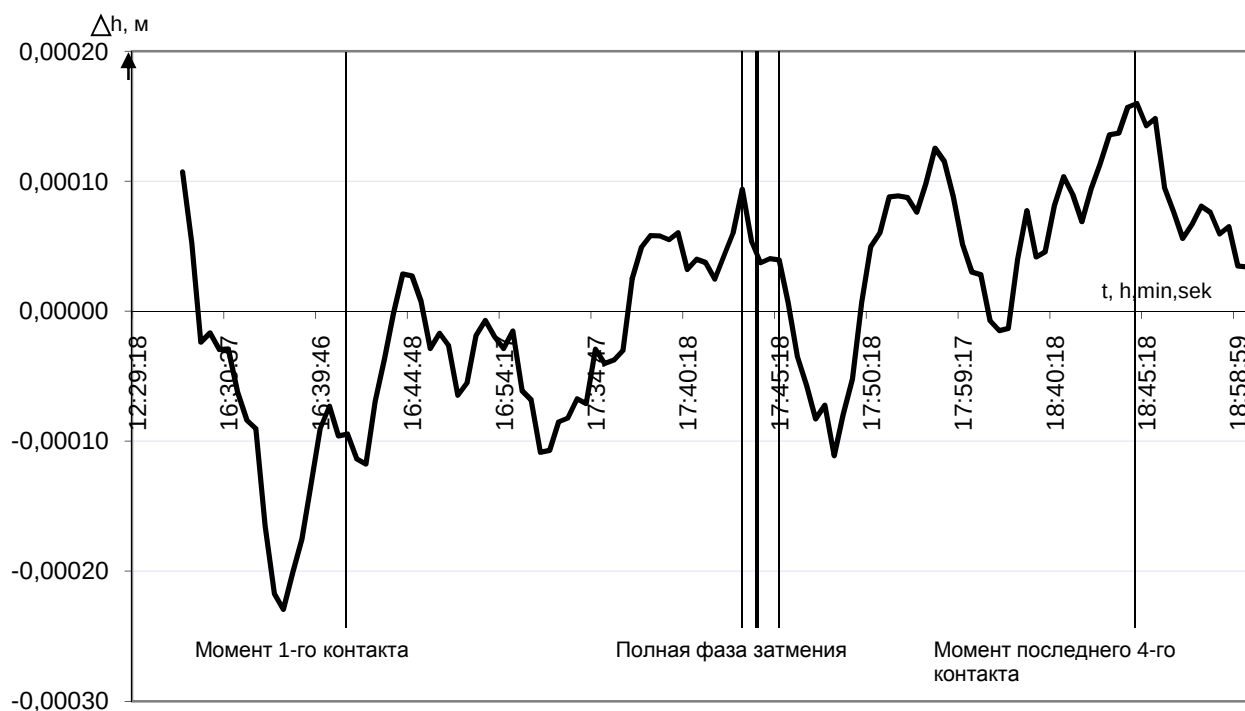


Рис. 1. Диаграмма изменения отсчетов по рейке во времени

На фрагменте диаграммы изменения отсчетов по рейке во времени в период полного затмения (рис. 2) отчетливо выделяется локальное anomальное отклонения отвеса. Разность отсчетов в точках (а) и (в) достигает величины 0,20 мм. Это соответствует изменению уклонения отвеса в пределах $0^{\circ},6$.

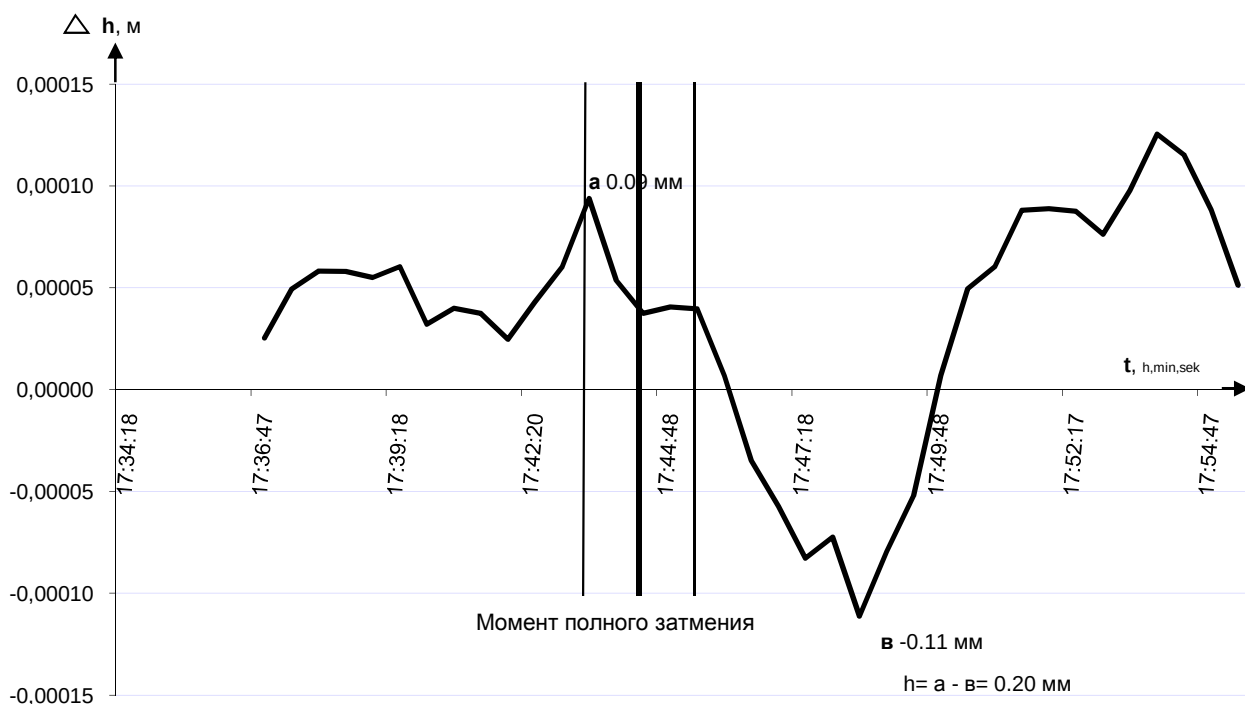


Рис. 2. Диаграмма фрагмента изменения отсчетов по рейке во времени

На основе полученных результатов можно сделать некоторые предварительные выводы.

1. Для интерпретации выявленных локальных аномалий следует продолжить изучение данного явления в периоды полного Солнечного затмения, а также в периоды полнолуния и новолуния, в том числе при Лунных затмениях.

2. Применение высокоточных электронных нивелиров типа Dini 03 может существенно повысить качество высокоточного нивелирования. Вместе с тем требуются специальные исследования по изучению специфики его «вхождения» в рабочий режим, оценка возможностей уточнения измеренных превышений на основе выявления корреляционной связи с измеряемой дальностью.

© А.И. Каленицкий, Э.Л. Ким, 2009

УДК 550.3:537.811

В.Ф. Гордеев, Ю.П. Малышков, С.Г. Шталин, С.Ю. Малышков, В.И. Поливач
Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск

ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ГОРНОГО МАССИВА ПО ПАРАМЕТРАМ ЕИЭМПЗ

V.F. Gordeev, Yu.P. Malyshkov, S.G. Shtalin, S.Yu. Malyshkov, V.I. Polivach
Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS, 10/3,
Akademicheskyy pr., Tomsk, Russia

ASSESSMENT OF DEFLECTED MODE OF MOUNTAIN RANGE ON NPEFE PARAMETERS

When developing method for nondestructive examination of composite materials based on electromagnetic emission (EE) parameters, we revealed that under changing mechanical parameters in concrete patterns, pulsed EE flux reduces at contraction zone, while it increases at stretching zone [1]. This fact made a ground for new method of assessment of deflected mode of mountain range on parameters of natural pulsed electromagnetic fields of the Earth (NPEFE). As a test subject we chose a bank vault with pronounced sliding. Moreover, there are nine pipelines on this bank vault. To mitigate technogenic risks, at this part of the gas pipeline eight different geophysical and engineering methods are applied to monitor mountain range dynamics with the purpose of forecasting dangerous situations and preventing emergency. In the report results are presented on monitoring of deflected mode of a landslip using NPEFE records of a stations network located along the bank vault.

К концу девяностых годов прошлого столетия довольно четко определилось и стало интенсивно развиваться новое направление изучения горного массива – экологическая геофизика. Оно охватывает широкую проблематику исследований - от очагов нарушения экологической и инженерной устойчивости в зонах активизации экзогенных геологических процессов (карст, оползни, выбросы угля и газа в геодинамических зонах и др.) до случаев техногенеза (термокарст, деформации поверхности в зонах горных подработок, подтопление массива техническими водами, нефтезагрязнения пр.) [2].

Общая тенденция нового направления – это смещение акцентов в сторону оперативной оценки, контроля и прогноза экологической и инженерной устойчивости грунтов; большей детальности и прецизионности при сборе полевых результатов и их интерпретации в комплексе с базами данных геоинформационных систем (ГИС), разработка принципиально новых геофизических технологий. Естественно, что в этой связи все более широкое применение находят радиоволновые методы, основанные на регистрации

естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ). Первые работы по использованию ЕИЭМПЗ в технологии геофизических исследований в нашем коллективе послужила гипотеза профессора Томского политехнического университета А.А. Воробьева о подземной грозе, высказанная им в конце 60-годов прошлого столетия [3].

Импульсы электромагнитного поля, несущие информацию о строении земной коры и используемые в данном способе, возникают в массивах горных пород вследствие естественного, постоянно существующего геодинамического и приливного движения земной коры. Процессы механоэлектрических преобразований энергии, вызванные этим движением, сопровождаются потоком электромагнитных импульсов, интенсивность и амплитудно-частотный состав которого определяется структурным и литологическим строением подстилающих пород, их напряженно-деформированным состоянием [4].

При постановке этих работ предполагалось, что процессы механоэлектрических преобразований энергии (независимо от способов их возбуждения) будут усиливаться, прежде всего, в зонах, где имеются значительные нарушения земной коры в виде геологических разломов, разрывных нарушений, на границах разнородных и разно напряженных пород. Пространственные вариации импульсных электромагнитных полей, в этом случае, должны отражать строение земной коры, что и предполагалось положить в основу разрабатываемых методов, оценки напряженно-деформированного состояния массивов горных пород на бортах открытых карьеров.

В данном разделе представлены результаты применения разработанных в институте мониторинга климатических и экологических систем (ИМКЭС СО РАН, г. Томск) совместно с ООО «ГЕОТЭК» (г. Москва) методов и средств, для оценки напряженно-деформированного состояния оползневого склона правого берега реки Кама в районе магистрального газопровода Ужгородского коридора.

Так как решение поставленной задачи было основано на использовании естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ), то при постановке этих работ необходимо было: усовершенствовать работу имеющейся аппаратуры [5], проверить ее работоспособность в полевых условиях и создать методику оперативной оценки устойчивости оползневого склона.

Применение методов регистрации ЕИЭМПЗ при решении задач инженерной геологии и, в частности, оценки оползневых процессов было предложено сравнительно давно сотрудниками Томского политехнического института и Симферопольского Института минеральных ресурсов [6, 7]. Однако до настоящего времени этот метод не нашел широкого применения в мировой практике. Главная причина – наличие в регистрируемом сигнале импульсов различного, до конца не выясненного происхождения, в том числе и многочисленных импульсов, не несущих информацию об объекте контроля. Это, прежде всего, атмосферерики – импульсы приходящие из центров тропических гроз и атмосферные импульсы местной грозовой активности.

Помехой будут являться и импульсы, генерируемые мощными геологическими и структурными неоднородностями земной коры, находящимися за пределами объекта исследований. Это могут быть трансконтинентальные и континентальные разломы, импульсы от которых регистрируются на удалении нескольких десятков километров.

Источниками техногенных помех могут являться высоковольтные линии электропередач, радиопередающие устройства и многое другое.

Как показывают наши исследования, более 80% регистрируемых импульсов являются «внешними», генерируются источниками, достаточно удаленными от точки измерения и не несут информацию о геофизических процессах на обследуемой территории. Устранить трудности с выделением «полезной» информации пытаются различными способами: повышением чувствительности аппаратуры, увеличением числа повторных замеров по одному и тому же профилю, периодическим возвращением на некоторые «опорные» точки и др. Однако такие способы либо слишком трудоемки, либо не достаточно эффективны.

В разработанном нами способе пространственных измерений параметров естественного импульсного электромагнитного поля Земли, реализованном в многоканальном геофизическом регистраторе «МГР-01», используется специальная очистка сигнала от шумов природного и техногенного происхождения. Сортировка импульсов по территориальному происхождению и удаление шумовой составляющей полей осуществляется несколькими способами, как на стадии регистрации, так и на стадии статистической обработки полученных результатов:

- Использованием дифференциального метода регистрации сигналов, системой разнесенных в пространстве реперных и маршрутных станций измерения;
- Способом расположения и ориентацией приемников поля;
- Настройкой станций на оптимальную чувствительность;
- Усилением и фильтрацией сигнала в оптимальном диапазоне частот;
- Удалением шумовых составляющих полей, создаваемых техногенными источниками и природными процессами, на стадии обработки полученной информации.

Для статистической обработки информации разработан и создан дружественный интерфейс, позволяющий оперативно получать результаты маршрутных измерений. Суть исследований пространственных вариаций ЕИЭМПЗ, заключается в том, что ведется сравнение параметров сигнала, полученного с маршрутной станции и станций, работающих в режиме мониторинга, расположенных в местах с известной геологией (репер). Причем реперных станций может быть несколько. Программное обеспечение позволяет в автоматическом режиме выбрать те отрезки времени, когда работала маршрутная станция и показать результаты измерений реперных станций в то же время. Алгоритм сравнительного анализа выбирается оператором, а

результаты обработки позволяют представить их в виде двумерной карты с привязкой к географическим координатам.

Следует также отметить, что создание данного программно-аппаратного комплекса позволяет в несколько раз увеличить производительность проведения полевых измерений, исключить субъективные ошибки в работе оператора, повысить достоверность получаемых результатов.

При создании полигона комплексной оценки устойчивости оползневого склона, необходимо было выбрать места расположения станций, которые в дальнейшем, в режиме мониторинга, будут регистрировать временные вариации импульсного потока для определения времени активизации геодинамических процессов.

На рис. 1 в качестве примера приведены результаты площадных измерений параметров ЕИЭМПЗ на оползневом склоне в районе перехода магистрального газопровода через р. Кама. Слева на рисунке показан вид местности в районе работ, а справа результаты измерений напряженно-деформированного состояния берегового склона, рассчитанные по результатам обработки интенсивности импульсного потока в различных точках склона.

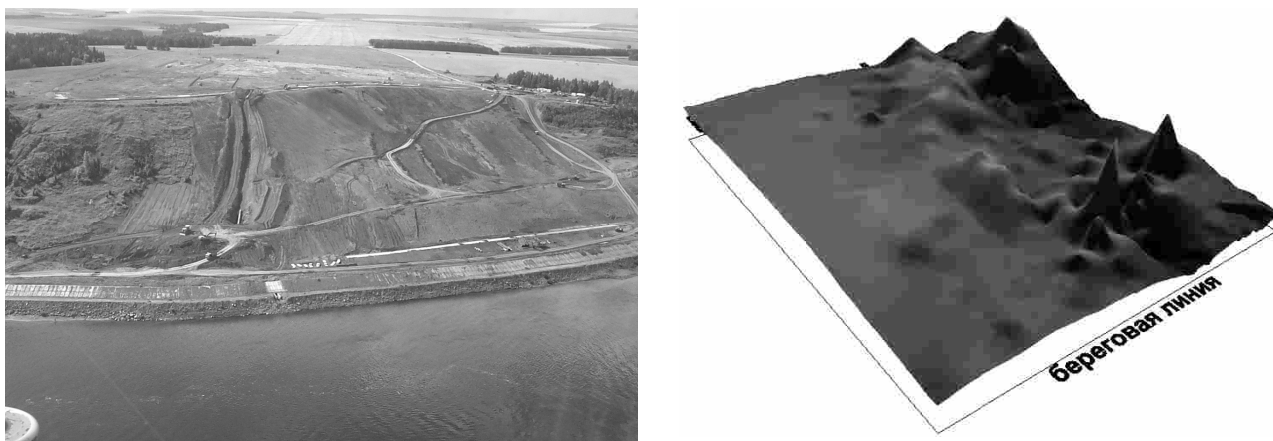


Рис. 1 Вид местности на переходе магистрального газопровода через р. Кама (слева) и результаты оценки НДС этой территории ЕИЭМПЗ-методом (справа)

Напряжения растяжения на объемном правом рисунке представлены в относительных единицах в виде «возвышенностей», а напряжения сжатия в виде «впадин».

В конце 2007 года была запущена в опытную эксплуатацию первая очередь автоматизированной системы контроля геодинамических процессов оползневого склона на трассе магистрального газопровода Уренгой – Помары - Ужгород в районе перехода через реку Кама. Комплекс состоит из 8-ми многоканальных геофизических регистраторов «МГР-01», размещенных в антивандальных бункерах на территории склона и за его пределами. Места размещения бункеров выбраны на основании комплексных геофизических исследований, с явно выраженными аномалиями напряженно-деформированного состояния горных пород на склоне.

Первое аномальное проявление в интенсивности импульсного потока было зарегистрировано 27-29 февраля в районе станции №8 между 8 и 9 нитками газопровода в нижней части оползня, что совпало по времени с началом паводкового периода. Эти проявления продолжались аperiodически длительностью от нескольких часов до суток в период с 1 по 20 апреля 2008 года.

Начиная с 18 мая 2008 года, все станции регистрируют фоновый сигнал, характерный для весенне-летнего периода и мы, с большой долей вероятности, считаем, что какой либо геодинамики ожидать не следует.

Заключение

Выполненные исследования показали принципиальную возможность предложенного способа и аппаратуры не только для оценки величины, знака и направления механических напряжений в грунтах на оползневых склонах, но и возможность мониторинга развития напряженно-деформированного состояния территории, контроля активности оползневых процессов в масштабе реального времени.

Многократной проверкой с применением повторных измерений через некоторый промежуток времени, синхронными измерениями несколькими станциями, сравнением полученных результатов с традиционными методами контроля оползневых процессов показано, что правильное применение методов ЕИЭМПЗ дает высокоточные, хорошо воспроизводимые результаты, отражающие активность геодинамических склоновых процессов с высокой достоверностью.

Модифицирован многоканальный геофизический регистратор «МГР-1», позволяющий проводить площадные измерения вариаций ЕИЭМПЗ, что создает возможность использования его для отработки новых геофизических методов оценки НДС горных массивов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дефектоскопия и оценка напряженно-деформированного состояния бетона по параметрам электромагнитной эмиссии/ Ю.П. Малышков и др.// Изв. вузов. Строительство.- № 12.- 1997.- С. 114-117.

2. Задегиголова, М.М. Радиоволновой метод в инженерной геологии и геоэкологии / М. М. Задегиголова. – М.: Издательство Московского университета.- 1998. - 319 с.

3. Воробьев, А.А. О возможности электрических разрядов в недрах Земли/ А.А. Воробьев//Геология и геофизика. -1970.- №12.- С. 3-13.

4. Способ прогноза землетрясений/ Ю.П. Малышков и др.// Патент РФ № 2238575, выдан 20.10.2004.- Бюл. № 29.

5. Автоматизированная станция оперативного прогноза землетрясений (опыт четырехлетней эксплуатации) / С.Г. Шталин и др. // Физические основы прогнозирования разрушения горных пород: Материалы 1-й Междунар. школы-семинара (9-15 сент., 2001, г. Красноярск) / ред. В.А. Мансуров, Красноярск, СибГАУ, 2002.- С. 324-330.

6. Защинский, Л.А. Методические рекомендации по применению метода регистрации естественного импульсного электромагнитного поля Земли при изучении оползневого процесса / Л.А. Защинский, В.Н. Саломатин, Ш.Р. Матов. – Симферополь.- 1983. – 75 с.

7. Матов, Ш.Р. Выявление степени деформации участков оползня методом регистрации импульсов электромагнитного поля / Ш.Р. Матов, В.Н. Саломатин, Л.В. Яворович / Инженерная геология. – 1983.- № 2. – С. 98-101.

© В.Ф. Гордеев, Ю.П. Малышков, С.Г. Шталин,
С.Ю. Малышков, В.И. Поливач, 2009

УДК 551.4
В.П. Ступин
ИрГТУ, Иркутск

СУПЕРПОЗИЦИЯ ВЫСОТНОГО И ГРАВИТАЦИОННОГО ПОЛЕЙ ЗЕМЛИ КАК ОСНОВА КАРТОГРАФИРОВАНИЯ МОРФОСИСТЕМ

V.P. Stupin

Irkutsk State Technical University (ISTU), 83 Lermontova Ul., Irkutsk, 664074,
Russian Federation

SUPERPOSITION OF HIGH-ALTITUDE AND GRAVITATIONAL FIELDS AS A BASE OF MAPPING OF MORPHOSYSTEMS

Article is devoted to a problem of a definition and ranging morphosystems. The concept of morphosystems as superposition of a high-altitude and gravitational fields is offered. Classification morphosystems on the basis of the given concept is considered. Methodical questions of application of a cartographical method in research morphosystems are stated. Opportunities and advantages of the examined approach are shown.

Системный подход рассматривает геоморфогенез как процесс перемещения вещества и энергии в пределах т.н. морфосистем – динамичных открытых геосистем на основе рельефа земной поверхности, созданного эндогенными и экзогенными процессами в условиях определенной литологической, тектонической и ландшафтно-климатической обстановки. Вместе с тем, существует не так уж много работ по методике их дефиниции, ранжирования и картографирования, как в целом, так и в приложении к конкретным регионам.

В основу предлагаемой концепции положено понимание морфосистем как суперпозиции гравитационного поля Земли и ее рельефа. Дефиниция морфосистем выполняется по трем основным признакам: структуре систем литодинамических потоков, положению по отношению к местным базисам денудации и форме полей потенциальной денудации.

Гравитационное поле Земли можно описать множеством уровенных поверхностей, перпендикулярных отвесным линиям, каждая из которых является геометрическим местом точек с *равным потенциалом силы тяжести*. Реальный рельеф гораздо сложнее любой из уровенных поверхностей и, в общем случае, земная поверхность представляет собой поле высот точек с *отличным от соседних точек потенциалом силы тяжести*.

Суперпозиция гравитационного поля и поля высот имеет место повсеместно. Суммарный эффект наложения полей высот и силы тяжести

проявляется в виде поверхностных литодинамических потоков, которые описываются нисходящими линиями тока.

Каждая линия тока характеризуется направлением и координатами, т.е. является вектором. Будем называть верхнюю точку линии тока репеллером, а нижнюю аттрактором. Совокупности линий тока образуют пространственные системы со специфичной структурой, что позволяет использовать их в качестве дешифровочных признаков при дефиниции морфосистем. Системы литодинамических потоков связаны функциональными зависимостями со структурными элементами рельефа, которые легко формализуются. Совместный анализ пространственных структур линий тока и структурных линий земной поверхности выявляет ее системную организацию: на фоне крупных пространственных структур имеют место осложняющие структуры низшего порядка, обладающие относительной самостоятельностью и обособленностью и сами состоящие из подчиненных систем. Каждая такая система обладает целостностью структуры линий тока, репеллеров и аттракторов, среди последних может быть выделен главный. Такой аттрактор мы называем *местным базисом денудации*, подчеркивая тем самым его особое положение одновременно как в данной системе (*базис денудации*), так и относительно системы высшего порядка (*местный базис*).

Местные базисы денудации контролируют развитие «своих» морфосистем. В качестве таких базисов выступают: на глобальном уровне – уровень моря, на региональном – подножия горных хребтов, на локальном и детальном – урезы водоемов, стволы рек бассейнов, подошвы и перегибы склонов.

Аттракторы могут быть представлены как точками (донные точки), так и линиями (тальвеги и подошвы). Для морфосистем на основе положительных форм рельефа линия главного аттрактора представляет собой одновременно внешнюю границу системы. Рисунок линий тока таких систем носит центробежный характер. Морфосистемы на основе отрицательных форм ограничены главным репеллером и имеют центростремительный рисунок линий тока.

Формализация, дискретизация и элементаризация земной поверхности позволяет выявить структурные линии, нанести репеллеры, аттракторы и направления тока, определить местные базисы денудации и внешнюю границу морфосистемы. Первоначальная дефиниция границ морфосистем выполняется по крупномасштабным топографическим картам чисто формальными методами через ограниченное число формализованных структурных элементов.

Суперпозицию гравитационного поля и рельефа можно описать и в континуальной форме. Для этого составляют изолинейные карты вершинной и базисной поверхностей морфосистемы. Для набора высотных отметок используют, соответственно, репеллерные и аттракторные точки высшего ранга, что устраняет влияние вторичных, осложняющих форм. Морфометрические построения выполняются в пределах выявленных границ морфосистем, отдельно для каждого уровня иерархии. Так, в пределах хребта базисная поверхность проводится по его подошве и тальвегам долин высших для этого хребта порядков; при картографировании систем моделирующих этот хребет

бассейнов более низких порядков – по тальвегам створовых рек этих бассейнов, при картировании систем склонов в пределах указанных бассейнов – по подошве этих склонов. Аналогично обрабатывают вершинные поверхности.

Разность вершинной и базисной поверхностей исследуемой морфосистемы отражает мощность слоя ее потенциальной денудации, который отображается изолиниями в виде поля потенциальной денудации (ППД).

При выделении ППД морфосистем и их расчете важны не *абсолютные высоты* вершинной и базисной поверхностей морфосистем, а их *относительные* превышения друг над другом. Они определяют разность высот репеллерных и аттракторных точек линий тока в пределах данной морфосистемы, т.е. превышения относительно *местного базиса денудации*.

Изолинии равной потенциальной денудации, проводимые относительно местного базиса, в общем случае не согласуются с изогипсами, так как базис денудации редко совпадает с уровенной поверхностью. Базисная поверхность может быть наклонена, осложнена ступенями, иметь выпуклую или вогнутую форму, т.е. иметь различную абсолютную высоту на всем своем протяжении.

ППД характеризуются напряженностью и градиентом. Напряженность является функцией перепадов высот и равна разности потенциалов силы тяжести начальной и конечных точек линий тока. Напряженность характеризует денудационный потенциал морфосистемы и зависит от мощности слоя потенциальной денудации, заключенного между вершинной и базисной поверхностями морфосистемы. Градиент численно равен отношению напряженности к горизонтальному проложению соответствующей линии тока, т.е. является функцией уклона. Он определяет скорость денудации.

Характерная морфология ППД позволяет использовать их в качестве одного из индикационных признаков при дефиниции морфосистем.

Итак, именно повсеместная суперпозиция рельефа и поля силы тяжести организует морфосистемы в естественные целостности на всех уровнях иерархии, является инвариантом и определяет *закономерности* геоморфогенеза.

Выявление и ранжирование морфосистем основано на наличии вариаций размерности и геометрии ППД. Эти вариации отражают принципиальные изменения в балансе и характере эндогенной и экзогенной составляющих морфогенеза, т.е. проявляются как эмерджентные свойства, определяющие *качественные* изменения в структуре и функционировании морфосистем.

Наконец, морфосистемы определенного ранга обладают типичными в целом, но индивидуальными в частностях ППД, что отражает *особенности* компонент данных морфосистем. Так, реакция геологического субстрата морфосистем на агенты денудации позволяют выделить в их пределах морфолитологические комплексы, а особенности климата – морфоклиматические зоны и высотные морфодинамические пояса.

Сквозная классификация морфосистем Земли, предполагает обобщение на каждом уровне иерархии, основанное на исключении влияния входящих в надсистему подсистем. Эта классификация выглядит следующим образом:

- Глобальная морфосистема всей поверхности Земли (геоморфоид);

- Планетарные морфосистемы суши (субаэральные) и дна водоемов (субаквальные) морфосистемы;
- Ряд региональных морфосистем на основе морфоструктур (страны, области, провинции, округа);
- Ряд локальных морфосистем на основе флювиальных бассейнов (районы, подрайоны);
- Ряд топологических склоновых морфосистем: сложные склоны (морфотопы), элементарные динамические поверхности (морфономы);

Геоморфоид (подобный форме Земли) – главная, всеобъемлющая морфосистема, включающая рельеф всей поверхности твердой оболочки Земли. Аттракторы геоморфоида большей частью расположены в пределах дна глубоководных желобов и котловин мирового океана и, в меньшей степени, в пределах днищ бессточных областей суши. Вершинные точки обладают неопределенностью, так как множество вариантов начальных направлений линий тока предполагают множество возможных аттракторов. Мощность слоя потенциальной денудации достигает двух десятков километров.

Субаэральные и субаквальные морфосистемы пространственно приближенно коррелируют с геотектурами – континентальными выступами и океаническими впадинами. Основанием для указанного разделения служит существенное различие процессов морфогенеза на суше и на дне океана. Это различие настолько очевидно, что различают геоморфологию суши и морскую геоморфологию. Уровень океана является главным глобальным аттрактором литодинамических потоков суши. Мощность слоя потенциальной денудации субаэральных морфосистем составляет почти девять километров, субаквальных – более одиннадцати.

Границы и геометрия ППД морфосистем следующего уровня иерархии определяются и контролируются морфоструктурным планом территории. Пространственная корреляция морфосистем и морфоструктур здесь теснее, чем на предыдущем уровне, хотя имеются и расхождения. Большая часть морфосистем данного уровня на суше приурочена к положительным морфоструктурам и по своей экзолитодинамике относится к денудационному или денудационно-транзитному типу. Для этих морфосистем характерен центробежный рисунок линий тока. Аттракторами (местными базисами денудации) этих систем являются подошвы материнских морфоструктур – линии их сечения цокольными поверхностями, скользящими по тальвегам осложняющих эти морфоструктуры долин высших порядков.

Морфосистемы, приуроченные к отрицательным морфоструктурам являются транзитно-аккумулятивными или аккумулятивными системами. Их границами являются подошвенные линии окружающих денудационных морфосистем, а аттракторами – транзитные реки, днища котловин, урезы озер.

Рассмотренные выше три уровня иерархии включают морфосистемы преимущественно на эндогенной основе. Мощность слоя потенциальной денудации в них может колебаться в широких пределах – от немногих (равнины) до нескольких тысяч (горы) метров. В то же время некоторые звенья

иерархии могут выпадать и тогда имеют место укороченные иерархические ряды или небольшие изолированные морфосистемы эндогенного генезиса (острова, изолированные горы и т.п.).

Морфосистемы следующих уровней иерархии имеют преимущественно экзогенную основу, причем открывают этот ряд флювиальные системы. Их выделение обосновано тем, что речная сеть играет роль главного связующего звена между морфоструктурами и морфоскульптурами, так как флювиальные системы, зарождаясь и развиваясь под контролем морфоструктур, формируются уже под непосредственным воздействием экзогенных факторов, прежде всего в тандеме со склоновыми процессами.

Например, в пределах Байкальской горной страны бассейновые системы, являются подсистемами морфосистем на основе сводово-глыбовых морфоструктур горных хребтов и котловин. Их стволые реки (главные аттракторы) не превышают четвертого, редко пятого, порядка. при этом реки более высоких (четвертого-пятого) порядков приурочены не к денудационным морфосистемам хребтов, а к транзитно-аккумулятивным системам сопряженных с ними котловин. Роль рек еще более высоких, чем пятый, порядков заключается, в основном, в приеме и транзите рыхлого материала от своих притоков, т.е. они являются аттракторами и выходами опирающихся на них бассейновых систем более низкого ранга, а также служат в роли границ между соседними денудационными системами уровня округов.

Бассейновые морфосистемы, развиваясь под контролем морфосистем на морфоструктурной основе, в то же время имеют относительную самостоятельность, активно осложняя и моделируя материнские морфосистемы. Это особенно относится к элементарным деструктивным бассейновым системам, в которых наиболее ярко и динамично проявляется чуткий механизм обратной связи между склоновыми и флювиальными процессами. Пространственное положение таких систем ограничивается главным репеллером – водораздельной линией их бассейна. В роли аттрактора выступает тальвег стволной реки бассейна, к которому сходятся все линии тока. Мощность слоя потенциальной денудации элементарных бассейнов не превышает нескольких сот метров, а у более сложных счет может идти и на тысячи метров.

На следующем уровне иерархии находятся склоновые системы. Обычно сложные склоны имеют три уровня: – пригребневые поверхности – собственно склоны – притальвеговые поверхности (днища). Противоположные склоны элементарных бассейнов образуют конструктивные парагенезы сходящихся к общему аттрактору скатов. К сложным склоновым морфосистемам относятся также отдельные изолированные положительные и отрицательные формы экзогенного мезо- и микрорельефа, образованные простыми склонами, опирающимися на общий местный базис денудации.

Сложные склоновые морфосистемы далее подразделяют на простые склоновые системы – элементарные динамические поверхности, различающиеся по крутизне, форме продольного и поперечного профиля, а

также по ряду признаков неморфологического характера. Они имеют свою структуру ППД, рисунок линий тока, репеллеры и аттракторы.

© В.П. Ступин, 2009

УДК 528.2
Е.М. Мазурова
МИИГАиК, Москва

О ВЫЧИСЛЕНИИ АНАЛИТИЧЕСКОГО ОБРАЗА ХАРТЛИ ДЛЯ ЯДРА МОДИФИЦИРОВАННОГО ИНТЕГРАЛА ВЕНИНГ-МЕЙНЕСА

E.M. Mazurova
Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow

ABOUT CALCULATION OF AN ANALYTICAL IMAGE HARTLY FOR A KERNEL OF THE MODIFIED VENING-MEINEZ'S INTEGRAL

The purpose of the given work is development of an image Hartly for a kernel of the modified Vening-Meinez's integral.

The concept of the deflection of the vertical is significant in physical geodesy. As the direction of the deflection of the vertical is defined by gravity, and evasion from them - gravity anomalies knowing these anomalies it is possible to find and deflection of the vertical.

With development GNSS-technologies, it is possible to confidently define the gravity disturbance. Therefore we can define the deflection of the vertical under a modified Vening-Meinez's formula.

This integral is an integral of convolution and for its calculation in the central zone (radius to 10) it is effective to use two-dimensional fast Hartly transformation, using thus flat approximation.

If the size of the central zone is to increase, it is necessary to change the integrated kernel. Fast Hartly transformation is especially effective, if the analytical image Hartly of an integrated kernel is known.

Понятие уклонения отвеса является одним из важнейших в физической геодезии. Поскольку направление отвесных линий определяется силой тяжести, а уклонения от них – аномалиями силы тяжести, то, зная эти аномалии, можно найти и сами уклонения.

В связи с развитием GNSS технологий стало возможным уверенное определение чистых аномалий силы тяжести, поэтому составляющие уклонения отвеса можно определять по модифицированной формуле Венинг-Мейнеса[1]

$$\begin{Bmatrix} \xi(\varphi, \lambda) \\ \eta(\varphi, \lambda) \end{Bmatrix} = \frac{1}{4\pi\gamma} \iint_{\sigma} \frac{dN(\psi)}{d\psi} \begin{Bmatrix} \cos \alpha \\ \sin \alpha \end{Bmatrix} \delta g(\varphi', \lambda') d\sigma. \quad (1)$$

Здесь σ - шаровая поверхность,

φ, λ - координаты точки вычисления,

φ', λ' - координаты текущей точки интегрирования,

δg - чистая аномалия;

$\frac{dN(\psi)}{d\psi}$ - производная функции Неймана, которая равна

$$K(\psi) = \frac{dN(\psi)}{d\psi} = \cos \operatorname{ec} \psi (1 - \cos \operatorname{ec} \frac{\psi}{2}). \quad (2)$$

Интеграл (1) является интегралом свертки и для его вычисления в центральной зоне (радиусом до 1^0) эффективно использовать быстрое двумерное преобразование Фурье или Хартли, используя при этом плоскую аппроксимацию вида[2]

$$\left\{ \begin{matrix} \xi(x, y) \\ \eta(x, y) \end{matrix} \right\} = \frac{1}{2\pi\gamma} \iint_{\Sigma} \frac{\delta g(x, y)}{r^3} \left\{ \begin{matrix} y \\ x \end{matrix} \right\} dx dy. \quad (3)$$

С целью увеличения центральной зоны без потери точности вычислений усилим интегральное ядро.

Для этого сначала функцию (2) аппроксимируем в виде

$$K(\psi) \sim \hat{K}(\psi) = \frac{1}{\psi} (1 - \frac{2}{\psi}). \quad (4)$$

Эквивалентность в (4) не означает равенства. Отличие между $K(\psi)$ и $\hat{K}(\psi)$ при $\psi^0 \leq 10^0$ доходят до 0.5%. Таким образом, функция $\hat{K}(\psi)$ хорошо аппроксимирует функцию $K(\psi)$.

Функцию $\hat{K}(\psi)$ представим в другом виде, для чего вместо углового расстояния ψ введем расстояние r по дуге большого круга

$$r = R\psi, \quad (5)$$

где R - средний радиус Земли, $r = \sqrt{x^2 + y^2}$ - линейное расстояние между точкой вычисления $A(0,0)$ и текущей точкой интегрирования $P(x, y)$.

Тогда, обозначая постоянные коэффициенты через M_2 и M_3 , получим

$$\hat{K}(x, y) = \frac{R}{r} - \frac{2R^2}{r^2} = \frac{M_2}{r} + \frac{M_3}{r^2}, \quad (6)$$

где

$$M_2 = R = 0.636744449 \cdot 10^4, \quad M_3 = -2R^2 = -0.810886989 \cdot 10^8. \quad (7)$$

Таким образом, модифицированный интеграл Венинг-Мейнеса с усиленным ядром будет иметь вид

$$\left\{ \begin{matrix} \xi(x_A, y_A) \\ \eta(x_A, y_A) \end{matrix} \right\} = \frac{1}{2\pi\gamma} \iint_{\Sigma} \delta g(x_P, y_P) \left\{ \begin{matrix} \frac{M_2}{r^2(AP)} + \frac{M_3}{r^3(AP)} \end{matrix} \right\} \left\{ \begin{matrix} y_A - y_P \\ x_A - x_P \end{matrix} \right\} dx_P dy_P. \quad (8)$$

Данный интеграл можно вычислить через преобразование Фурье или преобразование Хартли. Мы будем искать аналитический образ ядра для выполнения преобразования Хартли. Этот выбор обусловлен тем, что преобразование Хартли является чисто вещественным.

Вычисление составляющих уклонения отвеса на основе преобразования Хартли выполняется по алгоритму

$$\left\{ \begin{matrix} \xi(x_A, y_A) \\ \eta(x_A, y_A) \end{matrix} \right\} = \frac{1}{2\pi\gamma} H^{-1} [H \delta g \cdot H \left[\left(\frac{M_2}{r^2} + \frac{M_3}{r^3} \right) \left\{ \begin{matrix} y \\ x \end{matrix} \right\} \right]] . \quad (9)$$

Здесь H и H^{-1} соответственно прямое и обратное преобразование Хартли.

Наиболее эффективно можно вычислить интеграл (9), если найти аналитический образ его ядра.

Найдем аналитическое выражение образа Хартли для ядра интеграла (9), которое имеет вид

$$K(x, y) = \left(\frac{M_2}{r^2} + \frac{M_3}{r^3} \right) \left\{ \begin{matrix} y \\ x \end{matrix} \right\}. \quad (10)$$

Введем обозначения

$$m_l = \frac{1}{r^l} = \frac{1}{(\sqrt{x^2 + y^2})^l}, \quad (11)$$

где $l = 2, 3$.

С учетом (11) запишем функцию $K(x, y)$ по каждой из координат в виде

$$K_y = \sum_{l=2}^3 \frac{M_l \cdot y}{m_l} \quad (12)$$

и

$$K_x = \sum_{l=2}^3 \frac{M_l \cdot x}{m_l}. \quad (13)$$

Теперь будем искать аналитический образ Хартли для каждой из этих функций. Рассмотрим интеграл, выражающий преобразование Хартли[3]

$$H(u, v) = H \{ h(x, y) \} = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} h(x, y) \text{cas}[2\pi(ux + vy)] dx dy. \quad (14)$$

Здесь $\text{cas} \alpha = \sin \alpha + \cos \alpha$, символ H обозначает преобразование Хартли, $H(u, v)$ - образ Хартли для функции $h(x, y)$.

Для нашего случая имеем

$$k_{\xi, l}(u, v) = H \{ K_y(x, y) \} = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} K_y(x, y) \text{cas}[2\pi(ux + vy)] dx dy. \quad (15)$$

Здесь $k_{\xi, l}(u, v)$ образ Хартли функции $K_y(x, y)$

С учетом (12)

$$\begin{aligned} k_{\xi, l}(u, v) &= \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \left(\sum_{l=2}^3 \frac{M_l \cdot y}{m_l} \right) \text{cas}[2\pi(ux + vy)] dx dy = \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \left(\sum_{l=2}^3 \frac{M_l \cdot y}{m_l} \right) \{ \cos[2\pi(ux + vy)] + \sin[2\pi(ux + vy)] \} dx dy = \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \left(\sum_{l=2}^3 \frac{M_l \cdot y}{m_l} \right) [\cos(2\pi ux) \cos(2\pi vy) - \sin(2\pi ux) \sin(2\pi vy) + \\ &\quad + \sin(2\pi ux) \cos(2\pi vy) + \cos(2\pi ux) \sin(2\pi vy)] dx dy. \quad (16) \end{aligned}$$

Заметим, что первый и третий интегралы в (16) равны нулю, так как в них интегралы по переменной y представляют собой интегралы от нечетной функции по симметричному относительно нуля промежутку. Второй интеграл также равен нулю, так как в нем интеграл по переменной x также является нечетным на симметричном интервале. Поэтому остается интеграл вида

$$k_{\xi}(u, v) = \sum_{l=2}^3 k_{\xi, l}(u, v) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \left(\sum_{l=2}^3 \frac{M_l \cdot y}{m_l} \right) \cos(2\pi ux) \sin(2\pi vy) dx dy, \quad (17)$$

Положим сначала $l = 3$

$$k_{\xi,3} = M_3 \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{y}{(x^2 + y^2)^{3/2}} \cos(2\pi ux) \sin(2\pi vy) dx dy =$$

$$= M_3 \int_{-\infty}^{\infty} \cos(2\pi ux) dx \int_{-\infty}^{\infty} \frac{y}{(x^2 + y^2)^{3/2}} \sin(2\pi vy) dy . \quad (18)$$

Во внутреннем интеграле подынтегральная функция является четной, поэтому

$$\int_{-\infty}^{\infty} \frac{y \sin(2\pi vy)}{(x^2 + y^2)^{3/2}} dy = 2 \int_0^{\infty} \frac{y \sin(2\pi vy)}{(x^2 + y^2)^{3/2}} dy . \quad (19)$$

Согласно [2, № 2.5.9.11]

$$2 \int_0^{\infty} \frac{y \sin(2\pi vy)}{(x^2 + y^2)^{3/2}} dy = 2 \frac{\sqrt{\pi}}{\Gamma(3/2)} \left(\frac{2}{2\pi v} \right)^{-1} K_0(2\pi vx) . \quad (20)$$

Здесь $K_0(z)$ - модифицированная функция Бесселя 3-го рода нулевого порядка, $u > 0$, $v > 0$. С учетом значения гамма-функции $\Gamma(3/2) = \sqrt{\pi}/2$ выражение (19) можно записать

$$2 \int_0^{\infty} \frac{y \sin(2\pi vy)}{(x^2 + y^2)^{3/2}} dy = 4\pi v K_0(2\pi vx) . \quad (21)$$

Внешний интеграл в (17) также является четной функцией и согласно [4, № 2.16.14.1] равен

$$8\pi v \int_0^{\infty} K_0(2\pi vx) \cos(2\pi ux) dx = \frac{\pi v}{\sqrt{u^2 + v^2}} . \quad (22)$$

Таким образом

$$k_{\xi,3} = \frac{M_3 \pi v}{\sqrt{u^2 + v^2}} . \quad (23)$$

Заметим, что в (23) $u > 0$, $v > 0$.

Теперь положим $l = 2$ и получим интеграл вида

$$k_{\xi,2} = M_2 \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{y}{x^2 + y^2} \cos(2\pi ux) \sin(2\pi vy) dx dy =$$

$$= M_2 \int_{-\infty}^{\infty} \cos(2\pi ux) dx \int_{-\infty}^{\infty} \frac{y}{x^2 + y^2} \sin(2\pi vy) dy . \quad (24)$$

Рассмотрим внутренний интеграл с учетом того, что подынтегральное выражение является четной функцией и на основе [5, № 2.5.9.9] имеем

$$2 \int_0^{\infty} \frac{y}{x^2 + y^2} \sin(2\pi vy) dy = 2 \frac{\pi}{2} e^{-2\pi vx} = \pi \exp(-2\pi vx) . \quad (25)$$

Внешний интеграл в (24) является четным, тогда, учитывая [2, № 2.5.30.8], что

$$2\pi \int_0^{\infty} \exp(-2\pi vx) \cos(2\pi ux) dx = 2\pi \frac{2\pi v}{4(\pi u)^2 + 4(\pi v)^2} = \frac{v}{u^2 + v^2} , \quad (26)$$

окончательно имеем

$$k_{\xi,2} = \frac{M_2 v}{u^2 + v^2} . \quad (27)$$

Тогда полное значение образа ядра при вычислении составляющей ξ уклонения отвеса в меридиане равно

$$H\{K_y(x, y)\} = k_\xi = \frac{M_3 v}{\sqrt{u^2 + v^2}} + \frac{M_2 v}{u^2 + v^2}. \quad (28)$$

Здесь k_ξ - аналитический образ Хартли для ядра модифицированного интеграла Венинг-Мейнеса при вычисления компоненты ξ .

Аналогичные выводы проводим относительно вычисления аналитического образа Хартли ядра модифицированного интеграла Венинг-Мейнеса при вычислении компоненты η . Опуская выводы, запишем

$$H\{K_x(x, y)\} = k_\eta = \frac{M_3 u}{\sqrt{u^2 + v^2}} + \frac{M_2 u}{u^2 + v^2}. \quad (29)$$

Полученные формулы (28) и (29), которые полностью аналогичны, меняются местами только аргументы u и v .

Данные формулы значительно упрощают процесс вычисления составляющих уклонения отвеса при использовании быстрого преобразования Хартли и позволяют без потери точности увеличивать центральную зону.

Полученные аналитические значения образов Хартли для ядер в модифицированном интеграле Венинг-Мейнеса получились вещественными. Это упрощает процесс вычислений и значительно экономит память ЭВМ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шимбирев, Б.П. Теория фигуры Земли.- М.: Недра, 1975.- 432 с.
2. Мазурова, Е.М. К вопросу об определении одной из компонент внешнего гравитационного поля Земли// Исследование Земли из космоса.-2005.- №6, С.28-33.
3. Брейсуэлл, Р. Преобразование Хартли.- М.: Мир, 1990.- 175с.
4. Прудников, А.П. Интегралы и ряды. Специальные функции / А.П. Прудников, Ю.А. Брычков, О.И. Маричев.- М.: Наука, 1983.- 750с.
5. Прудников, А.П. Интегралы и ряды/ А.П. Прудников, Ю.А. Брычков, О.И. Маричев.- М.: Наука, 1981.- 798с.
6. Нейман, Ю.М. Вероятностная модификация формулы Стокса при вычислении аномалии высот// Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка.- 1974.- № 6.- С. 21 – 24.

© Е.М. Мазурова, 2009

УДК 551. 24
Ю.О. Кузьмин
ИФЗ РАН, Москва

АВТОВОЛНОВЫЕ ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ЗОНАХ РАЗЛОМОВ

Yu.O. Kuzmin

Schmidt Institute of Physics of the Earth (Russian Academy of Sciences
Str. B. Gruzinskaya 10, Moscow, 123995, Russian Federation

THE AUTOVAVE GEODANAMIC PROCESSES IN THE FAULT ZONES

The investigations of recent dynamics of the geological medium by geodetic, geophysic and seismologic methods indicate to existence of high activity of the fault zones. This processes have autovave character, the migration of deformational front is realized from one fault zone to another with the rate velocity of about 20 km/ year.

При тектонофизической интерпретации данных геодинамического мониторинга природно-технических систем возникают существенные противоречия при сопоставлении пространственно-временных характеристик наблюдаемых процессов и аналогичных характеристик геологической среды.

Результаты исследования современной геодинамической активности разломных зон проводимое геодезическими (спутниковыми и/или наземными) и геофизическими (наклономерно - деформографическими) методами, зачастую входят в существенное противоречие с аналогичными данными, получаемыми геолого-геоморфологическими методами.

Так, хорошо известный парадокс «больших скоростей современных вертикальных движений земной поверхности» в платформенных регионах возник в результате сопоставления результатов повторных нивелирных наблюдений с существующими геотектоническими построениями для различных структур. Выявленные среднегодовые скорости вертикальных смещений на уровне первых мм в год должны были бы привести к возникновению существенных гор и впадин на платформах, что, естественно, не наблюдалось в действительности. Тогда, в 60-ые годы прошлого века, удалось разрешить этот парадокс, показав, что современные движения земной поверхности на платформах имеют колебательный (знакопеременный) характер своего проявления, что не позволяет сформировать интенсивные положительные или отрицательные формы рельефа за длительный интервал времени.

Позднее удалось строго показать, что решение этого парадокса достигается введением двух масштабов времени протекания процессов: «современного» и «геологического» [1]. При этом «современный» масштаб времени протекания

процессов достаточно строго определяется интервалами времени порядка 10^{-1} - 10^1 лет и продиктован условием, когда «начало» и «завершение» наблюдаемого процесса целиком укладывается в интервал между повторными циклами измерений.

В последнее время, благодаря широкому применению методов GPS наблюдений для изучения современных движений (в первую очередь горизонтальных) земной поверхности, появились новые данные о среднегодовых скоростях относительных деформаций. Анализ этих данных позволяет сформулировать «Парадокс малых скоростей современных горизонтальных деформаций земной поверхности», когда по данным GPS измерений среднегодовые скорости относительных деформаций составляют величины 10^{-9} – 10^{-10} в год, в то время, как по данным наземных геодезических и деформографических наблюдений, скорости современных горизонтальных деформаций земной поверхности имеют порядок 10^{-5} – 10^{-6} в год. Этот парадокс также разрешается введением двух масштабов расстояний измеряемых процессов: «блоковым» и «разломным».

Тектонофизический анализ пространственно-временной структуры современных движений земной поверхности, проведенный для регионов с различными геодинамическими характеристиками, показал, что причиной отклонения скорости, направленности и уровня современных движений от процессов, унаследованных от прошлых геологических эпох, являются деформации земной поверхности, локализованные в пределах разломных зон.

Иными словами, если считать реально существующей «иерархию пространственных масштабов» организации геоструктурных элементов, то автоматически необходимо вводить «иерархию времен» протекания процессов.

Детальное изучение пространственно-временных особенностей формирования аномальных геодинамических явлений, полученных по большому массиву повторных геодезических, геофизических и сейсмологических наблюдений, позволило установить наличие волновых деформационных процессов в разломных зонах ряда осадочных бассейнов [2].

Эти волны регистрировались в виде последовательности возникновения геодинамических аномалий на смежных разломах (от одного разлома к другому и т.д.) или на смежных фрагментах в пределах одной и той же зоны разлома. Наблюдаемые процессы носили характер «эстафетной передачи» аномальной активности от одного геодинамически активизированного объекта к другому.

Создавалось впечатление, что по пространству распространяется волна возбуждения аномальных деформационных процессов, причем в качестве возбудимых элементов выступали зоны разломов или их активизированные фрагменты.

Было показано, что скорости распространения деформационных волн заключены в диапазоне от первых километров в год до десятков километров в год в зависимости от характера распространения этих волн. Основное различие в характере распространения этих зон заключается в том, что в случае передачи деформационного возбуждения от разлома к разлому (межразломная волна) значение скорости заключено в интервале от 3 км/год до 30 км/год. Если же

возбуждение процессов протекает в пределах одной разломной зоны (внутриразломная волна), то скорость меняется от 30 км/год до 60 км/год.

Резюмируя эти результаты, можно высказать мнение, что пространственно-временная миграция аномалий современных движений земной поверхности является следствием автоволновых деформационных процессов в геодинамически активной, возбудимой геологической среде, являющейся открытой системой.

Действительно, изолированные на первый взгляд, разломные зоны имеют возможность обмениваться как энергией (за счет взаимодействия аномальных локальных полей напряжений и деформаций), так и веществом (за счет флюидодинамических процессов, присущих разломным зонам осадочных бассейнов), что и формирует автоволны деформаций.

Иными словами, в условиях постоянной энергетической подпитки со стороны региональных и глобальных геодинамических процессов обеспечивается существование автоволновых пространственно-временных структур, выражающихся в эффектах триггерного взаимодействия и перезапуска активности, смежных геодинамически возбудимых разломных зон и их фрагментов.

Следует особо подчеркнуть, что автоволновые деформационные процессы существенным образом отличаются от обычных (линейных) волновых процессов.

Наиболее привычным типом волн являются волны в линейных средах - световые, акустические, радиоволны и т.п. Автоволны – совершенно другие волновые образования. Их свойства существенно отличаются от привычного характера поведения обычных волн.

Таблица 1. Сравнение свойств волн и автоволн

Свойство	Волны	Автоволны
Сохранение энергии	+	-
Сохранение амплитуды и формы	-	+
Интерференция	+	-
Аннигиляция	-	+
Отражение	+	-
Дифракция	+	+

Как видно из таблицы, почти по всем признакам свойства автоволн и волн диаметрально противоположны. Линейные волны хорошо распространяются в средах, где диссипация энергии отсутствует или очень мала; в противном случае они быстро затухают.

Автоволны распространяются в средах, далеких от равновесия. В этих средах потери на диссипацию велики, но они компенсируются при прохождении волны за счет подвода энергии от распределенного внешнего источника. Роль такого внешнего источника может играть также распределенный по среде большой запас энергии: при прохождении отдельной волны расходуется лишь очень малая часть этого запаса.

Форма, амплитуда и скорость автоволны определяются однозначно свойствами самой активной среды и не зависят от начальных условий. Эти характеристики автоволн восстанавливаются после малых возмущений. Все автоволны в активной среде одинаковы. Такая устойчивость не характерна для волн в линейных средах.

Если среда описывается линейными уравнениями, для распространяющихся в ней волн справедлив принцип суперпозиции: при встрече двух волн наблюдается простое наложение их амплитуд и связанные с ним явления интерференции, хорошо известные из оптики. В отличие от этого при столкновении двух волн в возбудимой среде происходит их полное взаимное погашение (аннигиляция).

Это свойство автоволн легко понять, вспомнив, что их типичным примером является волна горения в среде с восстановлением. Две волны горения не могут пройти друг сквозь друга и гаснут при встрече.

Электромагнитные и звуковые волны отражаются от препятствий и границы среды. Отражения автоволн никогда не наблюдаются (что вновь очевидно на примере волн горения).

Лишь один признак – дифракция – присущ одновременно обоим типам волн. Как и в оптике, положение фронта волны возбуждения в следующий момент времени может быть построено по принципу Гюйгенса.

Очень часто происходит смешение понятий и в качестве демонстрации автоволновых процессов используются представления о солитонах. Коренное отличие автоволн от уединенных волн (солитонов) в нелинейных консервативных средах заключается в том, что в противоположность автоволнам скорость, форма и амплитуда солитонов зависят не только от параметров среды, но и от условий его образования.

В одной и той же среде можно создать солитоны, движущиеся с разными скоростями и имеющие разную амплитуду. Включение диссипации приводит к торможению солитонов.

Солитоны – сильно нелинейные объекты, и при их столкновении принцип суперпозиции не выполняется. Тем не менее, они ведут себя во многом подобно невзаимодействующим частицам. После столкновения солитоны восстанавливают свою форму и продолжают двигаться с теми же скоростями и в тех же направлениях, что и до встречи. Свойством аннигиляции солитоны не обладают.

В работе [2] представлена модель формирования автоволновых геодиффузионных процессов. В рамках этой модели получено уравнение нелинейной диффузии смещений земной поверхности

$$\frac{dU}{dt} = D \cdot \Delta U + F(U), \quad (1)$$

где Δ – Лапласиан, D – коэффициент диффузии смещений, $F(U)$ – локальный закон роста аномальных смещений на разломе.

Обобщение большого набора эмпирических данных позволяет в качестве локального закона роста аномальных смещений использовать функцию вида

$$F(U) = \frac{U}{t_0} \left(1 - \frac{U}{U_{max}}\right), \quad (2)$$

где U_{max} – максимальное смещение аномалии за период t_0 . Оказалось, что выведенная в терминах параметрического возбуждения деформационных процессов в разломных зонах, формула (1) есть известное в теории популяционных волн уравнение Колмогорова – Петровского- Пискунова. В рамках этого формализма доказано существование решения (1) типа бегущей волны $U(X + V_t)$, распространяющейся со скоростью

$$V_0 = 2 \cdot D \cdot F'(0), \quad (3)$$

Так как в уравнении (2) $F'(0) = 1 / t_0$, то

$$V_0 = 2 \cdot D / t_0 \quad (5)$$

Для типичных геологических сред коэффициент диффузии можно выразить в виде $D = L^2 / \tau$, где L – характерный горизонтальный размер в геодинамической аномалии, а τ - время релаксации среды. В этом случае для наиболее типичных значений приведенных параметров получается, что V лежит в интервале от 1 до 100 км/год.

Предложенная модель объясняет характерные различия в величинах скоростей межразломных и приразломных волн. Это можно продемонстрировать на примере результатов комплексной интерпретации большого объема повторных нивелирных наблюдений в пределах Припятского прогиба [3].

Оказалось, что источники аномальных геодеформационных процессов представлены полосами широтного простирания, приуроченными к разломным зонам, причем каждая из которых состоит из набора активизированных фрагментов. Если при этом, ввести в рассмотрение расстояние между активизированными разломами (полосы) L_1 и расстояние между активизированными фрагментами в пределах одной полосы L_2 , то видно, что отношение между ними будет приблизительно соответствовать $L_1 / L_2 \propto 2 - 3$.

В этом случае за одно и то же время формирования аномалии t_0 диффузия смещений между разломами будет в 2-3 раза меньше, чем между фрагментами внутри разломной зоны. Результатом этого будет различие между скоростями указанных процессов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кузьмин, Ю. О. Проблемные вопросы изучения деформационных процессов в современной геодинамике/ Ю. О. Кузьмин // Горный информационно - аналитический бюллетень. - М.: МГГУ. - № 2. - 2008. - С.17-22.
2. Кузьмин, Ю.О. Современная геодинамика и оценка геодинамического риска при недропользовании / Ю. О. Кузьмин.- М.: АЭН, 1999. -220 с.

3. Кузьмин, Ю.О. Современные суперинтенсивные деформации земной поверхности в зонах платформенных разломов/ Ю. О. Кузьмин // Геологическое изучение и использование недр. - М.: Геоинформмарк , №4. -1996. -С.43-53.

© Ю.О. Кузьмин, 2009

УДК528.2

Н.И. Стефаненко

Филиал ОАО «РусГидро» – «Саяно-Шушенская ГЭС имени П.С. Непорожного», Саяногорск

ИЗ ОПЫТА ЭКСПЛУАТАЦИИ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА СРЕДСТВ И МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ ОБЩИХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ АРОЧНО- ГРАВИТАЦИОННОЙ ПЛОТИНЫ СШГЭС

N.I. Stefanenko

Sayano-Shushenskaya HPS
665619, Post Box 39, Cheremushky,
Sayanogorsk, Khakasiya, Russia

THE OPERATING EXPERIENCE OF GEODETIC COMPLEX OF CONTROL DEVICES AND METHODS MONITORING THE MOVEMENT OF THE SAYANO-SHUSHENSKAYA ARCH- GRAVITY DAM

The article estimates the engineering-geodesic complex of control devices and methods monitoring general movements of the Sayano-Shushenskaya arch-gravity dam. It explores the technique aimed at detecting horizontal shifts of the dam and based on the network of prolated triangles. It also considers the stability of initial horizontal high–altitude nets and the problems connected with the improvement of monitoring control devices and methods.

Дана оценка инженерно-геодезического комплекса средств и методов контроля общих перемещений арочно-гравитационной плотины СШГЭС. Исследована методика определения горизонтальных перемещений плотины по сети вытянутых треугольников. Произведена оценка стабильности исходных планово-высотных сетей. Отражены отдельные вопросы по совершенствованию средств и методов наблюдений.

В соответствии с Федеральным законом "О безопасности гидротехнических сооружений (№ 117-ФЗ, 21.07.1997 г.)" натурные наблюдения являются основным средством обеспечения безопасной работы гидротехнических сооружений. Данные натурных наблюдений позволяют сравнить действительное поведение сооружения с проектным и контролировать все изменения в процессе эксплуатации, т.е. диагностировать сооружение в различные периоды его жизнедеятельности.

В общем комплексе натурных наблюдений за состоянием гидротехнических сооружений геодезические методы контроля являются надежными, позволяющими оценить фактическое состояние сооружения, выявить нежелательные процессы, происходящие в сооружении, и с учетом

данных других методов, принять решения к предотвращению возможных аварийных ситуаций.

Разработка и совершенствование средств, методов диагностического контроля состояния гидротехнических сооружений, оценка стабильности исходных точек с целью получения наиболее достоверных данных о состоянии сооружений являются одной из основных задач, которые стоят перед эксплуатационным персоналом любых ответственных гидротехнических сооружений.

Методы наблюдений, используемые в период нормальной эксплуатации.

Наблюдения за осадками плотины и прилегающей территории выполняются методами геометрического и гидростатического нивелирования. Определение горизонтальных перемещений плотины, основания и вмещающих горных массивов в основном производятся методом линейных измерений и по показаниям «прямых» и «обратных» отвесов. Раскрытия швов контролируется по показаниям щелемеров.

Геодезическая контрольно-измерительная аппаратура (КИА) состоит из опорных и рабочих планово-высотных сетей. Опорная высотная сеть состоит из кустов фундаментальных реперов, плановая сеть представлена гидротехнической спецтриангуляцией (рис. 1, 2). Обе сети ("внешние" опорные сети) находятся вне зоны активных деформаций, что подтверждается результатами измерений. На гребне плотины и прилегающей территории развиты "рабочие" планово-высотные сети, представленные в виде поверхностных марок, скальных и грунтовых реперов и плановых знаков преимущественно трубчатого типа.

В плотине, для определения перемещений отдельных секций, столбов или горизонтов также развиты планово-высотные ("внутренние") измерительные сети (рис. 3). Высотная сеть состоит из системы продольных и поперечных гидростатических нивелиров, поверхностных марок и элеваторов высот.

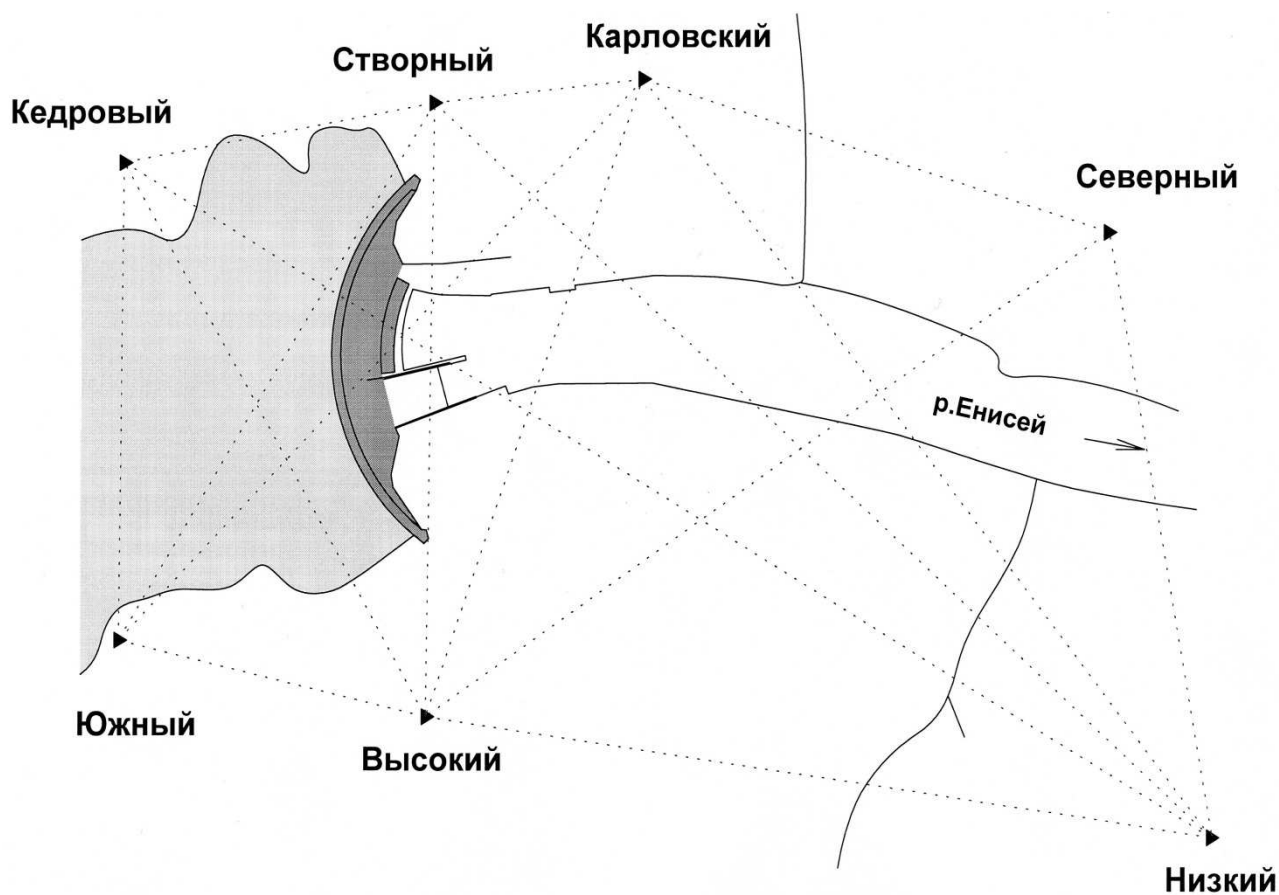


Рис. 1. Внешняя опорная плановая сеть

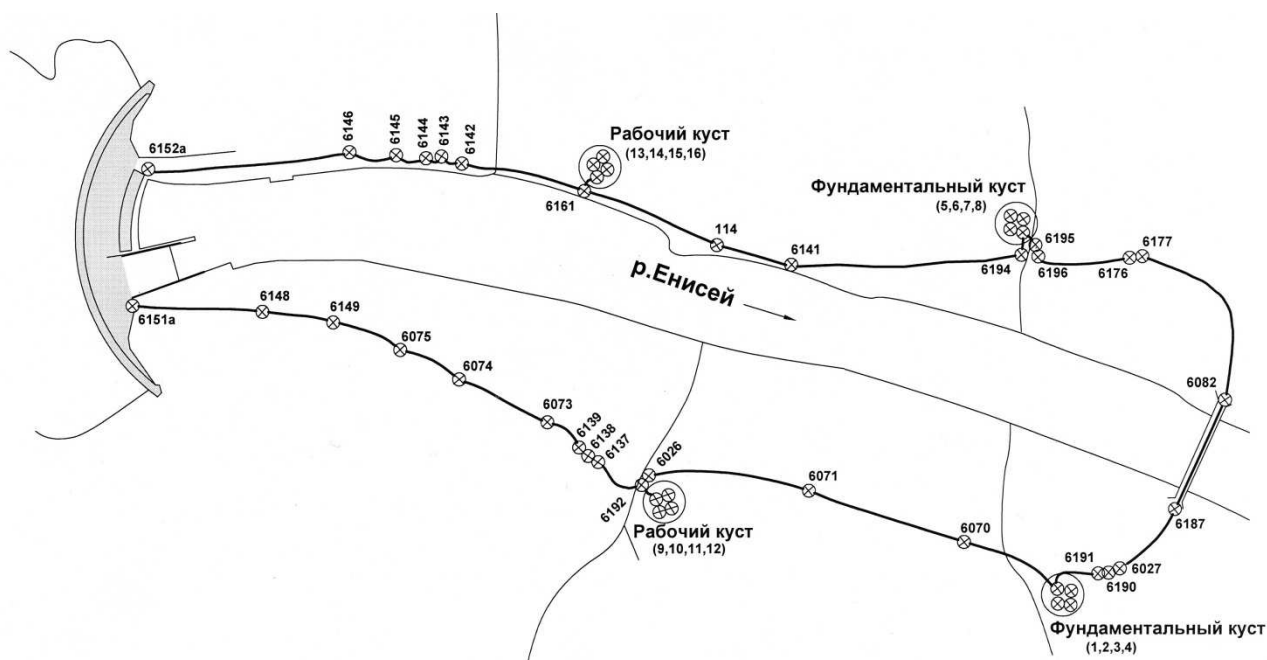


Рис. 2. Внешняя высотная сеть

В период строительства и начальный период эксплуатации для определения плановых смещений отдельных секций плотины и берегов на горизонтах 344, 413 и 467 м использовались измерительные системы,

состоящие из сети вытянутых треугольников (СВТ). Результаты измерений по СВТ неоднократно подвергались сомнению и мало использовались для анализа состояния сооружения. Отмечается, что на других ГЭС аналогичные сети не применялись. Используются только отдельные струнные створы как, например, на Красноярской ГЭС.

Полученные по СВТ так называемые "смещения" существенно различались с показаниями другой независимой измерительной системы, состоящей из "прямых" и "обратных" отвесов. Также были зафиксированы большие "смещения" концов штолен, особенно в галерее на отметке 413 м, что не находило логического объяснения. Например, в период с 13.01.93 по 21.05.93 во время сработки водохранилища при общем смещении плотины в верхний бьеф, концевые точки штолен смещались в нижний бьеф. В забоях левобережных штолен на отметке 413 м эта величина составила 58 мм, а на отметке 467 м - 19 мм. В забоях правобережных штолен эти величины соответственно составили 45 и 32 мм [1].

Анализ многолетних наблюдений выявил определенную закономерность, не совпадающую с изменением гидростатической нагрузки и имеющую сезонный характер.

Максимальные смещения в нижний бьеф наблюдались в мае-июле, в верхний бьеф в декабре-феврале, в связи с чем было высказано предположение об отклонении струны от истинного положения потоками воздуха, что существенно вносит искажения в конечный результат определения смещений.

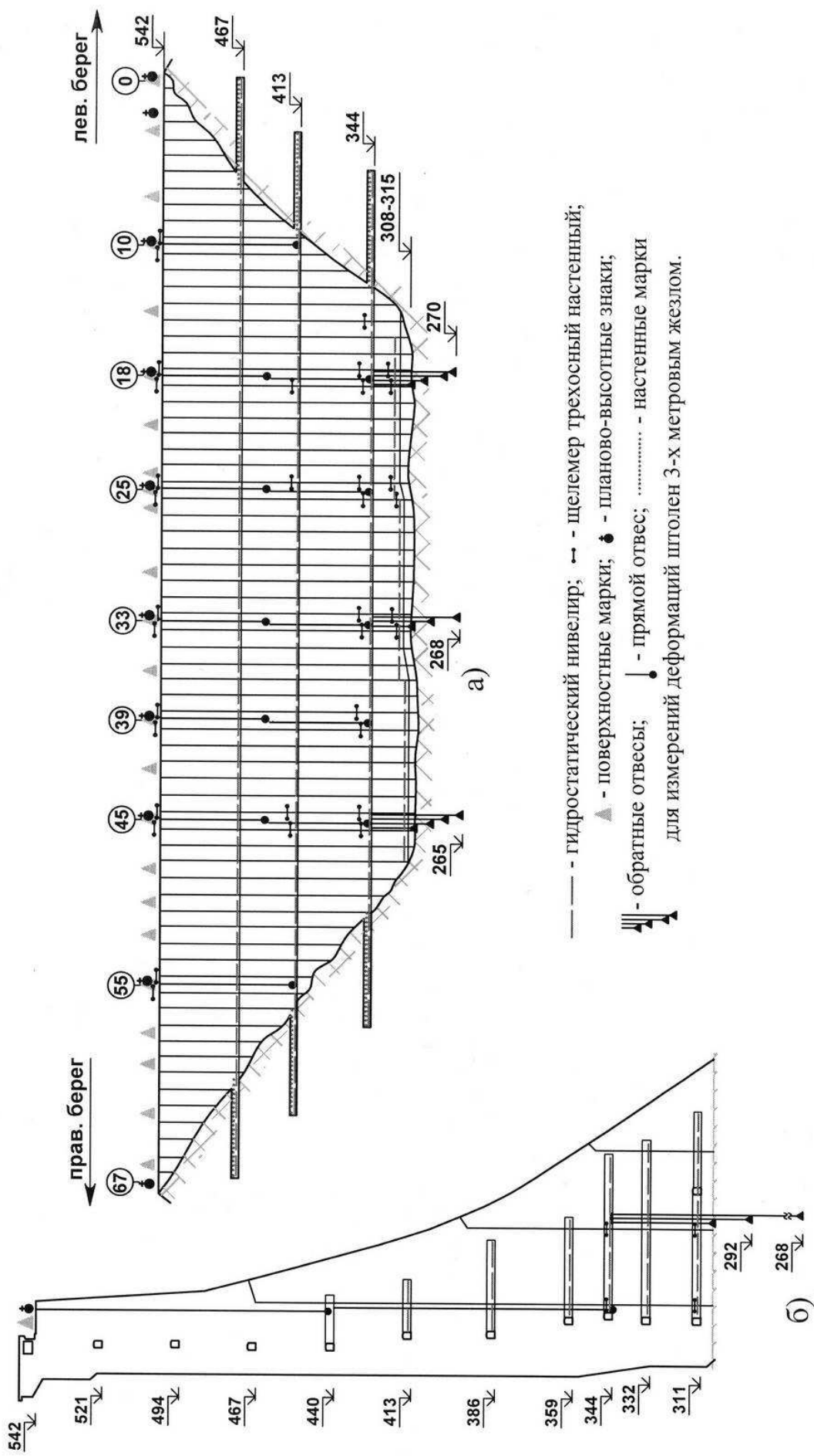


Рис. 3. Внутренняя плано-высотная сеть:
 а) вид на плотину с нижнего бьефа; б) разрез по секции 33.

Расчет возможного отклонения струны в середине пролета под действием ветрового напора показал, что при длине струны 90 м, диаметре 1.6 мм, натяжении струны более 1177 Н и скорости ветрового потока, принимаемой значение 1 м/с, отклонение может составлять до 0.64 мм.

Для фактической оценки влияния воздушных потоков на струны СВТ были выполнены специальные исследования. На отметке 413 м от измерительной балки секции 50 до балки 1п к струне по всей длине был установлен экран, вдвое увеличивающий площадь поперечного сечения струны, практически без увеличения силы натяжения. В секции 52, до установки экрана и после, были выполнены измерения высоты. Разность результатов измерений составила 0.8 мм.

Расчеты показывают, что при систематической ошибке в измерении высот +0.25 мм зимой и -0.25 мм летом, «смещения» концевых точек штолен на отметке 413 м могут достигать до 58 мм. Данные векторы так называемых «смещений», вычисленные как возможные ошибки измерений, имеют то же направление, что и получаемые по результатам наблюдений.

Галереи плотины в вертикальной плоскости пересекаются смотровыми шахтами, шахтами лифтов, маршевыми лестницами, в горизонтальной - имеют сообщения с «дневной» поверхностью. Из-за перепада атмосферного давления в следствии разности температур наружного воздуха и в галереях плотины, образуется воздушный поток, отклоняющий струну от створа, что и подтверждается приведенными выше экспериментальными данными. Направление и скорость потока воздуха меняется от разности температур в зависимости от времени года.

С целью определения истинного положения концевых точек штолен, их координаты определялись методом полигонометрии относительно внешней опорной сети. Ошибка определения смещений не превышает $m=\pm 4$ мм. Смещения, полученные по результатам наблюдений, не превосходят ошибок измерений (табл. 1), что подтверждает стабильность концов штолен, и не согласуется с показаниями СВТ.

Таблица 1. Смещения концевых марок СВТ, расположенных в забое штолен

Дата	С М Е Щ Е Н И Я			
	Отметка 467 м		Отметка 413 м	
	X	Y	X	Y
23.05.94	+2	0	-	-
13.09.94	+7	+2	-	-
17.05.95	0	0	0	0
22.06.95	-1	+7	+1	+2
07.09.95	+1	+2	-1	+2
17.12.97	+2	0	-	-

Следовательно, “смещения” концов штолен получаемые по СВТ являются следствием ошибок измерений, основной источник которых - это действие ветрового напора.

Оценка стабильности исходных планово-высотных сетей

Выбор исходных пунктов планово-высотной сети и оценка стабильности их положения - это одна из наиболее важных проблем натурных наблюдений за общими перемещениями гидротехнических сооружений. Расположение исходных пунктов вблизи сооружения способствует вовлечению их в зону распространения "воронки" оседания. Значительное удаление от сооружения, в свою очередь, ведет к росту ошибок самих результатов измерений, что, в конечном итоге, приводит к искажению определяемых параметров. Следовательно, перед эксплуатационниками возникает две проблемы:

1. Необходимость оптимального выбора расположения пунктов;
2. Ведение периодического контроля за их стабильностью с максимальной возможной точностью.

Так как плотина Саяно-Шушенской ГЭС расположена в глубоко врезанной каньонообразной долине с крутизной склонов от 35° до 90° , то расположение пунктов в большей степени диктуется особенностями рельефа, и выбор оптимального их расположения достаточно ограничен. Поэтому процесс оптимизации в данном случае решается путем совершенствования средств и методов измерений.

Горизонтальные перемещения гидротехнических сооружений определяются относительно закрепленных вне деформационной зоны исходных пунктов, которые должны быть в пределах ошибок измерений неподвижными за весь период наблюдений («внешняя» плановая сеть). Положение координат исходных пунктов проверяется регулярными измерениями и в случае обнаружения их подвижек, превышающих ошибки измерений, подлежат тщательной дополнительной проверке и корректировке. На СШГЭС исходной плановой основой (внешняя сеть) служит сеть 1964 - 1972 г.г. гидротехнической спецтриангуляции. Сеть спецтриангуляции создавалась на период строительства гидроузла с целью обеспечения геодезической основы крупномасштабных съемок и выноса в натуру основных осей сооружения - эта сеть состояла из трех ярусов, расположенных на различных горизонтах.

В настоящее время в качестве исходных используются пункты сети гидротехнической спецтриангуляции третьего яруса (каркасная сеть), расположенные на отметках 600 - 800 метров, как наиболее сохранившиеся и менее подверженные влияниям возможных деформаций и техногенных явлений.

Измерения горизонтальных смещений по "каркасной" сети и смещений гребня плотины проводятся методом трилатерации. Данный метод в сравнении с триангуляцией и линейно-угловыми измерениями позволяет определять смещения пунктов с более высокой точностью и меньшими

трудозатратами, что достигается применением высокоточных и современных лазерных дальномеров.

До 2001 года измерения выполнялись отечественными светодальномерами СП- 2 "Топаз". Паспортная средняя квадратическая погрешность измерения расстояния составляла $m = \pm(2+2 \cdot 10^{-6} \cdot D)$ мм, где D - расстояние в км.

С 2000 года измерения выполняются с применением высокоточного лазерного дальномера DI 2002 и электронного тахеометра ТС 2003. Паспортная средняя квадратическая погрешность измерения расстояния этими приборами составляет $m = \pm(1+1 \cdot 10^{-6} \cdot D)$ мм.

Уравнивание сети трилатерации выполняется в программном комплексе CREDO.

Отклонения значений координат и длин линий по оценке точности не выходят за пределы эллипса ошибок, что говорит о достаточной стабильности исходной "внешней" плановой сети (рис. 4).

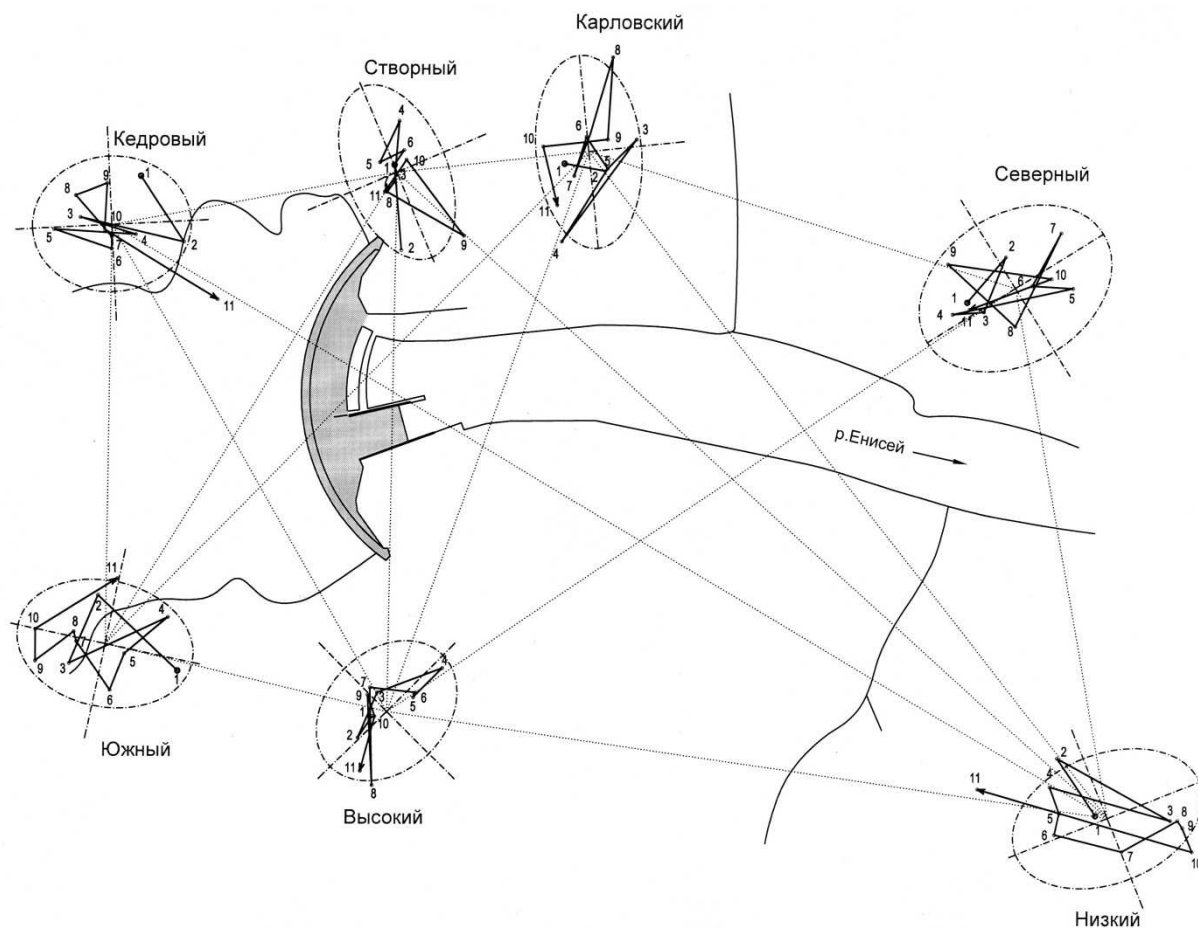


Рис. 4. Схема опорной внешней плановой сети с эллипсами ошибок

Применение дальномера DI 2002 и тахеометра ТС 2003 в качестве основных средств измерений позволило существенно повысить точность и сократить время измерений в цикле.

"Внутренняя" измерительная сеть состоит из трех кустов "обратных" отвесов, расположенных в секциях 18, 33 и 45, и 7 "прямых" отвесов в двух ярусах. "Прямые" отвесы расположены в секциях 10, 18, 25, 33, 45, 55, оголовки

выведены на гребень плотины. Якоря "обратных" отвесов заглублены в подошву плотины на максимальную глубину до 40 м от контакта скала-бетон, а оголовки выведены на отметку 344 м (рис. 3).

Совместная обработка результатов измерений смещений гребня плотины по "внешней" и "внутренней" сетям позволяет решать две задачи:

1. Оценить стабильность исходных пунктов "внутренней" измерительной сети, что особенно важно, так как якоря "обратных" отвесов являются опорными знаками "внутренней" измерительной сети;
2. Определить смещение якорей "обратных" отвесов на разных горизонтах.

Оценка данных результатов позволяет судить о деформациях, происходящих в основании плотины. Исходя из анализа ряда наблюдений за период нормальной эксплуатации с 1990 по 2008 гг., положение якорей обратных отвесов стабильно (рис. 5).

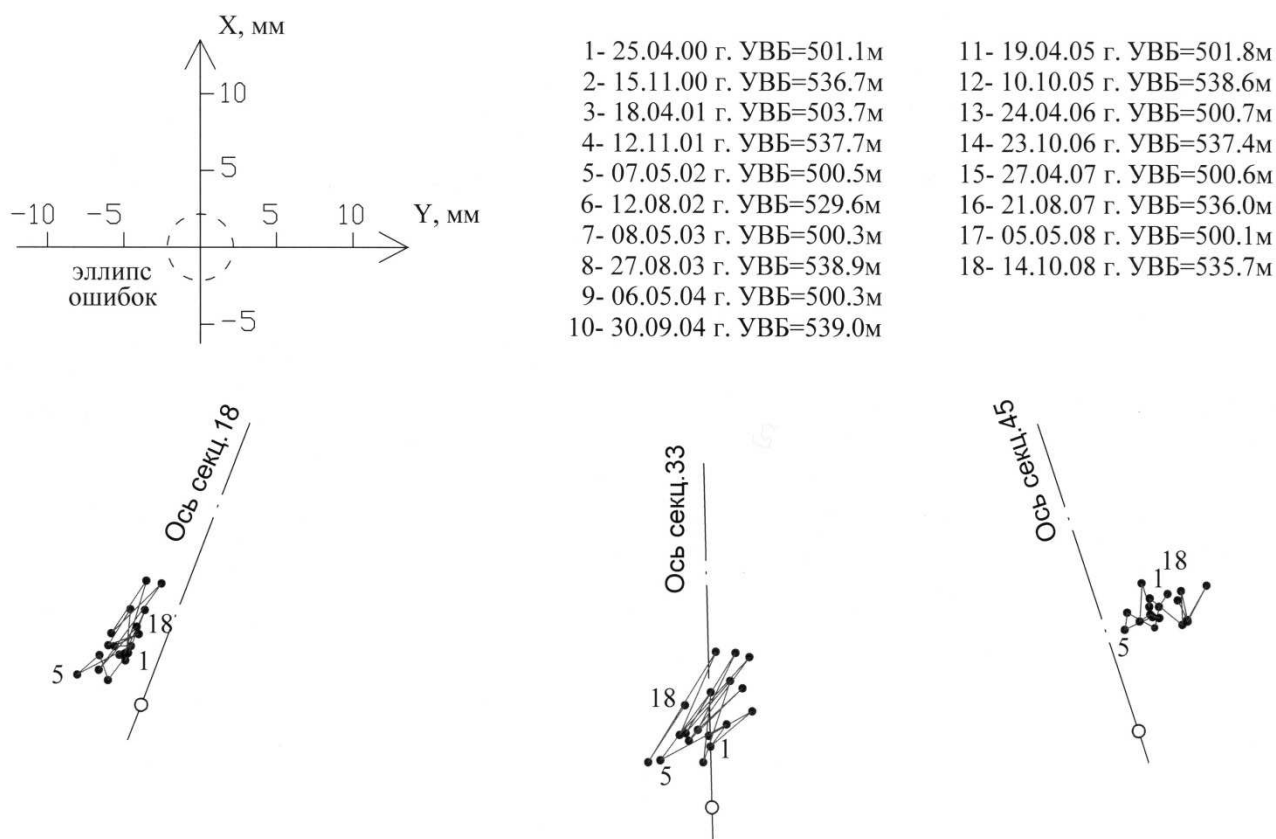


Рис. 5. График смещений якорей «обратных» отвесов

Оценка устойчивости положения исходных высотных реперов регулярно контролируется высокоточными нивелирными ходами между ними и проверкой взаимного положения куста реперов. Расхождения превышений от среднего многолетнего значения за период с 1993 по 2006 года не выходят за пределы допустимых значений, что говорит о стабильности высотной опорной сети.

Совершенствование средств и методов измерений

Вопросу совершенствования средств и методов наблюдений на СШГЭС уделяется особое внимание.

Так, вертикальные перемещения гидротехнических сооружений СШГЭС и прилегающей территории определяются относительно фундаментальных и рабочих кустов реперов ("внешняя" высотная сеть), расположенных в нижнем бьефе СШГЭС на расстоянии 3 и 1.5 км (рисунок 2).

Нивелирование между реперами выполняется по методике гидротехнического нивелирования первого разряда. Средняя квадратическая ошибка на станции, полученная по результатам уравнивания высотной сети, составляет порядка ± 0.13 мм при допустимой ± 0.3 мм. Фактическая ошибка определения осадки марки, наиболее удаленной от фундаментальных реперов, составляет ± 1.4 мм. Нивелирование в различное время выполнялось высокоточными нивелирами Ni 002 А, электронным нивелиром DL 101, в настоящее время используется нивелир НАК-2.

При наполнении водохранилища от УМО до НПУ осадка реперов, расположенных в приплотинной зоне, и конечных марок гидростатических нивелиров, расположенных в забое лево - и правобережных штолен, составляет 4-6 мм и с 1992 практически не изменяется. При статистической обработке имеющегося ряда наблюдений была получена аналитическая зависимость вертикальных перемещений марок, расположенных в торцах штолен на отметке 344 м от изменения УВБ, которая может быть представлена в виде:

$$\text{МГН 7л} = [346.8557 - 0.000116 \times (\text{УВБ} - 500)] \text{ м},$$

$$\text{МГН 8п} = [346.8922 - 0.000114 \times (\text{УВБ} - 500)] \text{ м}.$$

Использование марок гидростатического нивелира, расположенных на отметке 344м, МГН 7л и МГН 8п как опорных точек (между циклами подходного нивелирования), позволяет значительно быстрее и, следовательно, точнее получать информацию о вертикальных перемещениях секций плотины. В целях контроля и подтверждения приведенной выше зависимости проводятся два ежегодных цикла нивелирования.

Связь марок, расположенных на гребне плотины, и продольных гидростатических нивелиров с «внешней» опорной сетью осуществляется через элеваторы высот. До 2002 года для передачи отметок использовались струнные элеваторы высот, сложные в эксплуатации и очень уязвимые к внешним воздействиям, последствия которых могли быть обнаружены только при очередном компарировании. Затруднено также проведение работ по компарированию проволок элеваторов высот, так как в этом случае возникает необходимость демонтировать первичные измерительные преобразователи системы автоматизированного контроля плановых смещений (САК ПС), размещенные в тех же трубах «прямых» отвесов. В этом случае полностью нарушается эксплуатация данной системы, что явно неприемлемо. Случайное изменение длин в основном объясняется механическим повреждением проволок вследствие выполнения различных работ, проводимых в помещениях прямых отвесов. Совместное размещение двух измерительных систем (прямых

отвесов и элеваторов высот) в одной защитной трубе является явным недостатком проекта размещения геодезической КИА. Так, например в 1993 году в период с 10.06 по 29.07 в секции 55 между горизонтами 467 - 542 м зафиксировано изменение длины элеватора на 3,5 мм. В секции 18 между горизонтами 344 - 413 м в период с 02.06.93 по 28.07.94 гг. изменение длины составило 3,3 мм. Ретроспективно вносить поправки в длины элеваторов невозможно. В связи с этим было принято решение о разработке новой методики для передачи отметок по элеваторам высот с применением высокоточного светодальномера DI 2002, позволяющего измерять расстояния до 100 метров с погрешностью порядка ± 0.1 мм. Были разработаны специальные приспособления для установки светодальномера и отражателей. Опыт эксплуатации данной системы с 2002 года показал ее надежность, хорошую сходимости результатов измерений и высокую оперативность при производстве работ. Анализ полученных результатов показал, что поправки в измеренные вертикальные расстояния не превышают 0.2 мм, а средняя квадратическая ошибка передачи отметки не превышает ± 0.1 мм.

Для определения изменения длин штолен на отметках 344, 413, 467 м на берегах плотины от контакта скала-бетон до забоя по стенам галереи заложены марки, расположенные через каждые 3 м. До 2000 года измерение расстояний между марками (или длин малых сторон СВТ) выполнялось инварным трехметровым жезлом, состоящим из дюралевого корпуса диаметром 36 мм, внутри которого был проложен инварный стержень, отсчетным приспособлением служил индикатор часового типа с ценой деления 0.01 мм. Из-за ряда ошибок (стрелы прогиба измерительного тела, температурных ошибок и т.д.) точность измерений, выполняемых инварным жезлом, была недостаточной.

С 2000 года измерения выполняются специально изготовленным трехметровым углепластиковым жезлом. Жезл выполнен из полый углепластиковой трубы диаметром 25 мм и толщиной стенки 2 мм. На одном конце жезла закреплен контакт из твердосплавной стали, взятый со скобы микрометра (пятка), на другом - индикатор часового типа с ценой деления 0.01 мм. Коэффициент температурного расширения этого материала, полученный по результатам исследований, не превышает $0.08 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, и поэтому поправки в длины линий, вызванные колебанием температуры, можно не учитывать.

Средняя квадратическая ошибка измерений одного интервала из результатов многократных измерений составляет $m_{\text{изм}} = \pm 0.02$ мм.

Суммарная ошибка определения изменения общей длины штолен лежит в пределах от ± 0.18 до ± 0.3 мм (в зависимости от длины штольни).

Применение углепластиковых материалов в качестве рабочего тела даст ряд преимуществ по сравнению с инварными жезлами:

1. Малый вес и высокая прочность сводят к минимуму влияние прогиба жезла на точность измерений;
2. Очень низкий коэффициент линейного расширения и малая теплопроводность практически исключают влияние перепада температур в процессе измерений.

Выводы:

1. Разработанная система передачи отметок между горизонтами плотины с применением лазерных дальномеров является более надежным и точным средством измерений по сравнению с аналогичными, традиционными методами, и может быть рекомендована на других гидротехнических сооружениях.

2. Применение новых углепластиковых материалов в качестве измерительного средства для жезлов, элеваторов и т.д. позволяет существенно повысить точность измерений, исключив основной источник ошибок, связанных с изменением температур рабочего тела.

3. Применение современных геодезических приборов и совершенствование методик наблюдений существенно повысили точность определения смещений и производительность труда за счет снижения времени на выполнение циклов измерений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Стефаненко, Н.И. Опыт применения струнных систем в качестве измерителей горизонтальных смещений при наблюдениях за деформациями гидротехнических сооружений Саяно-Шушенской ГЭС/ Н.И. Стефаненко // Гидротехническое строительство. - 1998. - №9. - С. 52-54.

© Н.И. Стефаненко, 2009

УДК 528.2

Н.И. Стефаненко

Филиал ОАО «РусГидро» – «Саяно-Шушенская ГЭС имени П.С. Непорожного», Саяногорск

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМЫ ПЛОТИНА-ОСНОВАНИЕ СШГЭС

N.I. Stefanenko

Sayano-Shushenskaya HPS

665619, Post Box 39, Cheremushky,

Sayanogorsk, Khakasiya, Russia

THE MAINTENANCE RELIABILITY OF DAM- FOUNDATION SYSTEM AT THE SAYANO-SHUSHENSKAYA HPS

The article estimates safety control and maintenance reliability at the Sayano-Shushenskaya arch-gravity dam with the usage of the diagnostic system, which was elaborated by the specialists of the SSHPS. The article also considers the role of the on-line control system in the process of maintenance reliability assurance of hydraulic structures.

Дана оценка системы обеспечения безопасной и надежной эксплуатации арочно-гравитационной плотины СШГЭС с использованием разработанной на станции информационно-диагностической системы. Показана роль оперативной системы контроля в процессах обеспечения эксплуатационной надежности гидротехнических сооружений.

Плотина Саяно-Шушенской ГЭС (СШГЭС) на реке Енисей – одна из крупнейших в мире. Бетонная арочно-гравитационная плотина имеет высоту 242 м, длину по гребню – 1074 м, ширину основания и гребня - 110 м и 25 м соответственно. В плане она имеет вид круговой арки радиусом 600 м с центральным углом 102°. Нарушения устойчивости элементов инженерных сооружений такого класса, как СШ ГЭС, вызванные природными или техногенным воздействиями, могут привести к катастрофическим последствиям. Поэтому такие гидротехнические сооружения требуют постоянного контроля технического состояния, т.е. создания системы мониторинга, включающей весь комплекс натурных наблюдений.

Обеспечение эксплуатационной надежности такого сооружения является исключительно важной научно-технической, экономической и социальной проблемой.

Мониторинг технического состояния ГТС.

Контроль безопасности гидротехнических сооружений осуществляется по группе диагностических параметров. Анализ этих параметров позволяет

заблаговременно оценить состояние сооружения и принять своевременное решение о проведении профилактических или капитальных ремонтов ГТС, что является залогом безотказной и долговечной его работы. Так, например, своевременное обнаружение горизонтальной трещины в бетоне напорной грани плотины СШГЭС позволило успешно произвести крупномасштабные ремонтные работы по ее локализации, что обеспечило в настоящее время нормальное эксплуатационное состояние системы плотина-основание. На рис. 1 представлена схема обеспечения безопасной эксплуатации напорных сооружений, реализованная в настоящее время на СШГЭС.



Рис. 1. Система контроля безопасности ГТС СШГЭС

Все гидротехнические сооружения I-III классов в обязательном порядке оснащаются различной контрольно-измерительной аппаратурой (КИА), количество которой может исчисляться от сотен до тысяч приборов, устанавливаемых в сооружение еще на стадии строительства, по которым осуществляется мониторинг.

Мониторинг технического состояния арочно-гравитационной плотины СШГЭС осуществляется по 13 тысячам измерительных точек, расположенных в различных частях сооружения, и производится для осуществления контроля за:

- Общими перемещениями;
- Внешними воздействиями;
- Фильтрацией воды через бетон и основание;
- Напряженно-деформированным состоянием;

– Сейсмическим состоянием.

В общем комплексе натурных наблюдений контроль за общими перемещениями осуществляется по геодезической КИА которая является наиболее представительной из всех видов натурных наблюдений.

Наблюдения за общими перемещениями плотины и прилегающей территории ведутся по внешней и внутренней планово-высотным сетям. Внешняя сеть расположена по берегам скального массива и на гребне бетонной части плотины, используется в качестве исходной планово-высотной основы, как менее подверженной влияниям возможных деформаций. Внешняя сеть состоит из рабочих и фундаментальных реперов и пунктов плановой сети.

Внутренняя измерительная сеть состоит из «прямых» и «обратных» отвесов, расположенных в теле плотины в двух ярусах, продольных и поперечных гидростатических нивелиров и поверхностных щелемеров. Для мониторинга используется около 3600 измерительных точек. В настоящее время эксплуатируется система автоматизированного контроля плановых смещений (САК ПС) в количестве 19 измерительных точек. Автоматизированный съем информации реализован на основе индукционных датчиков разработки Новосибирского института прикладной геодезии (НИИПГ) по «обратным» отвесам и «прямому» отвесу ключевой секции плотины. Наряду с индукционными датчиками в трех измерительных точках осуществляется опытная эксплуатация фотоэлектронных преобразователей (ФПКС) разработки Красноярской фирмы «Мезон».

Для осуществления оценки состояния сооружений на СШГЭС создана информационно-диагностическая система (ИДС) «Edip», позволяющая накапливать, обрабатывать и отображать в удобном для анализа виде данные о состоянии ГТС (рис. 2).

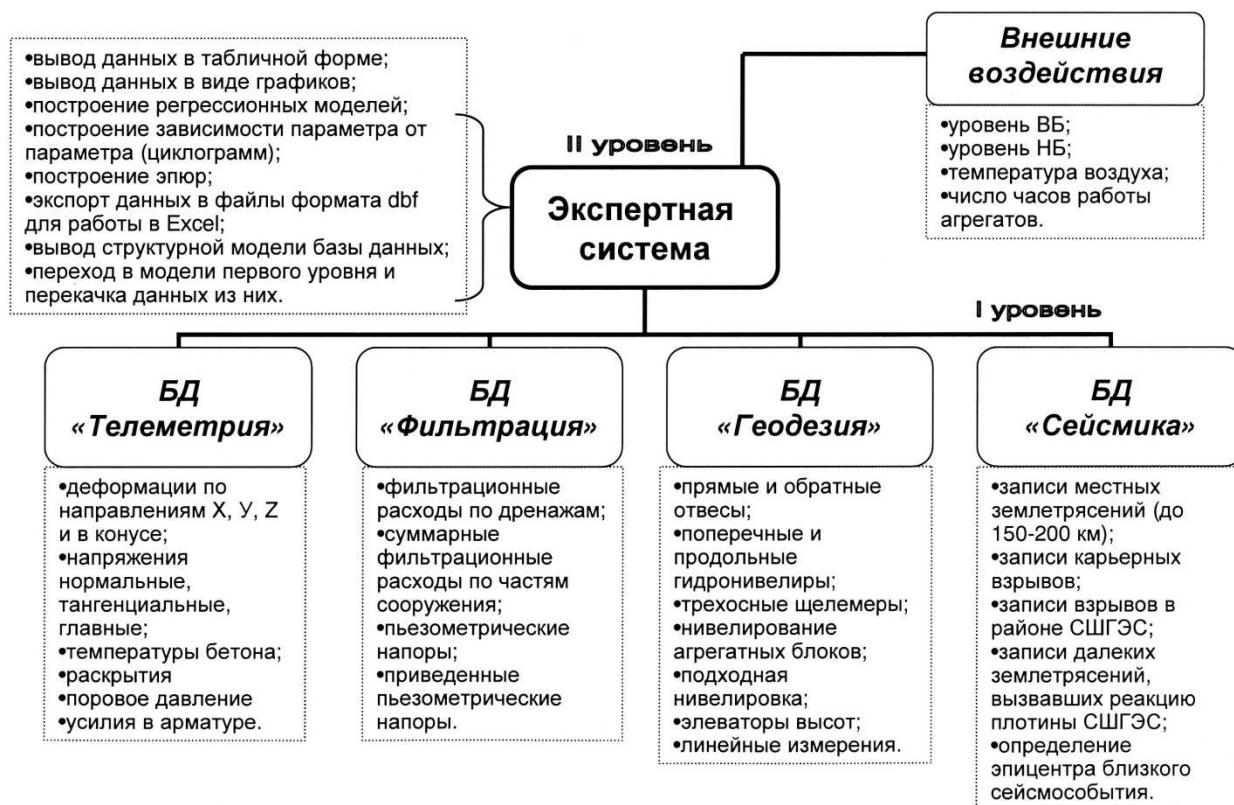


Рис. 2. Структурная схема ИДС СШГЭС

Структура информационной системы двухуровневая. В базе данных первого уровня хранятся результаты замеров и обработанные, готовые к анализу величины. Доступ к базам первого уровня ограничен и предоставлен техническим администраторам соответствующих баз. К базе данных второго уровня, или так называемой экспертной системе, имеют доступ инженерно-технические работники станции, которые осуществляют надзор и контроль состояния ГТС. Кроме того, на данном уровне решаются задачи контроля и диагностики, в которые, например, входит выявление параметра, не укладывающегося в прогнозные интервалы, формирование признака дефектности параметра разной степени значимости, выдача предварительных сообщений. В задачи диагностики входит также и определение степени серьезности дефекта или повреждения, выдача рекомендаций по ремонту и управляющим воздействиям, влияющим на режимные параметры ГЭС, такие как скорость наполнения и сработки водохранилища, обусловленные условием безопасности ГТС. На СШГЭС также организован регулярный выпуск обстоятельных годовых отчетов о состоянии системы: плотина-основание.

Оперативный контроль и оценка технического состояния СШГЭС

Оценка безопасного состояния гидротехнических сооружений осуществляется путем сопоставления измеренных значений диагностических параметров с принятыми в проекте или установленными для данного сооружения в процессе эксплуатации показателями. Значения контролируемых показателей, определяющих прочность, устойчивость, водонепроницаемость,

пропускную способность сооружения, а также его долговечность, сопоставляются с соответствующими нормативными данными. При этом принимаются во внимание и учитываются закономерности и тенденции изменения контролируемых параметров системы «плотина-основание», за которыми ведутся наблюдения в ходе эксплуатации, и которые прямо или косвенно характеризуют состояние сооружения или происходящие в нем процессы. Значения контролируемых параметров, измеренные в результате натурных наблюдений, сопоставляются с предельно допустимыми значениями (ПДЗ) этих показателей, установленными для конкретного сооружения и определенными в Декларации безопасности.

Согласно РД-12-03-2006 [1] эксплуатируемые сооружения должны соответствовать следующим состояниям:

I – технически исправное состояние (нормальный уровень безопасности) – состояние сооружения, соответствующее всем требованиям нормативных документов и проекта, при этом значения диагностических показателей состояния сооружения не превышают своих критериальных значений K1;

II – работоспособное состояние (пониженный уровень безопасности) – категория технического состояния, при которой гидротехническое сооружение, его состояние и строительные конструкции удовлетворяют требованиям обеспечения технологических процессов и безопасной эксплуатации, но имеются дефекты и повреждения, а также частичные нарушения правил эксплуатации, которые не могут оказать непосредственного влияния на снижение работоспособности гидротехнического сооружения, его основания и строительных конструкций, при этом значения диагностических показателей состояния сооружения не превышают критериальных значений K1;

III – ограниченно работоспособное состояние (неудовлетворительный уровень безопасности) – категория технического состояния, при которой гидротехническое сооружение, строительная конструкция или его основание пригодны для дальнейшей эксплуатации при условии введения обоснованных ограничений режимов работы и нагрузок, разработки мероприятий по устранению выявленных дефектов и повреждений в строго установленные сроки, а также осуществления регулярного контроля за состоянием гидротехнического сооружения, его конструкций и основания, нагрузками и воздействиями.

IV - неработоспособное (опасное, аварийное) состояние (опасный уровень безопасности) – категория технического состояния, при котором нарушены условия устойчивости, прочности или водонепроницаемости гидротехнического сооружения, такие сооружения не пригодны для дальнейшей эксплуатации до восстановления, капитального ремонта или реконструкции с целью ликвидации всех повреждений и разрушений, которые привели к потере работоспособности.

Наряду с четырьмя техническими состояниями установлены два порога критериев безопасности гидротехнических сооружений:

K1 – первый (предупреждающий) уровень значений диагностических показателей, при достижении которого устойчивость, механическая и

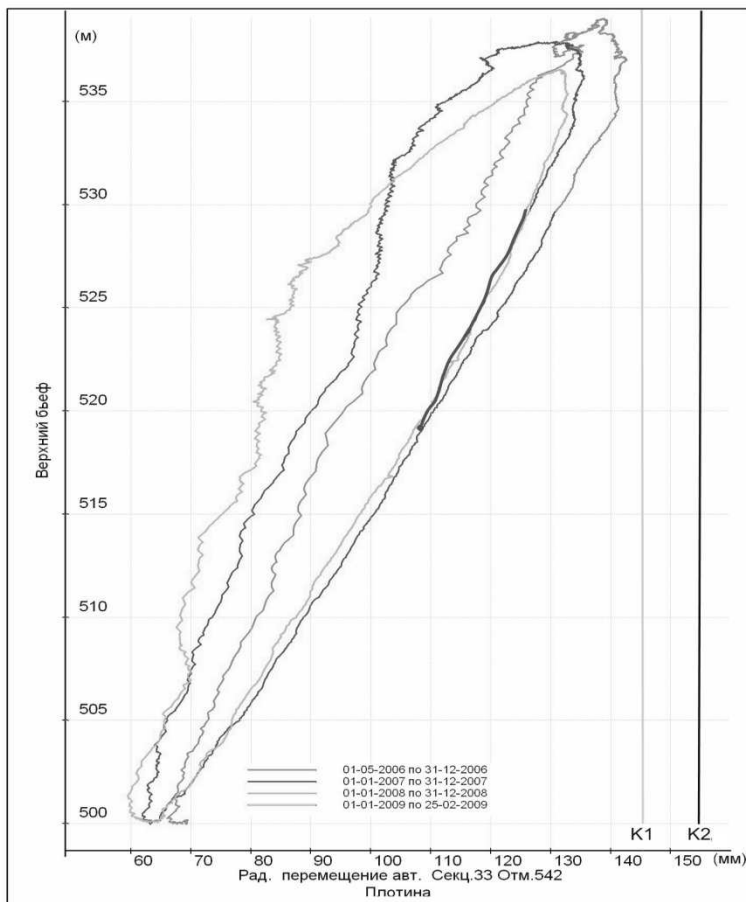
фильтрационная прочность ГТС и его основания, а также пропускная способность водосбросных и водопропускных сооружений находятся в работоспособном состоянии. Критериальное значение К1 задает границу между состоянием II (работоспособным) и состоянием III (ограниченно работоспособным);

К2 – второй (предельный) уровень значений диагностических показателей, при превышении которого эксплуатация ГТС в проектных режимах недопустима. Критериальное значение К2 задает границу между состояниями III (ограниченно работоспособным) и IV (неработоспособным).

Сооружение считается безопасным в случае, когда показатели состояния сооружения и основания не превышают соответствующих критериев, определенных согласно с действующими нормативами и зафиксированных в Декларации безопасности. Оперативная оценка эксплуатационного состояния сооружения осуществляется путем сравнения измеренных или вычисленных на основе измерений количественных диагностических показателей, а также полученных при визуальных наблюдениях качественных показателей с их критериальными значениями К1 и К2.

В целях получения оперативной информации о состоянии сооружений, особенно в периоды половодий и паводков, на СШГЭС организована в рамках ИДС система оперативного контроля состояния ГТС, информация по которой непосредственно поступает специалистам, отвечающим за безопасную эксплуатацию сооружений. В режиме реального времени предоставляется информация об уровнях бьефов, радиальных и тангенциальных смещениях ключевой секции плотины, температурах бетона. Результаты сравниваются с критериями, определенными в Декларации безопасности. Производится сравнительный анализ измеренных параметров с данными прошлых лет применительно к идентичным уровням гидростатической нагрузки. Информация предоставляется в виде таблиц, графиков, циклограмм (рис. 3, 4).

Радиальные перемещения секции 33, отметка 542 м.



Сравнительные радиальные перемещения секции 33 при УВБ 519.19 м.

Отметка	Дата	мм
542	22.02.07	108.7
	19.02.08	107.4
	25.02.09	108.2
521	22.02.07	99.9
	19.02.08	99.9
	25.02.09	100.2
494	22.02.07	86.4
	19.02.08	87.3
	25.02.09	87.8
467	22.02.07	72.5
	19.02.08	74.4
	25.02.09	73.9
440	22.02.07	57.4
	19.02.08	58.4
	25.02.09	58.9

Приращения радиальных перемещений секции 33, отметка 542 м.

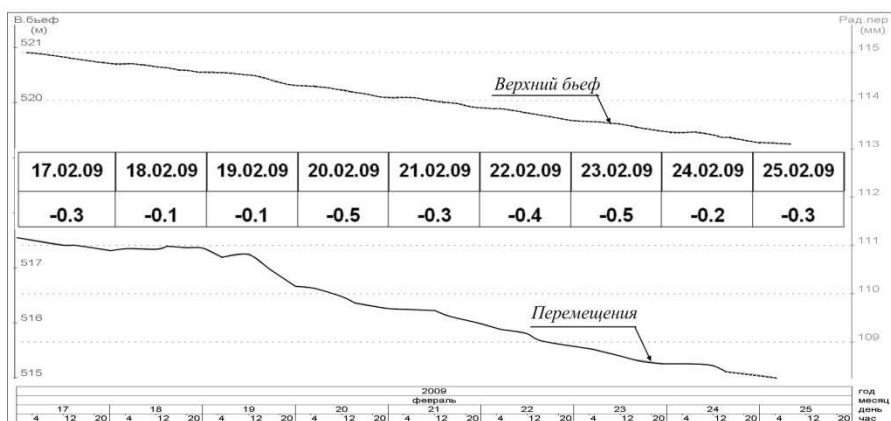
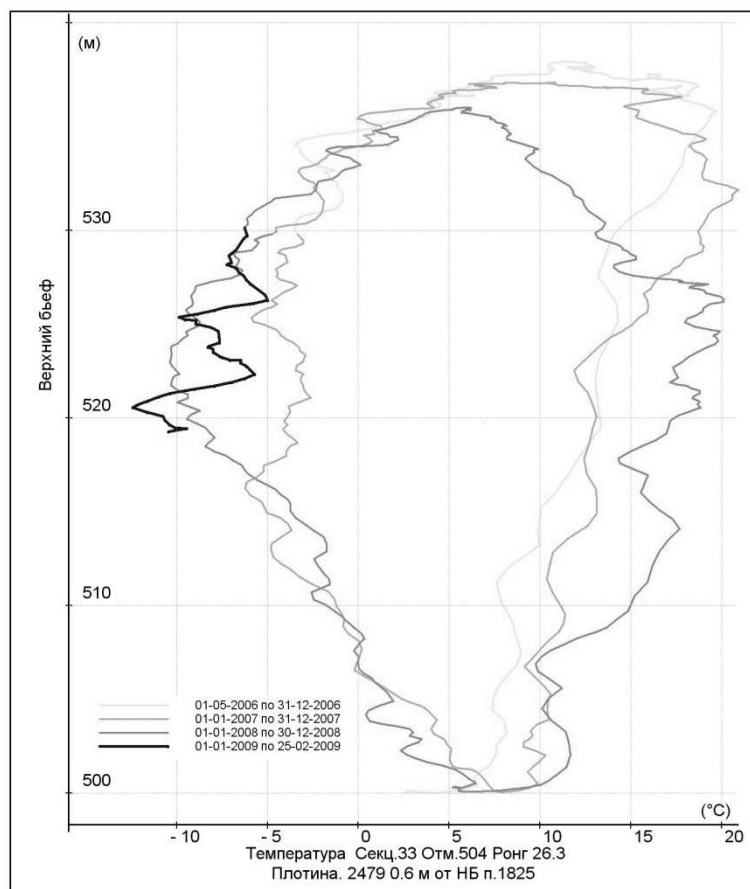


Рис. 3. Радиальные перемещения гребня ключевой секции плотины

Температура бетона низовой грани секции 33, отметка 504 м.



Сравнительная температура бетона низовой грани секции 33, отметка 504 м при УВБ 519.26 м.

Отметка	Дата	град
504	22.02.07	-4.0
	19.02.08	-8.2
	25.02.09	-10.4

Рис. 4. Температура бетона низовой грани ключевой секции плотины

Наличие такой системы на СШГЭС позволяет управлять режимом наполнения - сработки водохранилища. Т.е. оперативно анализировать существующую ситуацию, вырабатывать упреждающие предложения по вариантам воздействий на сооружение и в целом обеспечивать надежную эксплуатацию объекта, что в полной мере было подтверждено в 2006 году.

Режим наполнения водохранилища в 2006 году был отмечен особенно высокой летней приточностью (в июле приток р. Енисей соответствовал обеспеченности 1%, т.е. один раз в 100 лет), в связи с чем, наполнение водохранилища было быстрым, и бетон не успевал прогреваться до необходимых температур. Внутренние области плотины в этот период были более холодными, чем обычно из-за прошедшей холодной зимы 2005-2006 годов, поэтому напряженно-деформированное состояние плотины оценивалось как неблагоприятное. Нормальный подпорный уровень (НПУ), несмотря на холостые ранние сбросы воды, был достигнут уже к 20 сентября.

Оперативно, по мере поступления данных натурных наблюдений проводился анализ состояния сооружения, выполнялись прогнозные расчеты возможных смещений гребня плотины для различных неблагоприятных сочетаний гидростатических нагрузок и температурных воздействий. По

результатам натурных наблюдений и расчетов было принято решение о снижении УВБ к началу ноября 2006 г. ниже отметки, определенной плановым режимом сработки водохранилища. Достигнутая к 01.11.2006 г. отметка УВБ составила 537.19 м, что на 79 см была ниже определяемого по графику режима сработки. Принятое на основе натурных данных и прогнозных расчетов своевременное решение об изменении режима сработки водохранилища позволило не допустить достижения критериальных значений К1, и предотвратить риск возникновения негативных последствий в системе плотина – основание СШГЭС.

Опыт ведения режима наполнения водохранилища в 2006 году полностью подтвердил целесообразность управления режимом по состоянию сооружения.

ВЫВОДЫ

1. Организованная на СШГЭС система диагностического контроля обеспечивает в необходимом объеме безопасную эксплуатацию гидротехнических сооружений ГЭС.

2. Созданная система оперативного контроля состояния ГТС, регулярные (не реже одного раза в месяц) информации о состоянии сооружения с разрабатываемыми рекомендациями по ведению режимов наполнения–сработки водохранилища позволяют оперативно, а не в режиме «постфактум», анализировать существующую ситуацию и вырабатывать упреждающие варианты воздействий на сооружение.

3. Оперативное управление уровнем режимом водохранилища в 2006 году, отмеченном исключительно высокой летней приточностью, позволило сохранить целостность отремонтированной зоны напорной грани, и не допустить раскрытия заиньжецированных трещин.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дополнительные требования по разработке декларации безопасности гидротехнических сооружений объектов энергетики. РД-12-03-2006. (Утв. приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 29.12.2006 №1163). – М., 2006.

© Н.И. Стефаненко, 2009

УДК 528.926:004

С.Г. Прудников, О.И. Кальная, О.Д. Аюнова

ТувИКОПР СО РАН, КЫЗЫЛ

ХАРАКТЕРИСТИКА СОВРЕМЕННОЙ ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ И СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ РАЗЛОМОВ В РАЙОНЕ АК-СУГСКОГО МЕДНО-ПОРФИРОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ТУВА)

S.G. Prudnikov, O.I. Kalnaya, and O.D. Ayunova

Tuvinian Institute for the Exploration of Natural Resources

CHARACTERISTICS OF PRESENT-DAY GEODYNAMIC AND SEISMIC ACTIVITY OF FAULTS IN THE AK-SUG COPPER-PORPHYRY DEPOSIT AREA (TUVU)

The Ak-Sug copper-porphyry deposit (Tuva) is confined to junction of latitudinal zone of the Kandat deep fault and the north-west striking Dashtyg-Oi graben. The deposit is localized in the zone of intense fracturing. From the hydrogeological aspect, it presents an open structure with intensive water exchange. In the deposit area, there is a possibility of passive and active tectonic influence on objects of a mining and concentration complex with underground infrastructure.

Медно-порфировое месторождение Ак-Суг (Тува) приурочено к участку сопряжения широтной зоны глубинного Кандатского разлома и Даштыг-Ойского грабена северо-западного простирания. Месторождение расположено в сводовой части крупной антиклинальной складки, сложенной эффузивами и сланцами хамсаринской свиты нижнего кембрия, прорванной рудовмещающей гранитоидной интрузией Ак-Сугского комплекса (рис. 1). На западном фланге гранит-порфиры контактируют с красноцветными дацитами, их кластолавами и туфопесчаниками девона.

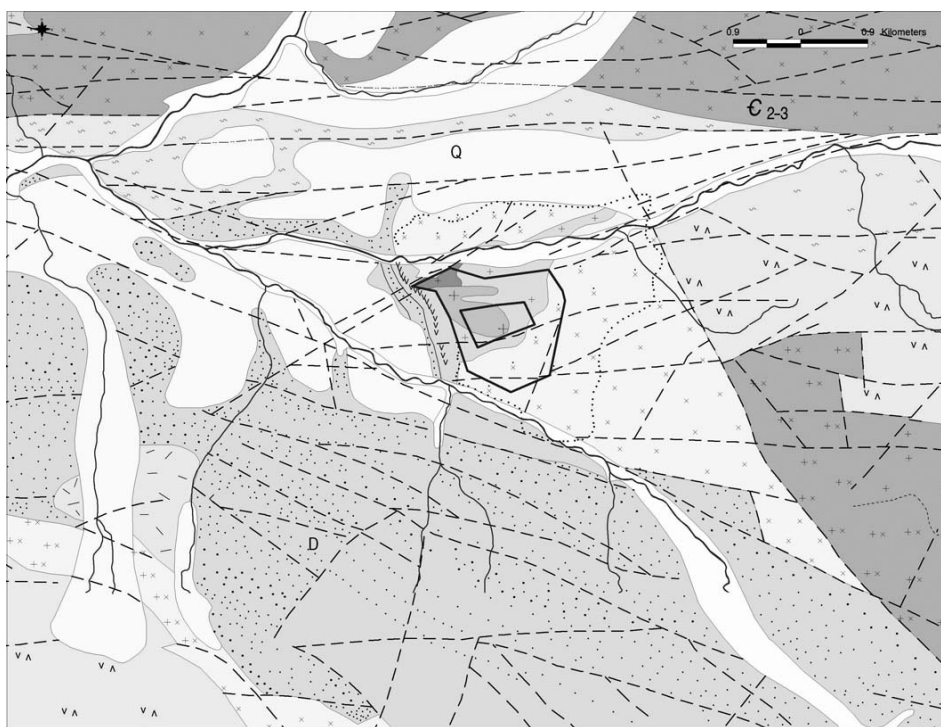


Рис. 1. Геологическая схема Ак-Сугского месторождения

В результате проведенных научно-исследовательских работ по теме "Анализ фоновое состояние окружающей природной среды в пределах лицензионного участка на Ак-Сугском медно-порфировом месторождении" авторами рассмотрена реальность существования тектонической и сейсмотектонической опасности в районе Ак-Сугского месторождения в связи с перспективой его эксплуатации. В процессе создан ряд ГИС-проектов, объединенных единой картографической основой, выполненных с использованием пакетов ArcView, MapInfo. Использовалась топографическая основа крупного масштаба, стандартный набор слоев включал: реки, озера, рельеф, разломы, отметки высот, растительный покров. Фиксирование точек наблюдения в полевых условиях производилось с помощью GPS.

Установлено, что в районе месторождения существует вероятность пассивного и активного тектонического влияния на объекты горно-обогатительного комбината с подземной инфраструктурой.

Пассивное тектоническое влияние на условия строительства реализуется через характер дислоцированности пород и присутствие в районе строительства тех или иных тектонических структур. Пассивное влияние могут оказывать как древние неунаследованные, так и новейшие тектонические структуры. Важен сам факт их присутствия в районе и на участке строительства.

Среди тектонических структур Ак-Сугского рудного поля ведущее значение имеют глубинные разломы субширотного и северо-западного направлений: Кандатский, Даштыгойский. Интенсивно проявленная разрывная тектоника определила сложное блоковое строение района. Главнейшим структурным элементом является Кандатский глубинный разлом, протягивающийся в широтном направлении через всю северную часть площади.

В современном плане он представляет собой сложно построенную зону сближенных субпараллельных разрывов, между которыми зажаты узкие блоки милонитизированных пород. Ширина шовной зоны от 1 до 5-10 км. В системе разрывов глубинного разлома выделяются составляющие его ветви, такие, как Ак-Суг - Соругская и др. Разрывы, принадлежащие Кандатской зоне, обычно крутопадающие, сбросового типа, с большой амплитудой вертикального перемещения (2-3 км). Они являлись магмоподводящими каналами и в большинстве случаев залечены телами интрузий.

Ак-Сугский разлом ограничивает рудное поле и рудоносную интрузию с севера, имеет близширотное простирание и является ветвью Кандатского глубинного разлома. Зона Ак-Сугского разлома выражена мощной полосой дробления, интенсивной трещиноватости и расланцевания пород (до нескольких сот метров). В пределах рудного поля месторождения она представлена отрицательными формами рельефа – долиной р. Ак-Суг. На глубине зона разлома представлена интервалами развальцевания пород (до тектонической глинки) с частыми кавернами, заполненными сыпучим мелкозернистым материалом преимущественно кварц-полевошпатового состава. Мощность интервалов от первых до десятков метров. Между ними наблюдаются интервалы менее передробленных пород. Зоны развальцевания и дробления имеют преимущественно крутое падение (70-85°) на север и запад, юго-западное простирание, являясь, таким образом, многочисленными мелкими ответвлениями основной структуры широтного простирания. Зона дробления и смятия пород сопровождается широкой полосой трещиноватости, охватывающей практически все рудное поле месторождения. Наибольшая густота трещин отмечается в пределах Северной рудной залежи и в центральной части месторождения ("кварцевом ядре"). Количество трещин при этом составляет от 7-10 до 50-70 на 1 пог. метр. К югу от "кварцевого ядра" интенсивность трещиноватости уменьшается вдвое - втрое.

Оперяющими ветвями глубинных разломов являются разрывные нарушения северо-восточного и, преимущественно, северо-западного простирания. К последним относятся Челдезрикский (Даштыгойский), Кара-Ойский, Кадыр-Осский и др. Все они характеризуются вертикальными или крутыми углами падения с амплитудой перемещения в сотни метров. Разрывы сопровождаются катаклизмом, расланцеванием, иногда пиритизацией в зонах шириной от нескольких до сотни метров.

Кроме крупных разломов на площади широко распространены оперяющие их или самостоятельные разрывы субмеридионального, широтного, северо-западного и иных направлений. Они обычно малоамплитудные и выражены незначительными по ширине (десятки метров) зонами дробления, карбонатизации и хлоритизации.

Активное тектоническое влияние на условия строительства может сказываться в сейсмотектонических единовременных мгновенных смещениях вдоль тектонических структур. Тектоническая опасность в значительной мере связана с современными тектоническими движениями. В первую очередь это опасные для устойчивости инженерных сооружений разрывные тектонические

смещения, обусловленные активностью тектонических разрывов. К собственно тектонической активности тесно примыкает активность сейсмотектоническая.

Новейшие тектонические структуры района обусловили основные черты современного рельефа в неоген-четвертичное время. Эта структура в новейшее время испытывала интенсивный подъём, что подчёркивается глубиной вреза эрозионных долин. Активными неотектоническими движениями район месторождения разбит на морфоструктурные блоки разной интенсивности поднятий. Вертикальная амплитуда дифференциаций вдоль разломов в пределах отдельных локальных блоков в районе месторождения не превышает 300 метров. Неотектонические разломы унаследовали основные глубинные разломы (Кандатский, Ак-Сугский, Даштыгойский) и являются рельефообразующими. Разломы других направлений являются вновь образованными. Все неотектонические (новообразованные или унаследовано развивающиеся) разломы района Ак-Сугского месторождения, согласно определению С.А. Несмеянова [1], относятся к категории молодых разрывов, смещения по которым происходили в четвертичном периоде. Их можно считать предположительно активными, т.е. нуждающимися в дополнительном изучении.

Сейсмическая и сейсмотектоническая активность. Территория Республики Тыва располагается в Алтае-Саянской сейсмической области Байкало-Монголо-Алтайского трансзиатского сейсмоактивного пояса. Высокая сейсмичность территории связана с глубинной геодинамикой в зоне Байкальского рифта и трансформацией Южно-Сибирского астеносферного диапира. Согласно карт сейсмического районирования ОСР-97 (СНиП II-7-81, 2000) район Ак-Сугского медно-порфирового месторождения расположен в зоне 8-ми бальной степени сейсмической активности. Сейсмичность Алтае-Саянской области по инструментальным данным была проанализирована за период 1963-2005 [2]. Главной особенностью зарегистрированных сейсмических событий в АССАО является многочисленность землетрясений энергетического класса $K \geq 10$ (магнитута $M \geq 3.5$) и линейно-узловое размещение их эпицентров.

Распределение землетрясений различных энергетических классов, зарегистрированных в районе Ак-Сугского месторождения в радиусе 50 км приведены в табл. 1. и на рис. 2.

Таблица 1. Распределение землетрясений в районе Ак-Сугского месторождения

К	<7,1	7,1-8,1	8,1-8,8	8,8-9,6	Σ
П	6	7	2	1	16

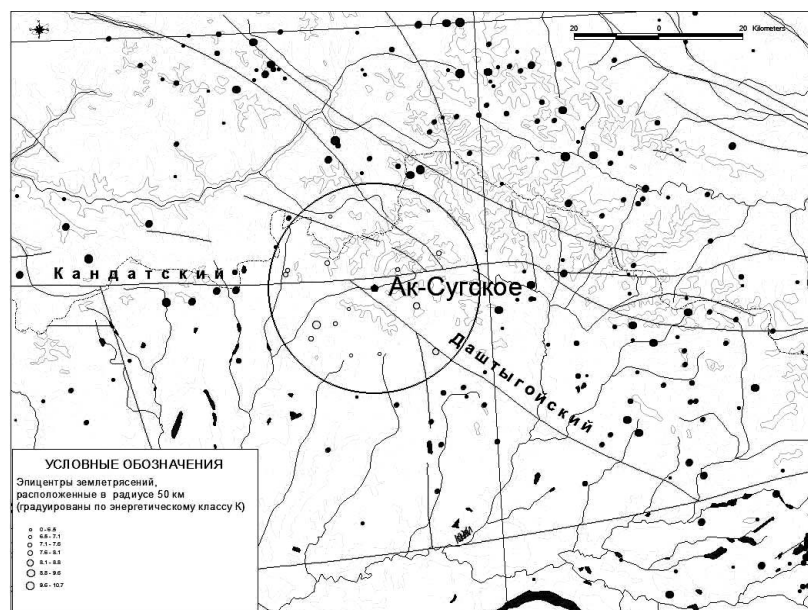


Рис. 2. Распределение землетрясений, зарегистрированных в районе Ак-Сугского месторождения в радиусе 50 км

Частота сейсмических событий интенсивностью 8 баллов и более прогнозируется на территории Тувы с периодичностью 10-30 лет, при этом последнее подобное событие зарегистрировано в 1972 г. в верховьях р. Каргы. Это означает, что существует вероятность возникновения здесь значительного землетрясения в ближайшие годы.

По данным наблюдений сети сейсмических станций КНИИГиМСа Кандатский глубинный разлом трассируется отдельными эпицентрами землетрясений с энергетическим классом 8,1-8,8, с проявлением Даштыгойского разлома сейсмичность не связана. В настоящее время в районе инструментально или документально не зафиксировано современных сейсмодислокаций в пределах известных разломов, т.о. вероятность возникновения сейсмогенного разрыва в районе оценивается как низкая.

Характер обводнения разломов в районе Ак-Сугского месторождения. Все тектонические нарушения в районе месторождения обводнены. По характеру циркуляции воды, приуроченные к разломам, относятся к трещинно- жильным и изучены в пределах распространения водоносной зоны трещиноватости в среднедевонских вулканогенно-осадочных породах ($D_2tl?$) и водоносной зоны трещиноватости в гранитоидах Ак-Сугского комплекса ($v\delta\lambda\gamma D$).

Трещинно-жильные воды приурочены к разрывным нарушениям различных порядков, развиты на площади всего месторождения, но, в основном, сосредоточены в зоне Ак-Сугского разлома – в долине реки Ак-Суг. Воды напорные, в пределах гранитоидов Ак-Сугского комплекса вскрыты скважинами на глубинах от 40 до 140 метров, в пределах среднедевонских вулканогенно-осадочных пород – на глубинах от 85 до 175 метров. Величина напора над кровлей водоносного горизонта достигает 160 м. Глубина их распространения ограничена глубиной развития эндогенно- метасоматической

трещиноватости и составляет в зоне Ак-Сугского разлома около 290 м, достигая в отдельных случаях глубин 420-430 м.

Водоносная зона трещиноватости в пределах Ак-Сугского разлома более водообильна, чем другие водоносные зоны в районе месторождения. Удельные дебиты самоизливающихся скважин колеблются от 0,059 до 0,667 л/с. Коэффициент фильтрации пород составил 0,0746 м/сут, что в 12 раз выше, чем в районе распространения преимущественно трещинных вод.

В зоне контакта вулканогенно-осадочных пород и гранитоидов Ак-Сугского комплекса наблюдается значительное искажение поверхности подземных вод, сильное увеличение градиента потока и глубины до воды, что свидетельствует о повышенной проницаемости пород в этом районе. Здесь отмечаются линейно-вытянутые зоны повышенной емкости и проницаемости, играющие роль подземных дрен.

Трещинно-жильные воды гидравлически тесно связаны с трещинными водами в районе месторождения, т.к. верхние части зон нарушений входят в зону экзогенной трещиноватости, а в зоне последней отмечаются тектонические нарушения на различных участках и глубинах, в результате чего происходит как питание, так и дренирование вод того или иного типа.

Основными источниками питания подземных вод зоны трещиноватости являются атмосферные осадки, значительна также роль подтока глубинных вод по тектоническим нарушениям и переток из соседних водоносных зон и горизонтов. Разгрузка подземных вод происходит в аллювиальные отложения по долинам рек и в русла в виде субаквальных источников, а также подземным переливом в соседние водоносные зоны трещиноватости. Выходы подземных вод, приуроченных к зонам разломов, наблюдаются по бортам долины р. Ак-Суг в виде нисходящих источников с дебитами 15-20 л/с.

Анионный состав подземных вод, в том числе и трещинно-жильных, изменяется от гидрокарбонатного до сульфатного с четко выраженной зональностью по ходу движения подземных вод в пределах месторождения. Минерализация подземных вод заметно возрастает от 0,1 до 2,9 г/л с увеличением содержания в воде сульфат-иона. По катионному составу воды кальциевые, кальциево-натриевые, кальциево-магниевые. Среда нейтральная или слабощелочная ($\text{pH}=6,3-8,2$). Температура вод составляет 1-6°C, а в зоне Ак-Сугского разлома вследствие развития окисления сульфидов возрастает до 9-10°C. Водоносная зона трещиноватости в гранитоидах Ак-Сугского комплекса играет основную роль в обводнении месторождения.

Таким образом, месторождение расположено в зоне разломов, которые относятся к категории «предположительно активных» разломов. Для обеспечения безопасной работы объектов с подземной инфраструктурой необходимо проведение непрерывного геодеформационного мониторинга за современным геодинамическим состоянием недр.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Выявление и прогноз опасных разрывных тектонических смещений при инженерных изысканиях для строительства/ С.А. Несмеянов и др. // ИГ.-1992. -№2.- С. 17-31.
2. Сейсмичность Южной Сибири и прогноз тектономагматической активизации в регионе/ В.И. Лебедев и др.// Природные условия, история и культура Западной Монголии и сопредельных регионов: материалы VII Международной конференции (19-23 сент. 2005 г., Кызыл): В 2-х томах. Т. 1. – Кызыл: ТуВИКОПР СО РАН, 2005. – С. 39-43.

© С.Г. Прудников, О.И. Кальная, О.Д. Аюнова, 2009

УДК 528.004

О.Г. Павловская, Ю.П. Гуляев

СГГА, Новосибирск

ВЫЯВЛЕНИЕ ОДНОРОДНЫХ ГРУПП ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ОПОЛЗНЕЙ

O.G. Pavlovskaya, Yu. P. Gulyaev

Siberian State Academy of Geodesy (SSGA)

10 Plakhotnogo ul., Novosibirsk, 630108, Russian Federation

DETECTION OF UNIFORM GROUPS OF LANDSLIPS MOVEMENTS

Uniform groups of landslide movement velocities are allocated in intercycle observation intervals based on geodesic data.

В данном докладе представлены результаты разработки методики формирования по геодезическим данным статистически однородных групп перемещений оползней, происходящих в сложных условиях природных и техногенных воздействий. Формирование этих групп производится с целью выявления особенностей сложного развития оползневых процессов и для оценки возможности последующего построения прогнозных кинематических и др. моделей [2]. Исследования пространственной однородности перемещений на временных межцикловых интервалах геодезических наблюдений производились по результатам части многолетних наблюдений за перемещениями оползневых склонов правого берега реки Ангары в зоне примыкания строящейся каменно-набросной плотины Богучанской ГЭС.

В качестве геодезических данных использованы результаты наблюдений за вертикальными перемещениями оползневых знаков, а также топографическая информация о рельефе местности и других геоморфологических условиях, влияющих на развитие оползней. Вертикальные перемещения наилучшим образом отражают влияние гравитационной составляющей на перемещение оползней и не осложняют математическую обработку в связи с отсутствием векторной формы представления, присущей горизонтальным перемещениям. Кроме того, вертикальные и горизонтальные перемещения, как правило, коррелируют между собой.

Контролируемые вертикальные перемещения оползневых склонов простираются на 1,6 км вдоль русла реки и на 1 км в глубину берега. Оползневые явления связаны со своеобразием геологического строения правого берега, где осадочные породы, падающие в сторону реки под углами от 5° до 15° , имеют двучленное строение. Верхняя перемещающаяся часть склона сложена жесткими породами ордовика, а нижние подстилающие кембрийские отложения представлены глинистыми слабыми аргиллито-мергелистыми породами, склонными к пластическим деформациям в условиях переменного

обводнения подземными водами. Таким образом, подстилающие глинистые породы образуют поверхность скольжения. В целом по геологическому строению рассматриваемую оползневую зону можно отнести к однородной. Элементы природной неоднородности перемещений оползней в исследуемой зоне порождаются в основном различиями крутизны склонов, сезонными климатическими изменениями и наличием тектонических нарушений. По классификации, данной в работе [1], оползни правобережного склона реки Ангары в створе плотины Богучанской ГЭС можно отнести к категории пластических.

Большая сложность в выявлении однородных групп перемещений оползневых склонов изучаемой зоны вызвана имеющими место техногенными воздействиями, связанными с выполнением взрывных работ и перемещением грунтовых масс в кавальеры строящейся каменно-набросной плотины. Эти техногенные воздействия являются основной причиной дестабилизации склонов. К сожалению пространственно-временные данные о выполнении взрывных работ, силе зарядов и перемещениях земляных масс отсутствуют. Известно лишь, что их производство началось в 1983 г., чем обусловлен выбор исследуемого периода. Таким образом, в данном случае формирование однородных групп оползневых перемещений совмещается с выявлением ретроспективы производства взрывных работ и разгрузки склонов.

Геодезические данные о развитии контролируемых оползней объективно отражают в интегрированной количественной форме результаты сложного взаимодействия ряда природных и техногенных факторов, вызывающих перемещения земляных масс. Эти даны являются точной пространственно-временной информацией, практически детерминировано характеризующей фактическое развитие оползневых процессов в конкретных реальных условиях. Следовательно, есть достаточные основания для формирования по геодезическим данным однородных групп наблюдаемых перемещений, отражающих закономерности и особенности развития процессов.

В качестве инструмента для оценки однородности групп оползневых перемещений нами используются коэффициенты вариации W_x , характеризующий в относительной мере степень рассеивания значений исследуемого признака x_i , $i = 1, 2, \dots, n$ [3]. Коэффициент вариации представляют собой отношение стандарта (среднего квадратического отклонения) σ_x к среднему значению признака $\bar{x}$. Очевидно, бóльшая степень рассеивания отражает бóльшую неоднородность значений признака. Совокупность признаков считается однородной при $W_x \leq 0,33$. За исследуемый признак нами выбирается скорость перемещений оползневых знаков V_x , поскольку изменения во времени t величин перемещений, контролируемых геодезическими наблюдениями, нередко определяются на различных межцикловых интервалах τ_j . Переход от значений перемещений к их скоростям позволяет нормировать исследуемый процесс и оценивать изменения самого главного параметра развития оползней.

В связи с тем, что развитие исследуемых оползней зависело апостериори от очень различных, но взаимосвязанных условий и воздействий природного и техногенного характера, на первом этапе нами оценивалась однородность оползневых групп логическим путем. В группы объединялись оползневые знаки, имевшие в данном межцикловом интервале близкие значения скоростей перемещений. При этом учитывались в возможной мере пространственное положение оползневых знаков, геологические и геоморфологические особенности, а также нанесенные на топографическую карту границы взрывных карьеров и сведения об утрате оползневых знаков. Отдельные аномальные выбросы скоростей перемещений рассматривались в наших условиях как локальные результаты взрывных воздействий. Следует отметить, что размещение оползневых знаков и циклограмма наблюдений недостаточно полно регистрировали характерные особенности мобильности оползней.

На втором этапе производилась в межцикловых интервалах оценка по коэффициентам вариации однородности групп, сформированных логически. При этом аномальные выбросы скоростей перемещений рассматривались отдельно и по возможности объединялись в группы в зависимости от их местоположения, и таким образом интерпретировалось пространственно-временное проявление взрывов. Другие группы с близкими коэффициентами вариации, расположенные на различных участках местности, рассматривались как имеющие сходные условия развития перемещений в данном межцикловом интервале.

Далее осуществлялся третий этап объединения имеющихся сходных групп с близкими коэффициентами вариации. Параметры объединенных групп можно определять простым пересчетом, а при необходимости – упрощенно как средневзвешенное значение с использованием в качестве весов частот объединенных групп. Некоторая нелинейность выражения стандарта несущественно уменьшает коэффициенты вариации при линейном вычислении их средневзвешенных величин.

В нижеприводимой таблице фрагментарно демонстрируются результаты вычислений по предложенной методике коэффициентов вариации скоростей оползневых перемещений, изменяющихся по межцикловым интервалам времени. В начале приведены данные по генеральной совокупности, охватывающей все оползневые знаки правобережного склона, объемом n , который менялся от 51 до 23 в связи с утратой ряда знаков от взрывов. Затем показаны аналогичные данные по группам, охватывающим выборки с объемами $n_1=5$, $n_7=6$ и по объединенной группе выборок с объемами $n_{1,7}=11$.

Малые выборки взяты для демонстрации, прежде всего, из-за полной сохранности на периоде исследования включенных в них оползневых знаков. Кроме того, эти выборки имеют сходство по своему расположению относительно береговой линии, хотя находятся по разные стороны от положения строящейся плотины. Имеется ряд других различий, обуславливающих некоторую разнородность объединяемых выборок. Прежде всего, это неодинаковая пространственно-временная последовательность выполнения взрывных работ, относящихся к каждой из выборок.

Следует отметить, что коэффициенты вариации скоростей оползневых перемещений в большинстве случаев имеют знак минус, означающий, что перемещения оползневых масс происходили вниз по склонам. Однако имеют место плюсовые значения коэффициентов вариации, отражающие смену направления перемещений, которая, по-видимому, происходила преимущественно под действием взрывов с последующей разгрузкой склонов.

Таблица. Коэффициенты вариации скоростей оползневых перемещений

Даты наблюдений	Межцикловые интервалы (мес)	Коэффициент вариации			
		Генеральная совокупность	Выборка 1	Выборка 7	Выборка 1.7
09.1982	9,0				
		– 1,06	– 1,27	–0,14	–0,76
06.1983	1,2	+2,34	– 0,62	–0,71	–1,37
07.1983	3,0	– 2,76	– 0,37	–0,58	–4,31
10.1983	10,7	– 1,57	– 0,21	–0,14	–0,82
08.1984	2,4	– 2,71	– 0,35	–0,09	–1,28
11.1984					

Высокая неоднородность выборок может указывать местоположение и существенный уровень реакции скоростей оползневых перемещений на взрывы в конкретных межцикловых интервалах времени. При этом близкие неоднородности выборок могут возникать в основном по одинаковым причинам. В таких случаях правомерно конструировать общие модели поведения оползней из разнопространственных геодезических данных, отражающих влияние сходных факторов в определенных временных интервалах. Такой подход может найти широкое применение в исследовании различных геоэкологических явлений.

Содержание приведенной таблицы показывает, что в целом по генеральной совокупности максимальная неоднородность скоростей оползневых перемещений проявилась на двух коротких межцикловых интервалах 1983 г., когда были начаты взрывные работы и разгрузка оползневых склонов. Очевидно, этим было обусловлено выполнение геодезических наблюдений соответственно через 1,2 и 3 месяца. Первый большой коэффициент вариации имеет знак плюс, подтверждающий массовый вывоз разрушенных взрывом пород из карьера. Следующая большая неоднородность проявилась в 1984 г. на

коротком межцикловом интервале протяженностью 2,4 месяца, также приуроченному к очередной активизации взрывных работ.

Экспериментальные малые выборки 1 и 7 и их объединение 1.7. отражают слабо согласующуюся межгрупповую однородность, которая перерастает в существенную неоднородность при объединении выборок. Однако объединенная выборка в большей мере отражает свойства генеральной совокупности. Во всех этих выборках коэффициенты вариации имеют знак минус, что можно объяснить местонахождением оползневых знаков рассматриваемых выборок вблизи границ карьера, где не было значительной разгрузки склонов.

Последующая подготовка геодезических данных экспериментальных выборок к построению кинематических моделей будет заключаться в более тщательном учете конкретной геологической и геоморфологической информации, выявлении трендовых составляющих с последующим центрированием и нормализацией конструируемых оползневых процессов, с инверстной верификацией прогнозов [2].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Брайт, П.И. Геодезические методы измерений смещений на оползнях [Текст] / П.И. Брайт. – М.: Недра, 1965. – 116 с.
2. Гуляев, Ю.П. Прогнозирование деформаций сооружений на основе результатов геодезических наблюдений [Текст] / Ю.П. Гуляев. – Новосибирск: изд-во СГГА, 2008. – 256 с.
3. Смирнов, Н.В. Курс теории вероятностей и математической статистики для технических приложений [Текст] / Н.В. Смирнов, И.В. Дунин – Барковский. – М.: Наука, 1969. – 512 с.

© О.Г. Павловская, Ю.П. Гуляев, 2009

УДК 528.24 + 551.240.089

В.Г. Колмогоров

СГГА, Новосибирск

К ВОПРОСУ ТЕКТОНОФИЗИЧЕСКОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ГЕОКИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СИБИРИ

V.G. Kolmogorov

SSGA, Novosibirsk

THE PROBLEM OF TECTONOPHYSICAL INTERPRETATION OF GEOKINEMATIC PARAMETERS OF SIBERIA

The paper presents the principles of tectonophysical interpretation of modern Earth surface kinematic parameters on the basis of the investigation of modern Earth surface vertical motions correlations with different geological and geophysical parameters. Application of correlation cartographic models promotes the researchers understanding of the reasons of these motions.

Физико-механическое состояние среды (глубинные силы и процессы, возникающие в результате эволюции Земли как планеты и обуславливающие движение масс вещества и энергии твердых ее оболочек) недоступно изучению непосредственными методами и о них удастся судить лишь по косвенным признакам и теоретическим построениям. Поэтому большая роль отводится изучению современной геодинамики, под которой понимается изменение во времени положения точек земной поверхности (геокинематические параметры) и элементов гравитационного поля Земли, движение полюсов и вращение Земли, путем инструментального мониторинга (систематических высокоточных геодезических, гравиметрических и астрономических наблюдений).

Фундаментальная задача исследований современных движений земной коры (СДЗК), под которыми понимаются деформации земной поверхности и вариации геофизических полей, связана с изучением механизма тектонических процессов и природы региональных аномалий движений. К другим задачам следует отнести прогноз региональных активизированных структурных зон и разломов с последующим исследованием их связи с сейсмичностью и размещением полезных ископаемых.

Вопрос о природе СДЗК однозначно еще не решен. В соответствии с этим современный этап разработки проблемы отличается в основном эмпирическим подходом к ее решению, тенденцией к постановке комплексных исследований для набора возможно большей информации об особенностях и свойствах пространственно-временных параметров движений и деформаций с целью последующего перехода к геодинамической (тектонофизической) интерпретации полученных результатов и их использованию в решении

различного круга задач. Полученные результаты исследований уже показали, что повторные геодезические наблюдения дают достоверную картину современных движений и деформаций земной поверхности, отражающих как особенности неоднородного строения земной коры, так и распределение и изменение современных напряжений в среде, связанных с ее геологической структурой и глубинными процессами. Таким образом, главной целью тектонофизической интерпретации современных кинематических параметров является изучение природы современных движений земной коры и деформаций ее поверхности. При этом наиболее информативными параметрами являются скорости современных вертикальных движений земной поверхности (v_h) и их горизонтальные градиенты ($grad v_r$), характеризующие скорость изменения наклона земной поверхности по направлению нивелирной секции длиной r км. Последние можно представить формулами, аналогичным уравнению отвеса (или горизонтального маятника) [1]

$$(grad v_r) \rho'' = i_r'' = i_x'' \cos \alpha_r + i_y'' \sin \alpha_r, \quad (1)$$

где i_r'' и α_r – скорость изменения наклона и направление (азимут или дирекционный угол) нивелирной секции, $i_x'' = I'' \cos A$ и $i_y'' = I'' \sin A$ – компоненты скорости наклона (в сек. дуги) в плоскостях меридиана и первого вертикала соответственно, которые находятся из решения уравнений (1), число которых равно числу смежных секций, пересекающихся в узловой точке. Значения скорости изменения истинного (максимального) наклона I'' и его направление A определяются по известным формулам

$$I'' = \sqrt{i_x^2 + i_y^2}, \quad A = \arctg(i_y/i_x). \quad (2)$$

Точность определения скорости изменения наклона земной поверхности геодезическим методом при $m_x = m_y$ и $\eta(t_1) = \eta(t_2)$ можно оценить по формуле

$$m_I'' = 0,71(i_x + i_y)\eta\rho''/I\Delta t r^{0,5}. \quad (3)$$

По вышеизложенной методике были вычислены годовые и построены пространственные (годографы) изменения наклонов земной поверхности по Селенгинскому профилю Байкальского геодинамического полигона и в районе строительства Северо-Муйского тоннеля трассы БАМ. Как правило, высокие значения изменения наклонов приурочены к разрывным зонам. Особенно высокой активностью отличился Перевальный разлом, по восточному крылу которого проходит Северо-Муйский тоннель: годовые изменения наклонов достигают величины $40'' \pm 0,11''$, что соответствует горизонтальному градиенту скорости СВДЗП $1,45 \cdot 10^{-4} \text{ год}^{-4}$. Подобные деформации обусловлены напряжениями, которые могут вызывать разрушение горных пород. Существенная связь годографов с количеством выделенной за период наблюдений сейсмической энергии свидетельствует о влиянии на мобильность выделенных блоков земной коры очага землетрясений, расположенного в 20 км к северо-востоку от нивелирного профиля [1].

В связи с необходимостью тектонофизической интерпретации выявленных аномалий СВДЗП и оценки масштабов их распространения и отношения к условиям геодинамических обстановок бала проведена типизация аномалий по характерным признакам [2]. Для определения этих признаков введено

представление об амплитуде геокинематической аномалии – δh (максимальном отклонении кривой изменения отметок нивелирных пунктов от ее фонового значения) и ее размере – L (величине горизонтальной протяженности аномалий вдоль профиля). Исходя из морфологии кривых и соответствия основных характерных признаков, авторами [2] введены в рассмотрение четыре типа аномалий движений, различающихся как по морфологии, так и по соотношению между δh и L .

Если через одну из секций нивелирного хода проходит разлом, то соотношение величин α (региональный однородный наклон) и β (региональный однородный изгиб) позволяет судить о степени неоднородности деформирования приразломной зоны. Для количественной оценки однородности деформирования введен параметр P [2]

$$P = [|\alpha| - |\beta(\gamma)|] / [|\alpha| + |\beta(\gamma)|]. \quad (4)$$

Предложенный параметр не имеет особых точек и изменяется в пределах $[-1; +1]$. Каждому значению P соответствует определенный тип деформирования: значению $P = +1$ соответствует α -аномалия, при $P = -1$ имеет место чистый изгиб – аномалия типа $\beta(\gamma)$, что означает максимальное нарушение однородности деформирования.

В случае четырех реперов (трех секций) вычисляются наклоны α_1 и α_2 , изгибы $\beta(\gamma)_1$ и $\beta(\gamma)_2$ для двух правых и двух левых секций соответственно после чего вычисляются средние значения наклона и изгиба по формулам:

$$\alpha_{cp} = 0,5(\alpha_1 + \alpha_2) = 0,25(\delta h_{12}/r_{12} + 2\delta h_{23}/r_{23} + \delta h_{34}/r_{34}), \quad (5)$$

$$\beta(\gamma)_{cp} = 0,5[\beta(\gamma)_1 + \beta(\gamma)_2] = 0,25(\delta h_{12}/r_{12} - \delta h_{34}/r_{34}). \quad (6)$$

Средняя секция, пересекающая разлом, искажает значения региональных наклона и изгиба и поэтому исключается из рассмотрения и вводятся величины модифицированных наклона и изгиба, вычисляемые по формулам

$$\alpha^* = 0,25(2\delta h_{23}/r_{23} - \delta h_{12}/r_{12} - \delta h_{34}/r_{34}), \beta(\gamma)^* = 0,25(\delta h_{34}/r_{34} - \delta h_{12}/r_{12}). \quad (7)$$

Величины α^* и $\beta(\gamma)^*$ используются для вычисления параметра Q ,:

$$Q = [|\alpha^*| - |\beta(\gamma)^*|] / [|\alpha^*| + |\beta(\gamma)^*|]. \quad (8)$$

В зависимости от соотношения α^* и $\beta(\gamma)^*$ параметр Q изменяется в интервале $[-1, +1]$. Значению $Q = +1$ соответствует S -аномалия, значению $Q = -1 - \beta(\gamma)$ - аномалия.

В качестве примера в табл. 1 показаны типы деформаций в зонах четырех (из рассмотренных 31, шесть из которых – грабены-рифты ЗСП)) наиболее крупных разломов Западно-Сибирской плиты [3].

Таблица 1. Классификация разломов Западно-Сибирской плиты по типу деформаций земной поверхности в зонах разломов

№ разлома	Название разлома и пересекающей его линии повторного нивелирования (или участка линии)	Тип деформации	Ширина приразломной зоны, км	Значения параметров $Q; P_1; P_2$
1	2	3	4	5
1	Колтогорско-Уренгойский грабен-рифт Петропавловск-Омск Тайга-Нижневартовск	β S	14 36	-0,89 +0,78
2	Аганский грабен-рифт Нижневартовск-ханты-Мансийск	S	52	+0,99
3	Чузикский грабен-рифт Тайга-Нижневартовск (восточный борт) Тайга-Нижневартовск (западный борт)	S α	28 39	+0,59 0,00; +0,9; +0,7 0,00; +0,8; +0,8
4	б/н, Курган-Петропавловск	α	13	+0,89
5	б/н, Курган-Петропавловск	S	7	

При решении ряда геодинамических задач (например, сейсмическое или эколого-геологическое районирование) данных о СДЗК, полученных на отдельных профилях, оказывается недостаточно. При площадном распределении СВД, представленных в виде карт изобаз, поле v_h принимается за регулярную поверхность, что позволяет вычислять ее наклоны $(grad v_h)\rho''$ и главные кривизны $(k_{1,2})$ по Гауссовым фундаментальным величинам, представленным через первые (v_x и v_y) и вторые (v_{xx} , v_{yy} , v_{xy}) производные скоростей СВДЗК [1]

$$grad v_h = (v_x^2 + v_y^2)^{0,5} \quad (9)$$

$$k_{1,2} = 0,5(v_{xx} + v_{yy}) \pm [0,25(v_{xx} + v_{yy})^2 - (v_{xx}v_{yy} - v_{xy}^2)^2]^{0,5}. \quad (10)$$

Направления изменения наклонов (A) и главных кривизн (φ_1 и φ_2) вычисляются по формулам

$$tg A = v_y/v_x, \quad tg \varphi_1 = (k_1 - v_{xy})/v_{xy}, \quad \varphi_2 = \varphi_1 \pm 90^\circ. \quad (11)$$

Преимущество изображения полей $grad v_h$ и $k_{1,2}$ изолиниями перед другими способами (например, цветовой пластикой или шафировкой) очевидны: в любой точке карты можно получить конкретные числовые характеристики этих кинематических параметров.

Одним из важнейших этапов изучения причин современных движений земной коры (СДЗК) является создание картографических геодинамических моделей и на их основе – разработка методики сравнительного анализа пространственно-временных вариаций современных вертикальных движений и их взаимосвязей с полями другой физической природы. Для обнаружения таких связей используется мощный и разнообразный аппарат корреляционного анализа, позволяющий в результате его применения построить картографические корреляционные модели, отражающими связь СВДЗП с такими

глубинными структурами, как кристаллический фундамент, границы раздела Конрада и Мохоровичича, неоднородностями верхней мантии и др.

Выявленные ранее корреляционной связи между скоростями вертикальных движений v , аномалиями силы тяжести в редукции Буге Δg_B , высотами земной поверхности H_p , изостатическими аномалиями $\Delta g_{из.}$ и глубинами залегания поверхности Мохоровичича H_m для различных регионов Сибири (для Западно-Сибирской плиты, Алтае-Саянской складчатой области, юга Сибирской платформы и южной части Байкальской складчатой области) позволили выявить региональную закономерность: увеличение скорости движений сопровождается увеличением высот рельефа, уменьшением аномалий силы тяжести, увеличением толщины земной коры. Эта закономерность, ярко выраженная в целом для всех перечисленных регионов и менее заметная для каждого в отдельности, имеет квазилинейный характер и свидетельствует об изостатическом уравнивании крупных регионов Сибири. При этом амплитуды и скорости СВДЗП согласуются не только с размещением крупных элементов земной коры, но и с особенностями режимов их тектонического развития: чем сильнее проявления активизации мантии, нашедшие отражение в глубинном строении, геофизических полях, рельефе земной поверхности и т. д., тем интенсивнее СВДЗК [2, 3].

В заключение вышеизложенного следует отметить, что содержанием тектонофизической интерпретации основных геокинематических параметров является изучение природы СВДЗК как через построение картографических корреляционных моделей, отражающих связь кинематических характеристик земной поверхности с физико-механическим состоянием геолого-геофизической среды, так и разработкой механизма аномального деформирования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Колмогоров В.Г. Современная кинематика земной поверхности юга Сибири [текст]: монография / В.Г. Колмогоров, П.П. Колмогорова. – Новосибирск: Наука, – 1990. – 153.
2. Сидоров В.А. Современные движения земной коры осадочных бассейнов [текст]: монография / В.А. Сидоров, Ю.О. Кузьмин. – М.: МГК при Президиуме АН СССР. – 1989. – 183 с.
3. Колмогоров В.Г. Корреляционный анализ некоторых кинематических параметров Западно-Сибирской плиты. // ГЕО_Сибирь-2008. Геодезия, геоинформатика, маркшейдерия. Сб. мат. IV Междунар. Научного конгресса. – Новосибирск: СГГА. – 2008. – 60-64 с.

УДК 528.926:004

Д.В. Лисицкий, П.Ю. Бугаков

СГГА, Новосибирск

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ РЕДАКТОРОВ ТРЕХМЕРНОЙ ГРАФИКИ И АНИМАЦИИ В КАРТОГРАФИИ

D.V. Lisitsky, P.Yu. Bugakov

SSGA, Novosibirsk

CAPABILITIES OF MODERN 3D GRAPHICS AND ANIMATION EDITORS AND THEIR APPLICATION IN CARTOGRAPHY

The paper deals with some capabilities of modern 3D graphics and animation technologies to be used for developing dynamic 3D geoimages.

Modern software allows to use 3D graphics and animation in cartography, it enhances the level of geographic information visualization due to its improved “readability”.

Joint use of 3D graphics and animation is the basis for visualization of virtual reality – artificial computer world, a man can be absorbed in and interact with.

Карта всегда являлась самым удобным и привычным для восприятия средством отображения мира вокруг нас. Человечество использовало картографические рисунки еще задолго до появления письменности. Об этом свидетельствуют рисунки, выполненные на глиняных табличках, кости, дереве, коре и т.п. Они нередко отличались большим правдоподобием, служили для удовлетворения потребностей, возникавших в процессе человеческой деятельности: для указания путей кочевков, мест охоты и т.п.

В процессе развития технических средств и технологий, облик карты сильно изменился: наскальные рисунки сменились рукописными бумажными картами, потом печатными гравюрами, многокрасочными полиграфическими отпечатками, а теперь электронными видеоизображениями и их цветными копиями.

Сейчас используется огромное количество различных типов картографических произведений, разработаны системы классификации. Для обозначения всего множества карт, снимков и других подобных моделей был предложен термин «геоизображения» [1]. Геоизображение — любая пространственно-временная, масштабная, генерализованная модель земных (планетных) объектов или процессов, представленная в графической образной форме.

В зависимости от мерности используемых для создания геоизображения графических средств, а также статичности/динамичности геоизображения можно разделить на четыре основных класса (табл. 1).

К классу статических плоских геоизображений относятся традиционные карты и планы, а также аэро- и космические снимки, радиолокационные, гидролокационные, сканерные изображения и т.п.

Класс статических трехмерных геоизображений объединяет трехмерные графические модели, зрительно воспроизводящие объемность реального мира. К ним относятся блок-диаграммы – трехмерные рисунки местности, стереоскопические модели, голограммы, трехмерные изображения, построенные с помощью компьютера.

Таблица 1. Классификация геоизображений

Мерность графики	Статика	Динамика
2-х мерная (x, y)	Статические 2-х мерные геоизображения	Динамические 2-х мерные геоизображения
3-х мерная (x, y, h)	Статические 3-х мерные геоизображения	Динамические 3-х мерные геоизображения

Статические геоизображения способны отобразить картографируемый объект только в определенный момент времени. Для передачи изменения состояния объектов в пространстве и времени используются картографические произведения, относящиеся к классам динамических двух- и трехмерных геоизображений.

Особо стоит отметить класс динамических трехмерных геоизображений, поскольку применение трехмерной графики и анимации в картографии, логичным образом, приводит к существенному повышению качества восприятия визуальной информации о пространстве и расширению спектра задач, для решения которых используются картографические и информационные технологии. Существуют динамические картографические произведения, которые трудно отнести к какому-либо классу, поскольку они являются комбинированными [2].

Возникновение данных классов связано с бурным развитием мультимедийных технологий, которые в свою очередь опираются на научно-технический прогресс в области компьютерной техники, технологий хранения, обработки и представления информации. Совокупность аппаратных и программных средств позволяет наглядно, в интегрированном виде, использовать двухмерную и трехмерную машинную графику, анимацию, фото, видео, звук, текст при создании информационных сред, предназначенных для использования в различных областях человеческой деятельности.

Трехмерная графика является одной из самых динамично развивающихся областей машинной графики. В настоящее время существует аппаратное и программное обеспечение для получения разнообразных трехмерных изображений – от простых чертежей до фотореалистичных образов объектов окружающего нас мира. Трехмерная графика все больше

используется в различных областях науки для построения объемных моделей объектов в виртуальном пространстве.

Трехмерное представление рельефа, различных природных объектов, элементов инфраструктуры и других естественных и искусственно созданных объектов позволяет воссоздать ландшафт, архитектуру сооружений и взаиморасположение объектов в произвольном ракурсе, сохранив при этом географическую точность и достоверность. Переход к трехмерному представлению объектов реального мира в произвольном ракурсе и масштабе открывает совершенно новые перспективы перед архитекторами, ландшафтными дизайнерами и проектировщиками – но и не только. Трехмерные модели дают возможность значительно улучшить визуальную «читаемость» географической информации, что ведет к повышению эффективности работы с ней и расширению круга пользователей.

На сегодняшний день создано большое количество программ, позволяющих работать с трехмерной графикой. Одной из наиболее популярных является редактор трехмерной графики 3D Studio Max. Область применения этого программного пакета достаточно широка. 3D Studio MAX успешно используется для архитектурного проектирования и конструирования интерьеров, подготовки рекламных и научно-популярных роликов для телевидения, создания компьютерной мультипликации, разработки трехмерных моделей объектов, подготовки иллюстраций для книг и журналов, художественной компьютерной графики, Web дизайна [3].

Программный пакет 3D Studio MAX позволяет, в частности, на основе методов трехмерного моделирования создавать пространственные объекты в принципе любой сложности. Крайне важно, что эти объекты могут быть просмотрены, в отличие от двумерной графики, в любом ракурсе. Из трехмерных объектов может быть сформирована трехмерная сцена любой сложности, в которой для большей фотореалистичности можно применить различные текстуры и оптические эффекты. В распоряжении пользователя находятся различные камеры и всевозможные источники света. Для всех объектов сцены, включая камеры и источники света, можно задавать движение, изменение формы и размеров, вплоть до плавного превращения одного объекта в другой (эффект морфинга). Имеется возможность монтажа полученных последовательностей кадров и их озвучивания.

Принцип динамического картографирования заключается в отображении динамических серий, создающих эффект движения и изменения объектов, явлений и процессов, что позволяет моделировать и проследивать последовательные этапы их развития [2]. Впечатление движения при динамическом картографировании возникает при смене карт-кадров.

На данном этапе развития технических средств динамика геоизображений обеспечивается компьютерной анимацией.

Анимация в картографии – это, по сути, современный этап развития традиционных карт динамики, на которых фиксировались состояния объектов в разные моменты времени. С появлением динамики картографирование приобрело четвертое, временное измерение. Картографическая анимация позволяет показать

изменения и скорости протекания процессов в геосистемах, а также решить некоторые задачи их мониторинга и прогнозирования. Таким образом, технология анимации является универсальным средством отображения процессов, которые могут быть различными по характеру, скорости протекания, продолжительности, локализации и территориальному охвату.

Наиболее распространенным способом создания анимации является метод ключевых или опорных кадров (keyframing). При использовании этого метода объекты вручную устанавливаются в требуемые положения, соответствующие моментам времени ключевых кадров, а система компьютерной анимации автоматически строит все недостающие кадры между опорными, изображая объекты на промежуточных стадиях их движения. Для моделирования движений, или эффектов, которые трудно воспроизвести с помощью ключевых кадров, используется процедурная анимация. Процедурные контроллеры анимации рассчитывают текущие значения параметров анимации, основываясь на начальных значениях, заданных пользователем, и на математических выражениях, описывающих изменение параметров во времени. Функциональный набор этого и других редакторов трехмерной графики и анимации позволяет использовать их для создания виртуальных анимированных картографических произведений.

Существуют также различные программы, использующие системы частиц для просчета динамики формы текучих сред для анимационных последовательностей. Одной из самых популярных является RealFlow, разработанная компанией Next Limit Technologies. С помощью RealFlow можно обчислять динамику газов, жидкостей, текучих сред различной вязкости и эластичных материалов. Алгоритм расчетов этой программы использует физические уравнения динамики текучих сред и обладает уникальной особенностью – моделирующие среду частицы способны взаимодействовать между собой. Данную программу можно использовать для моделирования атмосферных явлений (движение циклонов, дождь, снег, ветер и т. п.), динамичных и статичных водных объектов, огня, дыма от труб промышленных объектов и многого другого.

Трехмерная графика и анимация являются составляющими элементами визуализации виртуальной реальности. В технической практике виртуальная реальность рассматривается как искусственный мир, созданный компьютером, в который человек может погружаться и с которым может взаимодействовать [4]. Именно совокупность статичных и анимированных трехмерных моделей объектов создает впечатление присутствия и перемещения в объемном пространстве.

Применение виртуальной реальности в картографии открывает новые возможности моделирования виртуальных картографических произведений (виртуальное моделирование или виртуальное картографирование).

Технологии создания виртуальных геоизображений развивались постепенно, их дальними предшественниками можно считать блок-диаграммы – трехмерные рисунки, сочетающие изображение поверхности какого-либо объекта (геологического тела, почвенного покрова, водной толщи, слоя атмосферы и т. п.) с

его продольным и поперечным разрезами. Сегодня трехмерные изображения, полученные по цифровым моделям, визуализируются на экранах компьютеров. При этом изображения могут иметь разные масштабы по осям, менять наклоны и поворачиваться к наблюдателю любым ракурсом. Для усиления наглядности на поверхность блок-диаграмм стали «натягиваться» фотоизображения местности с использованием снимков, ортофотоснимки, фотопланы, фотопанорамы. В результате фото-блок-диаграммы приобрели еще более естественный вид [3].

С помощью совместного использования таких программных пакетов как 3D Studio MAX и RealFlow можно получать крупномасштабные и довольно подробные виртуальные изображения рельефа и ландшафта, геологического строения, водных объектов, растительного покрова, городов, путей сообщения, промышленных объектов и т. п. С помощью этих программ стало возможным создавать не только отдельные модели в некотором абстрактном трехмерном пространстве, а модели в конкретной окружающей среде. То есть моделируется не только сам объект, но и среда, в которой этот объект функционирует и с которой в данный момент находится во взаимодействии (например, время суток, сезон года, солнечное освещение, погода и атмосферные явления, звуковой фон и др.) [3]. Возможность интеграции разной тематической информации в одной модели – одно из главных достоинств виртуального геоизображения.

Использование трехмерной графики и анимации в картографии существенно повышает наглядность картографического произведения и, следовательно, повышается качество восприятия информации о пространстве, объектах, процессах, которыми оно представлено. Технологии и методики создания динамических трехмерных мультимедийных картографических произведений находятся на стадии бурного развития. Поэтому, в связи с новым уровнем аппаратных и программных технологий, возникает необходимость научного обобщения опыта использования трехмерной машинной графики и анимации в картографии. Для этого необходимо:

- 1) Провести обзор современного программного обеспечения, предназначенного для работы с трехмерной графикой и анимацией и проанализировать возможности их использования в картографии;
- 2) Провести анализ возможностей использования трехмерной графики при визуализации отдельных элементов геоизображений;
- 3) Рассмотреть возможности применения различных приемов анимации и их комбинаций в динамических трехмерных картографических произведениях;
- 4) Разработать методику создания динамических трехмерных картографических произведений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Берлянт А.М. Геоиконика. – М., 1996.
2. Берлянт А.М., Ушакова Л.А. Картографические анимации. – М.: Научный мир, 2000. – 108 с.

3. Маров М.Н. Энциклопедия 3D Studio MAX 3. – СПб: Издательство «Питер», 2000. – 1184 с.: ил.
4. Берлянт А.М. Виртуальное картографирование // Природа. – 2002. - № 7.
5. Берлянт А.М. Графические модели мира // Соросовский образовательный журнал. – 1999. - № 4. – С.65–71.
6. Берлянт А.М. Свойства визуализации как способа моделирования геоизображений // Геодезия и картография. – 2005. - № 12. – С. 43–52.
7. Рахманов М. Города XXI века: виртуальная среда обитания. [Электронный ресурс]
http://www.cnews.ru/reviews/free/national2006/articles/it_drugs/

© Д.В. Лисицкий, П.Ю. Бугаков, 2009

УДК 528.926:004

*Д.В. Лисицкий, Е.В. Комиссарова, Е.С. Утробина,
А.А. Колесников, П.Ю. Бугаков, И.О. Надыров*
СГГА, Новосибирск

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ СЕРИИ КАРТ ДЛЯ ГЕОПОРТАЛА

*D.V. Lisitsky, Ye.V. Komissarova, Ye.S. Utrobina,
A.A. Kolesnikov, P.Yu. Bugakov, I.O. Nadyrov*
SSGA, Novosibirsk

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGIES FOR GEOPORTAL MAP SERIES PRODUCTION

Placing maps on geoportal is easier and cheaper than printing them. It will allow avoiding extra expenses on the distribution of finished products (transportation, sale, etc). This accounts for turning Internet into an important mapping communication channel, with geoportals becoming a new interface for internet user. They provide a unified access to the global information environment and the tools for information search. The new geoportal is being developed at SSGA now, on which the Novosibirsk region map series are to be placed.

As a result of the investigation the new technology is offered to be used for geoportal map series production. It includes the list of basic steps of map making using the software complex.

В настоящее время слово «портал» является модным, поэтому его часто употребляют, не заботясь о смысле и соответствии ресурса масштабу Интернет-портала. Для того чтобы разобраться с понятием «портал» следует проследить генезис термина и его эволюцию. Слово портал пришло во Всемирную Сеть из архитектуры и означает «главный вход» или «парадный фасад», т. е. это Web-сайт, с которого пользователь начинает свое путешествие по Интернет, переходит туда, куда ему нужно, получает легкий доступ ко всей необходимой ему в Сети информации, делает стартовой страницей своего Web-браузера. При этом пользователю предоставляется всякая общепользовательная информация возможность понять, куда ему надо быстро и удобно попасть. Основная идея работы портала – создание критической, т. е. невероятно большой массы сервисов, чтобы можно было привлечь к себе такое количество пользователей, которое будет постоянно обновляться, и пополняться без всяких трат на рекламу, поскольку посещаемость будет расти сама. Интернет-портал – это известный Web-сайт с большим количеством информации различных услуг и сервисов, посещаемый очень многими пользователями.

В данный момент порталы стали новым интерфейсом пользователя Всемирной Сетью, они предоставили единый вход в глобальное информационное пространство и инструменты поиска информации, библиотеку систематизированного информационного наполнителя сайта (контента), средства персонификации, позволяют также посетителям сети общаться друг с другом в рамках сообществ по интересам и чатов в реальном времени.

В последнее время в российской зоне сети Интернет появляется все больше примеров нового вида Web-порталов — геопорталов. Одним из первых для широкого доступа был предоставлен *геопортал компании «ДАТА+»*. С технологической точки зрения геопортал «ДАТА+» представляет собой систему, в центре которой находится база метаданных, управляемая СУБД. Обработку запросов к базе метаданных осуществляет ГИС-сервер метаданных, созданный по технологии GIS Portal Toolkit. Возможность доступа к геопорталу через Интернет обеспечивает Web-сервер.

Таким образом, в современном мире сформировалось особое *географическое информационное пространство*, позволяющие проводить целенаправленный поиск именно географических информационных ресурсов (ГИС-ресурсов) с учетом их характерных особенностей. Эта задача решается путем создания специализированных узлов — своего рода шлюзов для доступа к разбросанным по различным источникам ГИС-ресурсам. Роль шлюзов играют геопорталы, собирая в одном месте информацию для доступа к множеству ресурсов.

На сегодняшний день разработка технологии создания серии карт на территорию Новосибирской области для геопортала СГГА является актуальным и своевременным. Потенциальными пользователями геопортала СГГА с картографической и справочной информацией могут быть самоорганизующиеся граждане и туристы, службы быстрого реагирования (МЧС, медицинская помощь, милиция и т.п.), органы территориального управления (муниципалитет, районные администрации), транспортные организации, торговые сети, аналитические и статистические организации и др.

Представление картографической информации на геопортале должно осуществляться следующим образом: пользователю, посетившему сервер геопортал СГГА, предлагается обобщенная карта Новосибирской области масштаба 1:2 500 000, по которой он может выбрать участок с последующей детализацией, т. е. переход к масштабам 1 : 1 000 000 и 1 : 200 000. По своей сути геопортал представляет собой инфраструктуру пространственных данных, которые являются системой для обеспечения поиска и доступа к хранящимся в различных местах географическим информационным ресурсам — картам, базам географических данных, ГИС-сервисам, базам географических знаний, базовым пространственным данным, результатам географических исследований.

В результате наших исследований предлагаем выделить основные технологические этапы создания серии карт для геопортала.

1 этап – подготовительные работы – состоит в следующем:

- Выбор формата представления карт в среде Интернет. Формат определяет внутреннее устройство векторной карты. От него зависят такие характеристики, как объем файла векторной карты и время доступа к требуемому объекту;
- Сбор исходных материалов для создания общегеографической основы (бумажные карты, цифровые карты, аэро- и космические снимки и т. д.);
- Сбор тематической информации (основные тематические данные подлежащие картографированию, а также дополнительные сведения: таблицы, диаграммы, схемы, фотографии, видеосюжеты, музыка, речь диктора, звуки среды обитания, текстовые пояснения и т. д.);
- Определение форматов представления дополнительной информации, отбор и конвертация собранных материалов: тексты – XML, DOC, PD, таблицы, диаграммы, схемы – WMF, EXCEL. DOC, рисунки, фотографии – JPEG, TIFF, видеофильмы – FLV, AVI, WMF, музыка – MP3, анимации – GIF, картографический материал – SHAPE-FILE, MAPINFO.

2 этап – разработка интерфейса – состоит в следующем:

- 1) разработка перечня функций интерфейса:
 - Осуществление функции «Помощь» с указанием всех возможностей работы с сервисом (программисты);
 - Функции графического редактора (изменение масштаба карты, перемещение (навигация) по карте, управление содержанием карт, отображение классов объектов при увеличении до порогового масштаба);
 - Определение характеристик выбранного на карте объекта (семантика);
 - Функции работы с фотоизображениями;
 - Функции работы с семантической базой данных;
 - Выбор необходимой информации, в том числе поиск по имени объекта (Формирование семантический запросов о численности населения в областном и районных центрах, информация о площади административных единиц);
 - Выделение выбранного объекта на карте;
- 2) Разработка условий доступа к информации. Доступ через текстовое меню, построенное по иерархической структуре, через гиперссылки, включенные в тексты, через картографический материал, дополненный системой связывания картографических объектов с текстами и другими мультимедийными файлами, через автоматизированную поисковую систему с использованием ключевых слов, через механизм связывания мультимедийных файлов;
- 3) Разработка оформления карты, определение способов картографирования информации, легенды, подбор условных знаков, разработка внешнего вида иконок для различного рода гиперссылок и т.д.;
- 4) Разработка ссылок на Интернет сайты. Например, при нажатии на значок аэропорта – предложение выхода на сайт с расписанием авиарейсов и т. д.

3 этап - разработка содержания серии карт состоит в следующем:

1) разработка и создание единой общегеографической основы:

- Выбор масштабов отображения картографической информации и разработка содержания для каждого масштаба;

- Разработка классификатора объектов содержания. Классификатор представляет собой электронный структурированный список всех объектов, которые могут встретиться на карте, и всех атрибутов, которые могут содержать объекты. При работе с векторными картографическими изображениями, каждому объекту на карте должна соответствовать своя запись в таблице, где храниться ID каждого объекта и дополнительная семантическая информация;

2) Разработка содержания и создание тематических карт:

- Разработка и создание тематических слоев;

- Разработка структуры таблиц тематических слоев. Структура таблиц должна быть увязана с разработанным классификатором единой общегеографической основы;

- Отображение тематической информации и разработка содержания для каждого масштаба;

3) Увязка сочетания тематических слоев с общегеографической основой, между собой и в разных масштабах;

4) Привязка дополнительной тематической информации. Файлы, содержащие текстовую информацию, трехмерные модели, видеосюжеты, речь диктора, звуковые эффекты, присоединяются к картографическому изображению посредством гиперфайловых ссылок, созданных на HTML-страницах. Должна иметь пространственную привязку к территориальным единицам, строго актуальна по датам событий.

4. Корректурa изображения тематических карт.

5. Корректурa баз данных.

6. Корректурa и согласование карт всей серии между собой. Корректурa и редакторский просмотр производятся путем детального изучения изображения на экране монитора.

*© Д.В. Лисицкий, Е.В. Комиссарова, Е.С. Утробина,
А.А. Колесников, П.Ю. Бугаков, И.О. Надыров, 2009*

УДК 528.926:004

С.Ф. Мазуров

ФГУП «ВостСиб АГП», Иркутск

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ И ПРИЕМЫ СОЗДАНИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

S.F. Mazurov

East Siberian aerogeodesic enterprise (ESAGP), 14 Nignyaya Naberegnaya Ul.,
Irkutsk, 664011, Russian Federation

SCIENTIFIC AND METHODOICAL PRINCIPLES AND RECEPTIONS OF CREATION REGIONAL GEOPHICALS INFORMATIONS SYSTEMS

The regional geographical complexes are composite natural systems requiring of the detail formal description with usage of different sorts of data structures. A regional GIS are complex products containing the different subject information, collected by different offices and subdividings. The cartographical materials of broad consumption can be accessible to a broad circle of the users through different mechanisms of cartographical servers in the network the Internet. It is necessary also to mark, that the form of data output can be mirrored in a subjective estimation of a significance of outcomes of creation of regional GIS.

Общие положения

Региональные географические комплексы являются сложными природными системами, требующими детального формального описания с использованием различных видов структур данных. Природные системы чрезвычайно динамичны в физическом отношении, подвергаются интенсивной эксплуатации и очень важны в экологическом плане. Особо острые проблемы, связанные с использованием природных комплексов, возникают в Восточной Сибири и, частности в Байкальском регионе. К числу таких проблем, прежде всего, относятся демографические проблемы, интенсивное развитие промышленности, экономическая реорганизация и пагубные последствия загрязнения окружающей среды. Из-за сложной организации региональных географических комплексов управлять ими нелегко, однако качественная и своевременная информация может помочь принимать правильные решения по использованию этих территорий.

Географическая информационная система (ГИС) – это методика представления данных, помогающая принимать адекватные решения по использованию той или иной территории. Будучи основанной на целостном и междисциплинарном подходе, ГИС облегчает анализ собранных данных и учет интересов региональных администраций, различных групп промышленности, бизнеса и населения. ГИС все чаще рассматривают в качестве главного

инструмента для разработки, реализации и контроля функционирования программ, связанных с комплексным управлением природными комплексами. Использование современного геоинформационного картографирования в рамках таких программ дает целый ряд преимуществ. В частности, методики современных ГИС обеспечивают:

- Удобное хранение и использование крупных массивов данных;
- Эффективное распознавание пространственных соотношений;
- Возможность принимать более взвешенные решения;
- Возможность составлять высококачественные географические, экологические и другие тематические карты.

Иными словами, ГИС позволяет более эффективно использовать имеющуюся информацию для принятия решений по управлению природными ресурсами.

ГИС может использоваться и в специальных целях, к примеру:

- Выявления картографическим методом зон возможных конфликтов интересов разных промышленно-хозяйственных групп, бизнеса и предпринимательства;
- Перспективного планирования развития промышленных зон, в том числе особых зон экономического развития;
- Эффективного управления факторами риска;
- Оценки воздействия различных факторов на окружающую среду;
- Привлечения общественности к управлению особыми экономическими зонами.

По сути дела, ГИС может оказаться полезной в любых ситуациях, для анализа которых важное значение имеют пространственные факторы.

К сожалению, ГИС не застрахована от сбоев в работе. Поскольку это может приводить к ошибкам в анализе ситуации, о подобных сбоях обязательно нужно информировать прочих пользователей ГИС, а также ее разработчиков. Как правило, проблемы возникают в связи со следующими процедурами:

- Сбором данных на конкретной территории;
- Определением формата используемых данных;
- Вводом данных в ГИС;
- Поддержкой заданного качества данных;
- Подключением ГИС к процессу принятия решений.

ГИС, таким образом, открывает широчайшие возможности. Но для того чтобы получить от нее реальную пользу, необходимо понимать, как работает эта система и каким образом с максимальной эффективностью можно пользоваться их преимуществами в той или иной ситуации.

Создание цифровой картографической основы для региональных геоинформационных систем

При создании автоматизированных картографических систем (АКС) в составе муниципальных и региональных ГИС возникает комплекс взаимоувязанных вопросов, определяющих характер, содержание и возможности использования цифровой картографической основы для территорий регионов, городов и районов. К таким вопросам относятся:

- Выбор масштаба исходных картматериалов;
- Определение содержания создаваемой цифровой карты;
- Обеспечение требуемых нормативов точности;
- Обеспечение возможностей оперативного приведения цифровой карты в соответствие с текущим состоянием местности (мониторинг);
- Обеспечение совместимости пространственно-координированных данных различного тематического (отраслевого) характера, полученных различными средствами и представленных в различных формах;
- Разработка структуры автоматизированной картографической системы, обеспечивающей эффективное многоцелевое использование цифровой карты.

Обсуждение этих вопросов часто приобретает дискуссионный характер с выдвижением противоречивых аргументов технического, организационного и экономического характера. Свою специфику этой дискуссии придают также местные условия – наличие и качество исходных картматериалов, ограниченность технических и финансовых ресурсов, расхождение интересов различных групп разработчиков и пользователей. Как правило, такая дискуссионность не является принципиальной, а возникает в результате механического переноса традиционных картографических представлений в область ГИС-технологий, где эти представления и их концептуальные основы подвергаются в настоящее время существенной трансформации [Берлянт, 1996, 1997].

Первой особенностью создаваемых цифровых карт регионов является их размер. На начальных этапах развития и становления цифрового ГИС-картографирования для создания региональных карт требовалось оцифровать десятки, и даже сотни номенклатурных листов существующих печатных карт. Это порождало противоречие между стремлением выбрать как можно более крупный масштаб исходных картматериалов и объемом работ по оцифровке этих материалов. В настоящее время в большинстве регионов все основные картографические материалы (в частности топографические карты) переведены в цифровую форму, и это ограничение уже не является принципиальным.

Как и в классической картографии, при выполнении геоинформационного картографирования на региональном уровне возникают вопросы выбора масштабного ряда и содержания карт. Ключевым вопросом является полнота содержания, детальность и точность создаваемой цифровой карты. Необходимо принять во внимание, что при переходе к более крупным масштабам снижается однородность всей совокупности исходных картматериалов, что проявляется

в неполноте охвата территории и в разновременности листов карт и планов. Во-вторых, при визуализации электронных карт и при документировании компьютерных карт на «твердом» носителе в мелких масштабах, необходимо многомасштабное представление данных, так как диапазон изменения масштабов от исходного до обзорного, обеспечивающего охват всей территории, может изменяться в несколько десятков, а то и сотен раз. Таким образом, проектирование масштабного ряда и содержания цифровых карт для регионального ГИС-картографирования является неперенным условием создания картографически корректного и полноценного материала, отвечающего определенным требованиям и стандартам.

Отличительной особенностью цифровых карт в современных системах ГИС является их многослойный характер с потенциальной неограниченностью числа тематических слоев. При этом, если содержание первичной цифровой картографической основы в основном диктуется требованиями к содержанию топографических карт и планов, то последующее ее использование предполагает совмещение с ней тематических данных, получаемых различными способами, различающихся по точности и содержанию, представляемых в различных масштабах и проекциях, и отнесенных к различным участкам территории и моментам времени.

Точность некоторых типов тематических данных может превосходить, соответствовать или быть ниже точности исходных (базовых топографических) картматериалов. Часто тематические данные представляются на картах, проекция которых неизвестна. Кроме того, при использовании материалов аэрокосмических съемок зачастую бывает необходима фотограмметрическая обработка данных. Как следствие, возникают проблемы геопространственной привязки этих данных к цифровой карте. Другим аспектом является сбалансированное представление картографической информации в ГИС-системе при реализации электронных и компьютерных карт различных масштабов.

Третьей важной особенностью цифровых карт является их объектный характер. Если под цифровой картой понимается модель территории, а не просто графическое ее воспроизведение в принятой системе условных знаков, то должны быть определены пространственные объекты, их местоположение, характеристики и взаимосвязи. Другими словами, ГИС система должна «понимать» карту примерно так, как это делает человек, визуальнo воспринимая и распознавая ее. Поэтому пространственно-координированные данные должны представляться в цифровой карте в расширенном виде, сопровождаемые формализованными описательными атрибутами и топологическими связями, характеризующими определенные взаимосвязи и отношения компонент географической модели местности.

Еще одной особенностью современных систем геоинформационного картографирования является возможность обеспечения произвольного объектообразования с формированием иерархических структур и групп любых элементов карты. При этом системы не ограничивают элементы карты по их

типам (точечный, линейный или полигональный) и размещению в различных тематических слоях.

Таким образом, данные, собираемые и размещаемые в региональных цифровых ГИС системах, как правило, являются разномасштабными, разновременными и имеющими разную пространственную и тематическую точность. Данные пространственно координируются различными способами, и образуют многослойную иерархически организованную объектную структуру (графические слои карты с атрибутивно-топологическими связями), которая является основой геопространственной региональной модели заданной территории.

Одной из сложностей геоинформационного картографирования на региональном уровне является то, что создание цифровой картографической основы, удовлетворяющей всем предъявляемым к ней требованиям, в течение короткого периода времени практически невозможно. Поэтому единственная рационально обоснованная стратегия – признать определенную степень несовершенства создаваемой ГИС-модели (в силу очевидности ограничений описанных выше), создать первичную цифровую карту на базе имеющихся картматериалов и организовать процесс постоянного совершенствования этой системы путем мониторинга изменений реальной географической системы и внесения соответствующих корректировок в созданную ГИС-модель.

Таким образом, цифровая карта в современной ГИС системе принципиально должна рассматриваться как динамичный объект, в отличие от статичных единовременно создаваемых графических оригиналов карт и планов. Эта динамичность обеспечивается за счет оперативной обработки вновь поступающих данных (например, ДДЗ) и модификации цифровой ГИС-карты, придающей ей новые, отличные от традиционных, качества.

Сбор, обработка и анализ данных для создания региональных геоинформационных систем

Основные типы и виды данных, используемых для геоинформационного картографирования на региональном уровне, определяются различными факторами, и в первую очередь, выбранным базовым масштабом, временным диапазоном картографирования (динамика изменений или текущее состояние), и собственно тематикой создаваемой ГИС-системы. Существенную роль играет фактор наличия картографической информации в цифровом виде, готовом к непосредственному использованию. Во многих случаях графические и картматериалы в бумажной форме необходимо перевести в цифровой формат, – как в векторной (графические материалы, карты, схемы), так и в растровой (архивные изображения и аэро- и космические снимки) форме. Эти процессы как правило основаны на сканировании исходных носителей в бумажной форме с последующей векторизацией картографических материалов. Атрибутивная информация (таблицы данных, текстовые комментарии и другие неграфические материалы) в ГИС-системах как правило представлена в виде электронных таблиц и баз данных. Ввод и наполнение баз данных может быть осуществлен непосредственно вручную ГИС-оператором или путем предварительного сканирования и автоматического распознавания текста. Независимо от

конкретной технологии, ввод информации обоих видов (графический и текстовой) сопровождается внесением ошибок и неточностей.

Как отмечено выше, существуют некоторые проблемы, связанные с поддержанием максимально высокого качества данных на протяжении всего цикла планирования, разработки, создания и эксплуатации ГИС-карт регионального уровня. Необходимо также отметить, что на определенных стадиях анализа и эксплуатации созданной ГИС-модели определенные манипуляции с исходными данными (или их комбинациями) могут привести к снижению качества результирующих данных, например в результате пространственной фильтрации в процедурах генерализации векторных данных, сглаживания цифровых моделей рельефа, трансформирования и геокоррекции растровых аэро- и космических изображений и другие.

Корректно собранные, обработанные и используемые данные являются залогом качества регионального геоинформационного картографирования. Работа с данными при ГИС-картографировании как правило проходит в четыре основных этапа: первоначальный сбор, ввод данных, анализ данных и представление (геовизуализация).

Первоначальный сбор данных. Региональные ГИС-системы, как правило, являются комплексными продуктами, содержащими разноплановую тематическую информацию, собранную различными ведомствами и подразделениями. Во многих случаях системы регионального ГИС-картографирования создаются путем создания коллектива профессионалов – как специалистов в той или иной области знаний, так и профессиональных ГИС-аналитиков и программистов. Как уже отмечалось выше, данные, поступающие от различных пользователей и участников проекта геоинформационного картографирования, могут быть недостоверными, иногда противоречащими друг другу. Каждый из участников совместного ГИС-проекта может интерпретировать «конфликтную ситуацию» по-своему, и, соответственно, настаивать на использовании своих данных. Это обстоятельство заслуживает особого внимания: разрешение конфликтов данных должно быть выполнено на этапе предварительного анализа и проектирования ГИС-системы - когда все данные собраны и подготовлены к вводу в систему в определенном формате, улучшить их качество уже практически невозможно.

Ввод данных в ГИС. Как отмечалось выше, собранные данные можно вводить в ГИС различными способами. Каждый из них имеет свои достоинства и недостатки. Для того чтобы свести до минимума риск ухудшения качества данных, следует определить наиболее адекватный способ их ввода, обеспечивающий максимальную производительность и минимальный уровень вносимых погрешностей.

Анализ и манипуляция данными. Одним из преимуществ ГИС является возможность извлечения новой информации путем анализа и манипуляции имеющимися данными, организованными в пространственно перекрывающуюся и географически привязанную многослойную структуру тематических данных. Однако любая манипуляция данными, хранящимися в ГИС, может привести к ухудшению их качества. Такую угрозу представляет, в

частности, автоматическая генерализация, сглаживание и пространственная фильтрация, изменение картографических проекций, изменение масштаба данных и наложение нескольких слоев данных. Довольно часто атрибутивная информация, полученная из разных источников, является причиной существенных сбоев в организации логики данных, что ведет к существенной деградации качества семантической компоненты ГИС-карт.

Представление и визуализация данных. В большинстве ГИС-систем регионального уровня визуализация окончательной ГИС-карты является собственно результатом всего проекта. В зависимости от поставленной задачи, результат ГИС-анализа может быть представлен как в статическом виде (классическая карта – как отпечатанная на бумаге, так и сохраненная в цифровом виде в том или ином формате цифровых изображений), так и в виде динамической региональной ГИС-карты, когда пользователю предоставляется возможность генерировать различные варианты карты с использованием тех или иных тематических слоев, регулируя тематическую нагрузку и создавая, по существу, комплекс тематических карт – ГИС-атлас.

Форма вывода и представления ГИС-карт регионального уровня также должна определяться способом доступа к той или иной информации в рамках конкретного ГИС-проекта. Картматериалы узкого, ведомственного назначения, как правило, представлены в виде файлов в том или ином ГИС-формате и предназначены для использования в специализированных ГИС-программах. Картографические материалы широкого потребления могут быть доступны широкому кругу пользователей через различные механизмы картографических серверов в сети Интернет. Необходимо также отметить, что форма вывода данных может отразиться на субъективной оценке значимости результатов создания региональных ГИС-карт.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Берлянт, А.М. Геоиконика / А.М. Берлянт. – М.: Астрей, 1996. – 208 с.
2. Берлянт, А.М. Геоинформационное картографирование / А.М. Берлянт. – М.: Астрей, 1997. – 64 с.

© С.Ф. Мазуров, 2009

УДК 528.926:004

К.В. Марусин, А.Ш. Хабидов, Е.А. Фёдорова

Институт водных и экологических проблем Сибирское отделение Российской академии наук (ИВЭП СО РАН), Барнаул

ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА «БЕРЕГА КАМСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА»

K.V. Marusin, A.Sh. Khabidov, E.A. Fedorova

Institute for Water and Environmental Problems Siberian Branch

RAS (IWEP SB RAS), Barnaul

THE GEOINFORMATION SYSTEM "COAST OF THE KAMSK RESERVOIR"

Main objective of working out the Geoinformation system "Coast of the Kamsk reservoir" it is maintenance of information support for decision-making in the field of management of a coastal zone and water area Kamsk reservoir.

Геоинформационная система «Берега Камского водохранилища» (ГИС-БКВ) создавалась для Камского бассейнового водного управления (КамБВУ) в рамках Государственного контракта «Разработка методов прогнозирования процессов переработки береговой полосы Камского водохранилища и конкретных мероприятий по предотвращению негативного воздействия вод на прибрежную территорию».

Основная цель разработки ГИС – обеспечение информационной поддержки принятия решений в области управления береговой зоной и акваторией Камского водохранилищ.

ГИС-БКВ решает следующие основные задачи: 1) структурированное электронное хранение необходимой информации о пространственном положении объектов (пространственные данные), их характеристиках (атрибутивные данные); 2) картографическое отображение информации в требуемом тематическом аспекте и пространственном масштабе; 3) автоматизация операций по анализу пространственной информации при решении ряда управленческих и инженерных проблем.

Структурная схема ГИС-БКВ в конфигурации на момент завершения работ по проекту приведена на рис. 1.

Поскольку различные пользователи имеют специфические наборы задач и информационных потребностей, которые могут частично пересекаться, вся ГИС была разбита на функциональные блоки. Функциональный блок – это набор инструментов различного уровня (от системы кнопок и меню внутри некоторой программной оболочки до отдельных программ и программных комплексов), обеспечивающих решение задач для соответствующей группы пользователей. В ГИС предусмотрены следующие функциональные блоки:

Информационно-справочный блок. Назначение этого блока – обеспечивать руководителей и специалистов необходимой информацией о текущем состоянии береговой зоны и ее динамике (тенденциях развития), так чтобы ряд управленческих решений, в основном, текущего характера можно было принять сразу на основе визуального изучения данных или после несложного анализа (без использования инструментов математического моделирования). Кроме того, здесь же можно просмотреть результаты отработки различных «сценариев» природных ситуаций, полученных в рамках решения задач математического моделирования или инженерного прогноза.

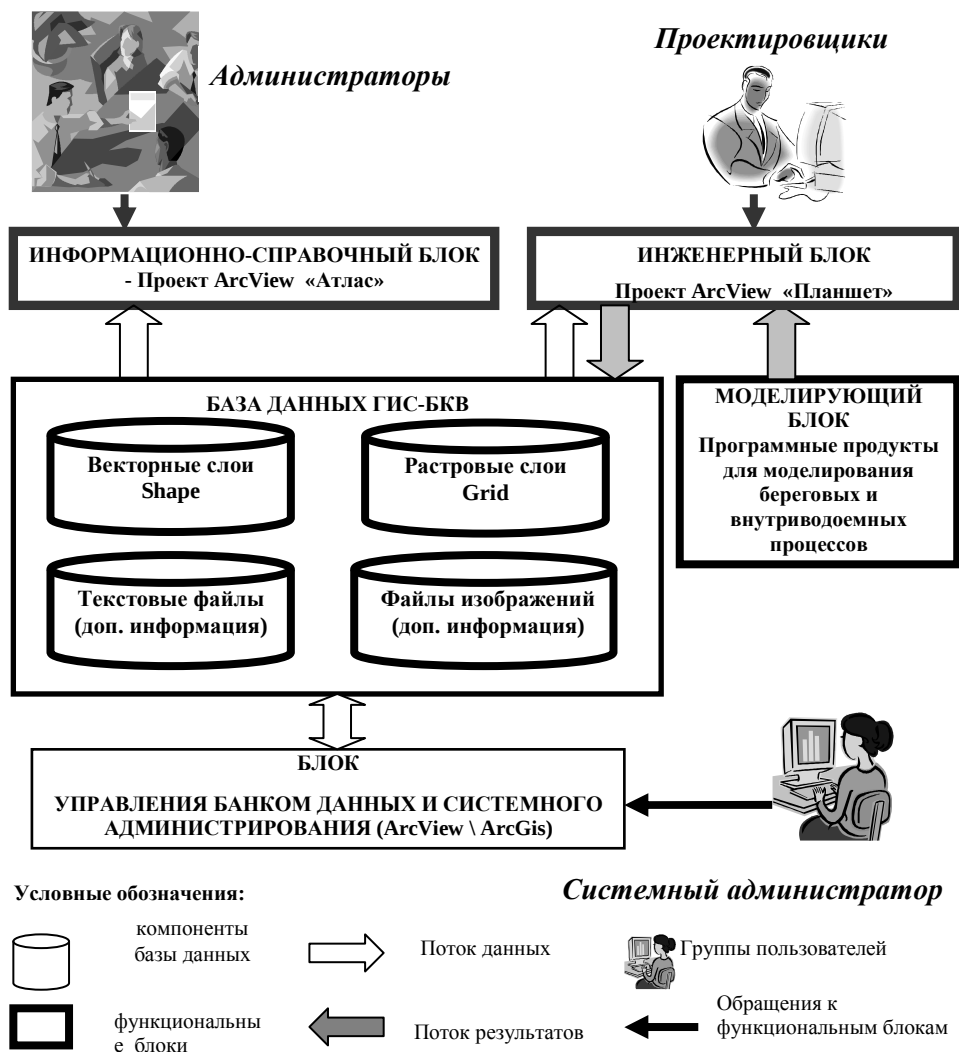


Рис. 1. Структурная схема ГИС-БКВ

Инженерный блок. Назначение данного блока – автоматизация некоторых операций по анализу пространственных данных при решении инженерных задач прогнозирования природных процессов в береговой зоне и проектирования сооружений и мероприятий, подготовка данных для задач математического моделирования, картографическое отображение и анализ полученных в ходе моделирования результатов.

Информационно-справочный и инженерные блоки строятся на платформе базовой ГИС общего назначения ArcView в виде отдельных проектов с модернизированным интерфейсом, отвечающим назначению блока.

Моделирующий блок. Это совокупность отдельных программных продуктов (приложений), реализующих математические модели гидро- динамических, лито- и морфодинамических процессов, протекающих в береговой зоне. Эти приложения функционируют вне среды ГИС, но согласованы с ней, а также между собой по форматам и протоколам входных и выходных данных, так чтобы пользователи ГИС могли, например, просмотреть (отобразить на карте) результаты моделирования.

Блок системного администрирования. Назначение данного блока – ведение баз данных, администрирование системы, развитие ее информационной и функциональной компонент. Блок образован набором коммерческих программных продуктов, основным из которых является полнофункциональная универсальная ГИС общего назначения ArcGIS.

Информационно-справочный проект ArcView «Атлас» представляет из себя просмотрщик электронной карты. Пользователь может управлять ее содержанием, включая \ выключая изображения слое (тем), а также добавляя дополнительные слои из predetermined набора, например растры топографических карт. Функции редактирования пространственных и атрибутивных данных в этом проекте отключены. Пользователь может дополнять текущее содержание проекта за счет графических примитивов (текста, фигур, символов), которые будут сохраняться внутри проекта, но не в базе данных ГИС-БКВ (рис. 2).

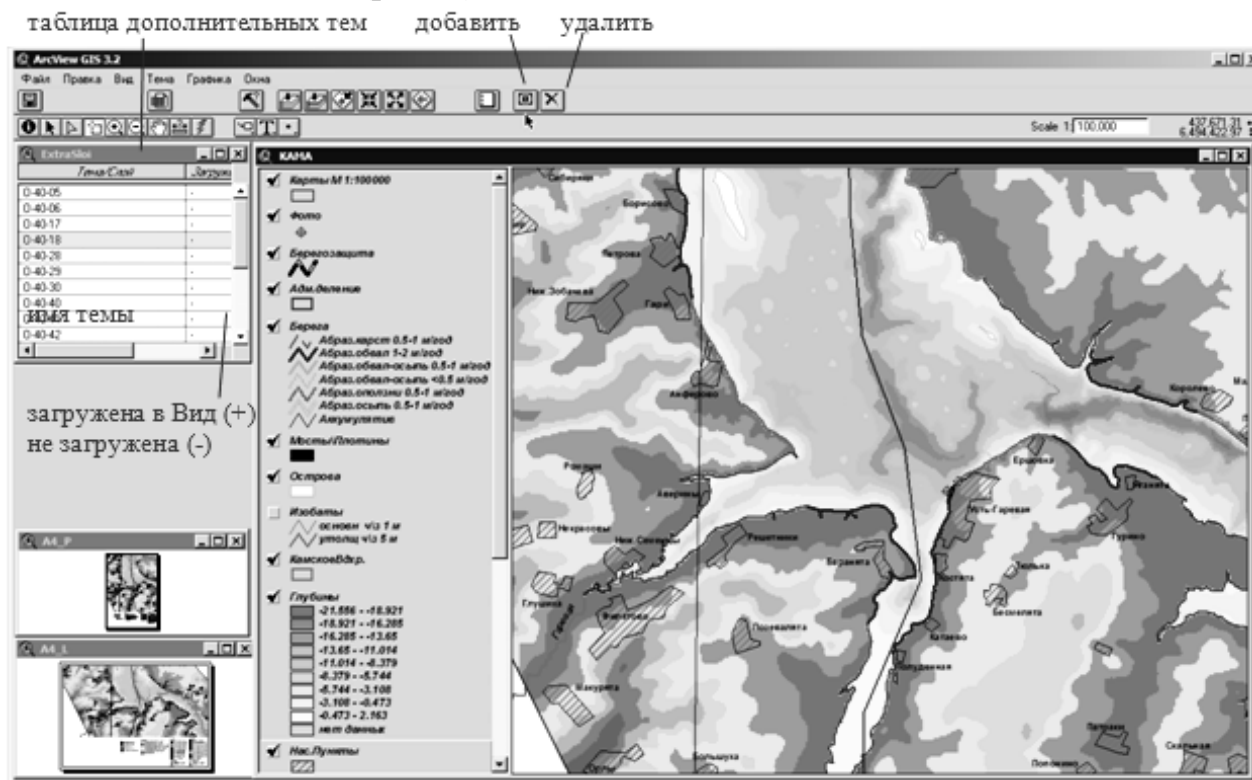


Рис. 2. ГИС-БКВ. Интерфейс информационно-справочного проекта ArcView

В проект ArcView инженерного блока «Планшет» кроме возможностей предыдущего проекта, добавлены функции для 1) картографической визуализации результатов математического моделирования внутриводоемных гидродинамических процессов, 2) автоматизированного расчета параметров волн по волнообразующим факторам для заданного участка береговой линии, 3) построения профиля дна по заданному створу, 4) ввода и хранения в базе данных (файле .shp) точечных объектов – отметок, обозначающих «интересные и важные» для пользователя места, и определения значений их координат в принятых системах (рис. 3).

Пространственная информация, хранящаяся в базе данных, различается по уровням детализации, которые определяют масштаб картографического изображения и форму представления данных.

Назначение обзорного уровня – дать пользователю общее представление о местности на «подступах» к основному объекту (береговой зоне и акватории водоема). Ширина пространственного охвата этого уровня – 50 км. Данный уровень представлен координатно-привязанными растрами топографических карт М 1:100 000 на район Камского водохранилища.

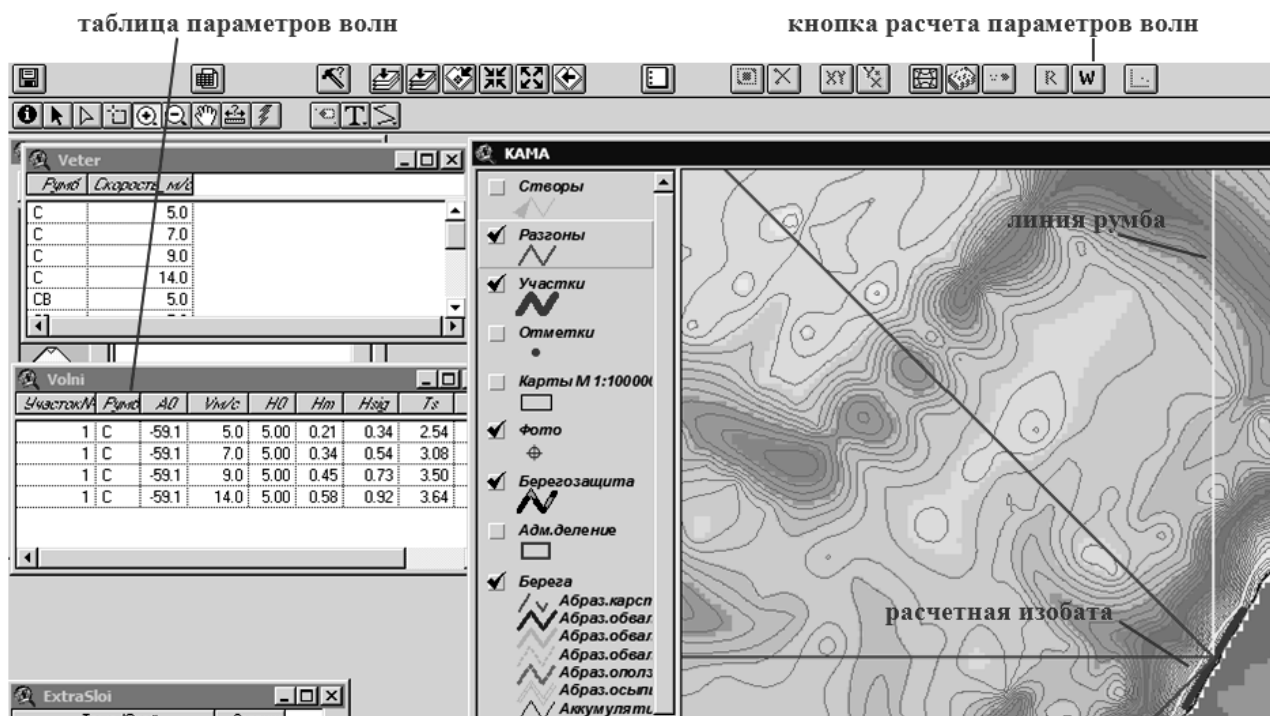


Рис. 3. ГИС-БКВ. Интерфейс инженерного проекта ArcView

Основной уровень содержит информацию непосредственно об объекте, т. е. береговой зоне и акватории водоема на уровне детальности масштаба 1:25000. Тип пространственных данных – векторный и растры пространственных полей.

В табл. 1 представлена структура базы данных ГИС-БКВ на момент ее сдачи в эксплуатацию, а на рис. 4 приведена визуализация фрагмента ЦМР Камского водохранилища.

Таблица 1. Структура БД ГИС-БКВ

Имя темы	Логический тип	Описание
адм. деление	Shape-полигон	территории административных районов
мосты\плотины	Shape-полигон	мосты и плотины
берегозащита	Shape-линия	участки берега, занятые берегозащитными сооружениями с указанием типа конструкции
горизонтали	Shape-линия	горизонтали рельефа через 5 м
берега	Shape-линия	участки берега водохранилища по их генетическому типу и интенсивности переработки
изобаты	Shape-линия	изобаты глубин камского водохранилища через 1 м при НПУ
Камское вдхр.	Shape-полигон	акватория камского водохранилища при НПУ
нас. пункты	Shape-полигон	территории населенных пунктов
острова	Shape-полигон	острова
реки	Shape-линия	реки
водоемы	Shape-полигон	водоемы – озера и болота
раб. область	Shape-полигон	рабочая область, ограничивающая рассматриваемую территорию
глубины	Grid	глубины при НПУ
рельеф	Grid	абсолютные отметки высот
карты М 1 : 100 000	Shape-полигон	сетка листов карт М 1:100 000 на рассматриваемую территорию и координатно-привязанные файлы изображений этих листов

Кроме того, в базе данных содержится информация в виде текстовых файлов и файлов изображений, которая пространственно связана с объектами цифровых слоев и дополняет сведения, приведенные в их атрибутах.

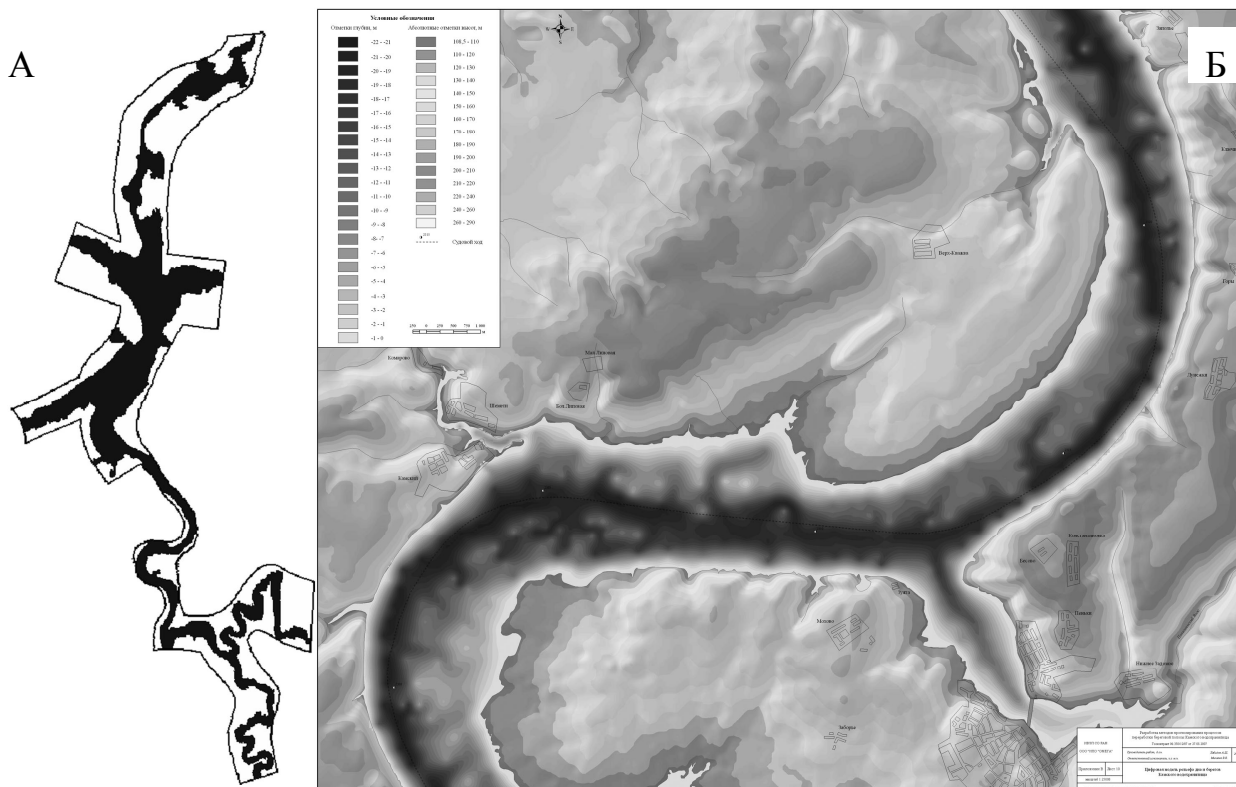


Рис. 4. Общий вид Камского водохранилища (А), фрагмент цифровой модели дна и берегов Камского водохранилища (Б)

© К.В. Марусин, А.Ш. Хабидов, Е.А. Фёдорова, 2009

УДК 528.91:71

Т.М. Медведская

СГГА, Новосибирск

ОСНОВНЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ К СОЗДАНИЮ И ОБНОВЛЕНИЮ ЦИФРОВЫХ ПЛАНОВ МАСШТАБА 1:2 000 В ВЕКТОРНОМ ФОРМАТЕ

T.M. Medvedskaya

Siberian State Academy of Geodesy (SSGA) 10 Plakhotnogo Ul.,

Novosibirsk, 630108, Russian Federation

BASIC PREREQUISITES FOR MAKING AND UPDATING DIGITAL PLANS OF 1:2 000 SCALE IN VECTOR FORMAT

The article analyzes the problems of making and actualization of digital large-scale plans for dataware support of town planning and development.

Одним из условий эффективного управления территорией крупного города является наличие цифровых крупномасштабных планов и систематическое их обновление в соответствии с происходящими изменениями на местности.

Развитие генеральных планов городов связано с решением ряда проблем информационного и топографо-геодезического обеспечения проектных и строительных работ. При проектировании генпланов населенных пунктов решаются инженерные, экологические, природно-экономические и другие задачи. Для обработки пространственно-распределенных данных в настоящее время используются различные геоинформационные системы (ГИС) и технологии, позволяющие выполнять пространственный анализ и пространственное моделирование. Любая геоинформационная система подразумевает наличие качественной геодезической основы и необходимого картографического материала. Получение исходной информации для ГИС требует решения многих проблем научного и практического характера.

Следует отметить, что проблемы возникают не только при создании цифровых крупномасштабных планов, но и при решении вопроса их актуализации. Поддержка цифровых планов в актуальном состоянии является достаточно сложной задачей и выполняется в настоящее время на основе различных технологий, требующих усовершенствования. В связи с этим важнейшей задачей становится не только создание цифровых топографических карт (ЦТК) крупных масштабов, но и разработка технологии их дальнейшего обновления.

Цифровые топографические планы имеют неоспоримое преимущество перед обычными планами, которые не в состоянии решить всех вопросов градостроительного кадастра. И поэтому конечной целью создания городского картографического банка данных должны быть векторные топопланы.

Существует множество специализированных инструментальных программных средств для создания цифровых топографических планов. Такие программы позволяют создавать геоинформационные системы на основе многослойной топологической модели географических данных, которая позволяет описывать координаты объектов и их качественные характеристики. К каждому слою изображения может быть подключено несколько таблиц баз данных; и каждая таблица может быть подключена к нескольким слоям. Пользователи инструментальной системы могут наполнять ее конкретным содержанием.

Следует отметить ряд проблем, возникающих при создании цифровых карт и планов.

Одной из таких проблем является: отсутствие однотипного семантического и графического представления пространственных данных на цифровых топографических картах. Причина этого – отсутствие обязательных стандартов по производству цифровой картографической продукции. Действующий в настоящее время классификатор топографической информации и условные знаки для различных масштабов определяют информацию, наносимую на цифровые карты и планы различных масштабов, ее графическое представление, но они не содержат требований к послойному представлению информации, семантическому описанию и форматам цифровой информации. Такая ситуация привела к тому, что предприятия отрасли вынуждены создавать собственные классификаторы, которые не всегда соответствуют должному качеству.

Еще одной проблемой является ввод графической информации и выбор ее форматов. Графическая информация в ГИС часто подвергается различным манипуляциям и более сложным геометрическим преобразованиям. Растровый формат изображения, создаваемый при сканировании, в ГИС менее удобен, чем векторный. Поэтому первоначальное растровое изображение в ГИС-системах обычно подвергается векторизации, т. е. установлению геометрических и формульных соотношений между линиями и точками, образующими изображение. Такой процесс достаточно сложен и требует много времени для выполнения. Решение этой проблемы заключается в создании электронно-векторного архива картографических данных, получаемых в результате постепенного перевода растровых материалов в векторные.

Во многих архитектурных службах процессы ведения и обновления дежурного плана различны. Различны и механизмы их взаимодействия с проектными и геодезическими организациями.

В городе Новосибирске в начале 1998 года создана и введена в эксплуатацию цифровая картографическая основа в виде топографического плана застройки города в масштабе 1:2 000 в растровом формате, с возможностью совмещения с векторными данными. Создание данного плана было вызвано необходимостью автоматизации работ по ведению и обновлению дежурного плана застройки, красных линий и проектируемых подземных коммуникаций, а также другой градостроительной документации.

Основная работа выполнялась в среде MapInfo Professional и Microstation.

На сегодняшний день цифровой план масштаба 1:2000 г. Новосибирска устарел и требуется его обновление.

Проектирование генпланов застройки городов на наш взгляд необходимо вести на основе автоматизированных систем трехмерного моделирования с учетом пространственного расположения объектов местности.

Ведение дежурного плана в масштабе 1:2 000 для территории города Новосибирска целесообразно выполнять в растрово-векторном виде.

Актуальным становится вопрос совершенствования методики создания и обновления цифровых карт материалов для информационного обеспечения градостроительства и генпланов. Для этого необходимо решить следующие задачи:

- Создание единого классификатора основных структурных единиц города (улиц, микрорайонов и т. д.);
- Разработка методики создания и ведения регулярно обновляемой цифровой топографической основы;
- Организация согласованного обновления пространственной информации, собираемой различными службами;
- Создание единого координационного центра для ведения муниципальной ГИС;
- Выбор программно-технического комплекса;
- Выбор системы управления базами данных для территории крупного города (Oracle, SQL-сервер и др.);
- прием и передачу данных по каналам связи;
- Хранение и защита информации.

Таким образом, все это требует детального рассмотрения и принятия соответствующих решений.

© Т.М. Медведская, 2009

УДК 528.4

О.Г. Новгородцева

ИВЭП СО РАН, Барнаул

СОСТАВЛЕНИЕ РАЗНОМАСШТАБНЫХ КАРТ ПАВОДКОВОЙ СИТУАЦИИ В БАССЕЙНЕ Р. ОБЬ ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

O.G. Novgorodtseva

IWER SB RAS, Barnaul

CONSTRUCTION OF DIFFERENT-SCALED FLOOD MAPS REPRESENTING POTENTIALLY DANGEROUS FLOODED ZONES IN THE OB BASIN FROM REMOTE SENSING DATA

To carry out monitoring and predicting aimed at damage reduction from spring high water in the Ob basin, the construction of different-scaled flood maps using remote sensing data is made. The emphasis is given to risks of settlements impoundment. The paper presents the technological stages and elements of proceeding space images as well as the content of special maps representing current flood situations.

Как правило, на территории верхней части бассейна р. Обь ежегодно проходит две волны паводка. Первая волна начинается в начале апреля. Это период активного снеготаяния в степной зоне, вскрытия рек, в первую очередь - в южных районах, преимущественно в Алтайском крае. Во второй декаде апреля на реках края обычно начинается ледоход. Основную опасность на этом этапе представляют водные потоки склоновых поверхностей, подтопления пониженных участков местности, переполнение прудов, водоемов-накопителей, размывы дорог и дамб, мощные заторы на реках.

Вторая волна паводка, как правило, проходит в конце мая – начале июня, когда начинается активное снеготаяние в предгорных и горных районах Республики Алтай. Здесь основная опасность периода – подъем уровня воды в реках выше критических отметок, что ведет к подтоплению населенных пунктов и промышленных объектов, а также сельхозугодий, расположенных в низменных участках местности.

Для проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ в зоне возможного подтопления в числе различных мероприятий ведется разработка разномасштабных оперативных карт паводковой ситуации. Особое внимание уделяется населенным пунктам, которые находятся в зоне потенциального затопления.

Одним из источников информации для составления карт являются данные дистанционного зондирования. Осуществляемый мониторинг опирается на

ежедневные оперативные наблюдения за состоянием воды в русле и пойме р. Обь. Русло реки и его комплексы слишком велики, чтобы при наземном изучении находиться в едином поле зрения наблюдателя, и не могут изучаться сразу по всей площади распространения потенциальной зоны затопления. Большая обзорность и выраженность русла и долины реки в фотоизображении делают реальным картирование выходов воды из берегов рек, основанное лишь на объективных данных дешифрирования.

Космические снимки (КС) не заменяют ни крупномасштабных аэроснимков, ни, тем более, наземных наблюдений. Использование КС в определении разлива реки, во-первых, позволяет при помощи современных ГИС-технологий картографировать паводковую обстановку интересующих участков рек; во-вторых, легко выполнять количественную оценку площади затопления.

Мониторинг паводковой ситуации ведется с помощью спутника Terra/MODIS космической системы EOS. Специализированный модуль на основе ГИС-пакета ENVI 4.4 и методика обработки многоспектральных данных датчика MODIS, используемые в настоящее время, были разработаны к.т.н. В.В. Голомолзиным. Принципиальная схема технологии обработки ДДЗ основана на использовании различий характеристик параметров пространственного разрешения и спектральных диапазонов (таблица).

Таблица. Каналы датчика MODIS для оценки паводковой обстановки

№ канала	Пространственное разрешение, м	Спектральные диапазоны, мкм	Полоса обзора, км
1	250	0.620 – 0.670	2 330
2	250	0.841 – 0.876	
20	1 000	3.660 – 3.840	
31	1 000	10.780 – 11.280	

В связи с тем, что спутник Terra является оптическим, то мониторинг паводковой ситуации ограничен световым днем и требует безоблачных погодных условий. В качестве информации используются данные формата PDS.

Цифровые данные формата PDS проходят калибровку. Затем, используя модули ГИС-пакета ENVI 4.4, трансформируются в картографическую проекцию, здесь же дополнительно рассчитывается нормализованный вегетационный индекс (NDVI), после чего запускается окончательный расчет в модуле классификации. Полученная классификация многоспектральных данных позволяет выделить на реках, озерах и водохранилищах: лед, заснеженный лед, разрушенный лед, воду, землю, мокрую траву, облака. Результаты классификации в виде shp-файлов экспортируются в ArcGIS 9.3, где совмещаются с картографической основой.

В качестве картографической основы для отображения паводковой обстановки принимают цифровые карты масштаба 1 : 100 000. Такие карты выполнены с использованием ГИС ArcView 3.2a по данным снимков американского спутника Landsat. Карты составлены с учетом основных требований создания цифровых карт, а именно:

1. Пространственная локализация объектов. Согласно этому требованию линейные объекты оцифровываются по оси симметрии, площадные – по контуру объекта, а точечные – по центру объекта.

2. Пространственная информация. Включает в себя геометрическую информацию (размеры, форма объектов и т. д.) и топологическую (взаимное расположение объектов).

3. Непространственная информация. Описывает семантические свойства объектов.

Общегеографическое содержание карт паводковой обстановки представлено: гидрографией, населенными пунктами, рельефом, путями сообщения, растительностью и грунтами, границами.

Гидрография показана реками как с постоянным течением, так и пересыхающими, каналами озерами, водохранилищами. На всех картах реки отображаются традиционно – способом линейных знаков. Линейный знак локализован по оси объекта в натуре. Озера и водохранилища показаны способом относительных ареалов, потому что водоемы не имеют строгих границ в силу изменений уровня воды. Вся гидрография окрашена традиционно оттенками синего цвета на всех картах.

Населенные пункты классифицированы по типу поселения. К площадным элементам относятся города, окрашенные серым цветом. К точечным элементам относятся районные центры и поселения сельского типа коричневого цвета большего и меньшего размера пунсона соответственно. Населенные пункты оцифрованы двумя способами отображения: способом ареалов (города) и точечным способом (районные центры и поселения сельского типа).

Рельеф представлен горизонталями темно серого цвета. Горизонтالي оцифрованы способом изолиний.

Транспортная сеть представлена железными и автомобильными дорогами. Они переданы способом линейных знаков. Железные дороги на картах преимущественно даны сплошной линией черного цвета. Автомобильные дороги даны линией коричневого цвета.

Все элементы растительности переданы способом относительных ареалов, так как ареал охватывает область более интенсивного проявления изображаемого явления или выделяет пределы распределения определенных свойств явления. На всех картах леса, показаны заливкой зеленого цвета; болота даны традиционно горизонтальной штриховкой синего цвета; солончаки показаны вертикальной штриховкой синего цвета.

Границы представлены областными границами и районными. Все границы переданы способом линейных знаков. Областные границы даны синей пунктирной линией с двумя точками, а районные границы переданы аналогичным стилем линии, но с одной точкой.

При составлении карт принимаются во внимание некоторые особенности повторяющихся ситуаций. Например, учитывается тот факт, что ежегодно в зону возможного подтопления в весенне-летний период попадают некоторые населенные пункты. Одним из таких населенных пунктов является город

Камень-на-Оби. Город расположен на левом берегу реки Оби в приобской ландшафтной провинции в пределах лесостепной зоны. У города река сужается до 3-х км, глубоко врезаясь в рыхлые породы. Рельеф увалистый с большим числом оврагов и балок.

Уже имеющиеся знания о подобных населенных пунктах и условиях их подтопления вызывают необходимость более подробного отображения некоторых элементов содержания карт. В первую очередь это касается населенных пунктов. В целях большей детальности в качестве основного источника для оцифровки квартальной сетки города используются снимки спутника SPOT-2. Оцифровка выполняется в ГИС ArcGIS 9.3. с помощью специальных наборов инструментов.

Электронные карты паводковой обстановки, составленные по данным дистанционного зондирования с использованием специализированного модуля, отвечают основным требованиям составления оперативных карт специального содержания – наглядностью, в достаточной степени информативностью и разгруженностью элементов содержания.

Карты являются одним из основных источников информации для служб МЧС не только для оценки оперативной паводковой ситуации, но и как элементы прогнозирования риска возможного подтопления территорий.

© О.Г. Новгородцева, 2009

УДК 528.94
Б.Н. Олзоев
ИрГТУ, Иркутск

СИСТЕМА И УРОВНИ ЭЛЕКТРОННЫХ РЕКРЕАЦИОННО-ТУРИСТСКИХ КАРТ

B.N. Olzoev

Irkutsk State Technical University (ISTU), 83 Lermontova Ul., Irkutsk, 664074,
Russian Federation

THE SYSTEM AND LEVELS OF ELECTRONIC RECREATIV AND TOURIST CARDS

At mapping of subject cards it is necessary to allow for system principles, exact and effective outcome differently will not be reached. Therefore at system development of electronic recreativ and tourist cards on the basis hybrid module a Panorama, the introduced concepts of cartography surveyed and their practical implementation on an example of a national park «Tunkinskiy» is realized.

Для систематизации практических результатов требуются теоретические знания учета практических методов и приемов исследований, что дает возможность творчески оценить существующие положения в области современной картографии.

С точки зрения теории познания в картографии существуют четыре концепции (Берлянт, 2002; Салищев, 1982): познавательная, коммуникативная, языковая, геоинформационная. Эти концепции должны быть использованы одновременно при разработке и составлении научных картографических произведений, иначе не будет достигнут правильный и эффективный результат. Поэтому при разработке системы электронных среднемасштабных рекреационно-туристских карт (РТК) на базе ГИС Панорама, были рассмотрены представленные концепции картографии и осуществлена их практическая реализация на примере национального парка «Тункинский».

Система электронных среднемасштабных рекреационно-туристских карт – это единая оболочка работы с электронными картами (векторное, растровое и матричное представления данных) в масштабах 1 : 100 000 и 1 : 200 000 для решения картометрических и информационно-статистических задач посредством пространственных и атрибутивных данных. Представленная система позволяет оперативно и организованно собрать производные данные (электронные карты, таблицы, координаты, промежуточные вычисления, фрагменты карты), необходимые для анализа и мониторинга район работ.

Система электронных карт – совокупность электронных карт, объединенная общим замыслом, упорядоченная и согласованная по масштабам,

системам координат, проекциям, содержанию и условным знакам, создаваемая по единым требованиям (ГОСТ 28441-99).

Разные типы и виды карт образуют в совокупности закономерные системы, серии (наборы) (Берлянт, 2002).

Исходя из определений понятий, можем сказать, что в разработанную систему электронных среднемасштабных рекреационно-туристских карт входят две основные карты разного назначения и несколько производных тематических (растровых и матричных) карт.

Масштабные ряды представлены в пределах 1:50 000, 1:100 000, 1:200 000. Иерархические уровни характеризуются картами всего национального парка и будущими рекреационно-туристскими зонами.

Первая карта масштаба 1:100 000 предназначена для решения научно-производственных задач национального парка «Тункинский» (для сотрудников), вторая карта масштаба 1:200 000 – для широкого круга потребителей (туристов, экскурсоводов, посетителей и т. п.). Причем на основе первой карты существует возможность увеличивать отдельные фрагменты в более крупные масштабы 1:25 000 и 1:50 000, что позволит существенно загружать ее дополнительной информацией, обновлять и редактировать.

Функциями научно-производственной карты являются: внесение различных данных, поиск, решение картометрических задач, публикация карт для производственных и научных отчетов, конвертация картографических данных и их издание для других пользователей (исполнителей).

Вторая электронная РТК национального парка «Тункинский» масштаба 1:200 000 служит источником познания о районе картографирования и имеет широкое применение в силу оптимальных размеров формата карты, существует необходимость тиражировать ее в электронном виде представления информации в среде HTML-страниц и подготовки к изданию карты в виде буклета.

Система электронных среднемасштабных рекреационно-туристских карт рассматривается в двух позиций: технологической и содержательной.

Технологическая позиция заключается в системе организации и структуре данных и управления ими (рис. 1).

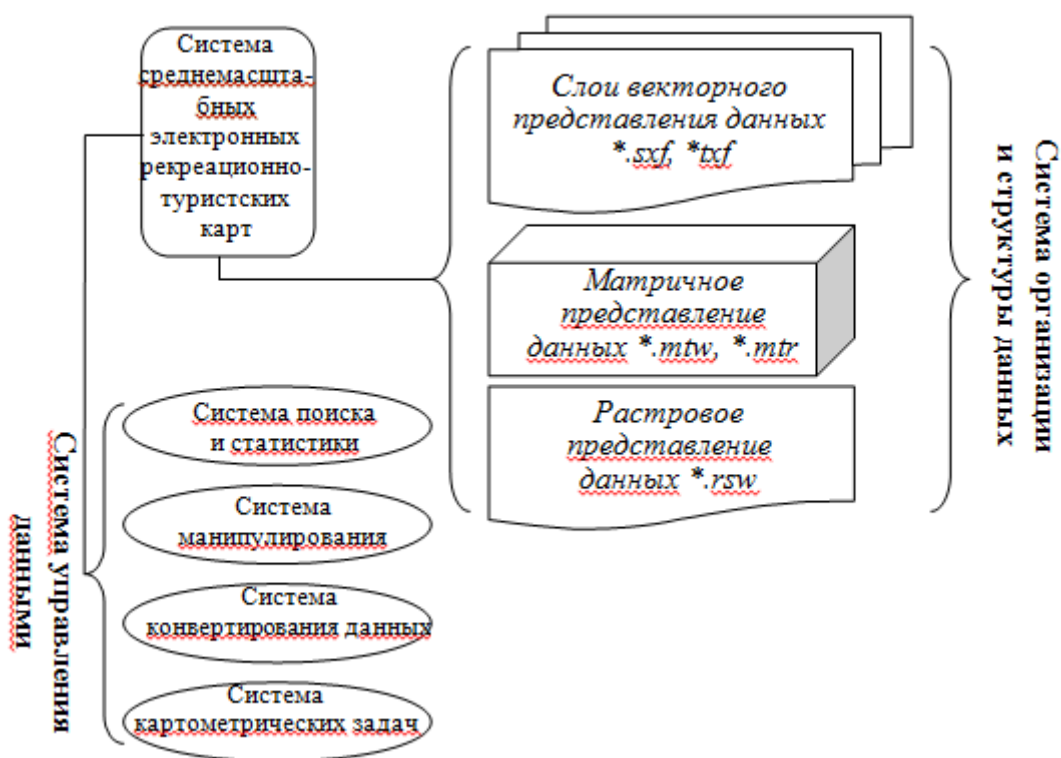


Рис. 1. Технологическая структура, организация данных в системе электронных среднemasштабных рекреационно-туристских карт

Электронные карты представлены в векторном, растровом и матричном представлениях данных. Электронная векторная или цифровая рекреационно-туристская карта содержит семантическую информацию, но в тоже время не является геоинформационной системой, так как отсутствуют внешние и внутренние базы и банки картографических данных.

Управление данными осуществляется в ГИС-оболочке Панорама со встроенными в ней функциями поиска и статистики, манипулирования, конвертирования данных и решения картометрических задач.

Содержательная или смысловая позиция представляет собой системы общегеографических и тематических элементов, взаимодействующих между собой и существующих отдельно друг от друга с учетом их пространственного размещения.

По содержанию электронные РТК представлены на рис. 2, которые объединены группы, близкие по смыслу и некоторые объекты по типу локализации.



Рис. 2. Содержательная (смысловая) основа в системе электронных среднemasштабных рекреационно-туристских карт

В предложенной системе содержания рассматриваются методологические принципы формирования геосистем, заключающегося в системном отображении ландшафтной основы (рекреационно-экологические комплексы) и экзогенных процессов рельефообразования во взаимодействии с туристско-рекреационными объектами.

Весомый вклад в разработку содержания туристских карт внесли отечественные картографы К.А. Салищев, И.П. Заруцкая, О.А. Ефтеев и др.

Использование системного подхода позволяет унифицировать содержание карт и последовательно организовать их технологию создания. Результаты такого подхода требуют структурной организации данных.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Берлянт, А.М. Картография [Текст] / Учебник для вузов // А.М. Берлянт. – М.: Аспект-Пресс, 2001. – 336 с.
2. ГОСТ 28441-99. Картография цифровая. Термины и определения.
3. Евтеев, О.А. Проектирование и составление социально-экономических карт [Текст] / О.А.Евтеев. – М.: Моск. ун-т, 1999. – 223 с.
4. Заруцкая, И.П. Картографирование природных условий и ресурсов [Текст] / И.П. Заруцкая, Красильникова Н.В. – М.: Недра, 1988. – 299 с.

5. Салищев, К.А. Картография [Текст] / К.А. Салищев // 3-е изд. – М.: Высшая школа, 1982. – 272 с.

© *Б.Н. Олзоев, 2009*

УДК 528.94

Л.К. Радченко

СГГА, Новосибирск

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ОСНОВА МЕТОДИКИ ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ КОММУНИКАЦИЙ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА

L.K. Radchenko

SSGA, Novosibirsk

THEORETICAL BASIS OF THE TECHNIQUES FOR GIS MAPPING OF OIL AND GAS COMPLEX COMMUNICATIONS

The paper substantiates methodical principles of GIS models, maps and oil and gas communications development.

Нефтегазовый комплекс (НГК) – это сложный промышленный комплекс, включающий в себя тысячи километров трубопроводов, автодорог, линий электропередачи, обширные промышленные площадки.

В СГГА на базе научно-исследовательского сектора разработана и апробирована методика геоинформационного картографирования коммуникаций нефтегазового комплекса, теоретической основой, которой являются методические принципы создания геоинформационных моделей (ГИМ), карт и планов коммуникаций НГК, а именно:

а) Принцип единой модели – подразумевает единство в метрических данных, семантических свойствах и топологических отношениях. При открытии двух моделей в одном картографическом пространстве две модели (площадные промышленные площадки и линейные коммуникации) должны образовывать единую модель НГК.

Интеграция двух моделей осуществляется камеральным методом, при обязательном выполнении следующих условий:

- Единая система координат;
- Единообразная детальность;
- Единообразная точность приборов, которыми производится геодезическая съемка. За базовый масштаб принимается 1:500, согласно этого масштаба, ошибка определения координат съемочных пикетов составляет 0,5 мм от пункта съемочного обоснования.

б) Принцип двойного масштаба заключается в том, что межпромысловые линейные коммуникации отображаются в масштабе 1:5 000, а промышленные площадные объекты, такие как кустовые площадки, дожимные насосные станции, кустовые насосные станции, цеха первичной переработки нефти и газа в масштабе 1:500.

Учет этого принципа необходим, в силу того, что линейные коммуникации отличаются большой протяженностью и вытянутостью и излишняя детальность здесь не требуется. Поэтому масштаб для отображения линейных коммуникаций нужен мельче, нежели для отображения площадных промышленных объектов, для которых важна подробность в отображении различных узловых деталей коммуникаций. На площадных же промышленных объектах, на маленькой территории сосредоточено очень большое количество технологически важных объектов, которое возможно показать только на планах масштаба 1:500.

в) Принцип сетевого описания объектов, который выражается в двух аспектах:

1) Все линейные объекты должны быть построены по правилу графов, т. е. каждая линия должна быть отдельной;

2) Направление обхода линейных объектов должно совпадать: для трубопроводов – с течением жидкости в трубопроводах, для ЛЭП – от подстанции к потребителю.

Выполнение этого принципа позволяет решать любые сетевые задачи, поскольку все коммуникации представляются сетями. А для расчетов сетей необходим граф. Граф состоит из узлов, соединенный дугами. В любой сети можно выделить свой набор узловых элементов. Так, для трубопроводной сети – это запорная арматура (задвижки), в электроснабжении – трансформаторы, выключатели. Дугами графа являются участки сети: трубопроводы, кабели. Примером сетевых задач являются топологические задачи: проверка связности, анализ результатов переключений в сети, поиск отсекающих устройств и т. д.

г) Принцип непрерывного обновления, который заключается в необходимости постоянного обновления ГИМ, карт и планов коммуникаций НГК. Появление этого принципа объясняется:

1) Изысканием и строительством новых коммуникаций, так как НГК характеризуется разработкой новых месторождений нефти и газа;

2) Изменением технических характеристик старых коммуникаций, посредством воздействия окружающей среды (природного и техногенного характера), так как идет реконструкция старых месторождений нефти и газа.

Эти изменения подвергаются постоянному мониторингу специальными службами, которые следят за произошедшими изменениями на территории НГК, они же проводят топографо-геодезическую съемку, и на ее основании обновляют ГИМ коммуникаций.

Все эти принципы сформулированы на основе требований, которые предъявляются:

1) К особенностям отображения нефтепромысловых объектов на электронных картах:

– Максимально должны быть отображены все необходимые характеристики объектов НГК;

– Каждая коммуникация должна быть различной по цветовой гамме;

- Коммуникации, идущие в одном коридоре не должны сливаться в один объект;

- Использовать стрелки-указатели в местах, где большая загруженность карты отметками высот и характеристиками объектов;

2) К проекции:

- Для создания ГИМ, цифровых карт и планов коммуникаций НГК принять традиционную проекцию для создания топографических карт – поперечную равноугольную цилиндрическую Гаусса-Крюгера в системе координат 1942 (1995) года, система высот – Балтийская;

3) К масштабу – для ГИМ линейных коммуникаций принять масштаб 1:5 000, для площадных промышленных объектов – 1:500;

4) К структуризации данных на жестком носителе (винчестере):

- Каждый объект ГИМ должен находиться в директории с соответствующим названием группы слоев;

- Объекты, различающиеся по виду локализации (точечные, линейные, площадные) должны находиться в разных слоях;

5) К используемому формату:

- Использовать цифровой формат, так как он дает возможность работы с базами данных по отображаемым объектам, использования в локальной сети всего нефтегазового предприятия и обзор всего месторождения, необходим для решения ряда производственных задач с помощью прикладных программ;

6) К цифровому описанию линейных объектов:

- При построении линейных объектов использовать правило графов и правила цифрования линейных объектов.

© Л.К. Радченко, 2009

УДК 504.5+911.6+911.9

И.Н. Ротанова

Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул

НОРМАТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ, ПРОБЛЕМЫ И ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННО-КАРТОГРАФИЧЕСКОГО БЛОКА ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СХЕМЫ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ БАССЕЙНА ОБИ

I.N. Rotanova

Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, Altai State University
1 Molodyozhnaya St., Barnaul, 656038, Russia

NORMATIVE REQUIREMENTS, ISSUES AND APPROACHES TO THE DEVELOPMENT OF GEOINFORMATION-CARTOGRAPHICAL BLOCK FOR INFORMATION PROVISION OF SCHEME OF COMPLEX USE AND CONSERVATION

The drafts of Schemes of complex use and conservation of water objects being developed for a number of basins of large Russian rivers including the Ob involve the section of information provision incorporating maps and the basin geoinformation system. More than 30 maps make up a set of situation, evaluation, executive and forecasting maps. However, no technique for the construction of such maps is available, and the mapped characteristics are not approved yet. IWEP SB RAS has started research works in the Ob river basin. According to the working plan, the tasks to be performed within the geoinformation-cartographical block were formulated; territory division into several hydrographical units and hydroeconomic regions was made. Also the level of cartographic study of the basin was determined, particularly, landscape-cartographical provision; grounds to map scales were grounded; infrastructure of spatial data for creating GIS was discussed; software tools were chosen. Representative dataware, the creation of cartographic and thematic data bases, development of pilot GIS will contribute to formation of well-founded system for making decisions to achieve sustainable hydroeconomic functioning of the Ob river basin.

В состав проектов Схем комплексного использования и охраны водных объектов (СКИОВО), разрабатываемых в настоящее время на ряд бассейнов крупных рек России, согласно нормативно-правовой документации, входят работы по информационному обеспечению, включающие картографирование и развитие бассейновых геоинформационных систем [1, 2].

Основной задачей разработки Схем является формирование инструментария принятия управленческих решений. В пункте 12 «Методических указаний...» указано, что Схемы разрабатываются на

геоинформационной основе в соответствии с требованиями к техническим и программным средствам ведения слоев цифровой картографической основы [3]. Там же, в пункте 22, картографирование и создание ГИС отнесены к направлению фундаментальных (базисных) мероприятий при разработке вариантов программ, направленных на сохранение и восстановление водных объектов, обеспечение устойчивого функционирования водохозяйственных систем и достижение целевых показателей по предотвращению негативного воздействия вод [3].

Актуальность такого подхода связана с необходимостью обеспечения единства и непрерывности информационного, нормативно-методического пространства Российской Федерации в сфере использования и охраны водных объектов, систематизации материалов о состоянии водных объектов и составе водохозяйственных и водоохраных мероприятий.

В проекты Схем в обязательном порядке должен включаться комплект ситуационных, оценочных, исполнительных и прогнозных карт (в электронном и бумажном виде) масштабов от 1:1 000 000 до 1:100 000, сопровождаемых, при необходимости, картами-врезками более крупного масштаба [3].

Комплект ситуационных карт, отображающих фактологическую информацию на момент их составления, включает:

- Топографическую карту;
- Ландшафтную карту с нанесенными природоохранными территориями;
- Гидрографическую карту с границами гидрографических единиц и водохозяйственных участков, постами гидрологического и гидрохимического мониторинга, сопровождаемую таблицами, характеризующими гидрологическую изученность речного бассейна;
- Карту водохозяйственных участков с основными их характеристиками;
- Карту водных объектов по категориям, сопровождаемую таблицами, характеризующими водные объекты и их режимы;
- Карту водохозяйственной инфраструктуры с водохозяйственными системами и сооружениями, сопровождаемую таблицами, с параметрами и характеристиками водохозяйственных систем и сооружений;
- Карту водоносных горизонтов подземных вод;
- Карту водоносных горизонтов, характеризующихся интенсивным отбором подземных вод (скважины мониторинга, месторождения подземных вод, границы депрессионных воронок, защищенность горизонтов от загрязнения).

Комплект оценочных карт, отражающих результаты анализа данных ситуационных карт, а также содержащиеся в документированных сведениях в области управления водными объектами, включает:

- Карту зонирования водосборной территории по степени антропогенной нагрузки на водные объекты;
- Карту водных рисков, обусловленных различными видами негативного воздействия вод;

- Карту периодически затопляемых территорий речного бассейна (границы зон затопления при максимальных уровнях воды расчетных обеспеченностей – 1 %, 3 %, 5 %, 10 %, 25 % и 50 %);
- Карту зонирования речного бассейна по степени паводковой опасности;
- Карту основных видов водопользования;
- Карту природного и техногенного загрязнения поверхностных вод;
- Карту природного и техногенного загрязнения подземных вод;
- Карту водохозяйственных балансов (по водохозяйственным участкам);
- Карту оценки состояния водных объектов по результатам государственного гидрохимического мониторинга водных объектов;
- Карту экологического состояния водных объектов;
- Карту защищенности эксплуатируемых водоносных горизонтов от загрязнения.

Комплект исполнительных и прогнозных карт, отражающих прогнозные ситуации, включает:

- Карту прогнозного изменения водности речного бассейна на период действия Схемы (с учетом природно-климатических и антропогенных факторов);
- Карту прогнозного изменения антропогенной нагрузки на водные объекты речного бассейна на период действия Схемы;
- Карты лимитов и квот забора водных ресурсов из водных объектов по этапам реализации Схемы (по водохозяйственным участкам);
- Карты лимитов и квот сброса сточных вод в водные объекты речного бассейна по этапам реализации Схемы (по водохозяйственным участкам);
- Карты целевых показателей качества воды в водных объектах;
- Карты целевых показателей снижения негативного воздействия вод;
- Карты развития систем мониторинга состояния водных объектов и водохозяйственных систем;
- Карты планируемых структурных мероприятий на территории речного бассейна;
- Карту прогноза развития депрессионных воронок в пределах бассейнов подземных вод и водоносных горизонтов, где происходит интенсивная эксплуатация подземных вод.

Достаточно внушительный по количеству и содержанию список карт, к сожалению, пока не подкреплён методическими разработками по их составлению. Также не утверждены и показатели, которые должны найти свое картографическое отображение.

Одним из крупнейших водных объектов России, для которого должна разрабатываться СКИОВО, является бассейн Оби. Река Обь является одной из крупнейших в мире (пятое место), занимая первое место в России по водосборной площади (около трех миллионов кв. км) и третье по стоку после Енисея и Лены (объем стока более 400 куб. км в год). Разработке

СКИОВО предшествует комплекс научно-исследовательских работ (НИР) по теме «Исследование современного состояния и научное обоснование методов и средств обеспечения устойчивого функционирования водохозяйственного комплекса в бассейне Оби», цель которых определена как:

- Комплексная оценка состояния водных объектов Обь-Иртышской бассейновой системы, количественная и качественная оценка ресурсов поверхностных и подземных вод;
- Разработка информационно-моделирующих комплексов и систем поддержки принятия решений для задач интегрированного управления водными ресурсами в бассейне Оби;
- Научное обоснование методов и средств обеспечения устойчивого водопользования и гидроэкологической безопасности;
- Подготовка информационного обоснования для разработки СКИОВО Обской бассейновой системы.

В завершающем квартале 2008 года Институт водных и экологических проблем СО РАН приступил к комплексу НИР по Обскому бассейну. В рамках плана работ были сформулированы задачи геоинформационно-картографического блока, основные из которых следующие:

Этап 2008 г. Оценка современного состояния и использования водных ресурсов бассейна Оби.

1. Выполнить сбор, обработку и анализ имеющейся исходной картографической информации, содержащей данные по характеристике и оценке условий формирования водных ресурсов, количественным и качественным аналитическим и оценочным показателям состояния водных объектов в бассейне Оби.

2. Применить картографический метод исследования для комплексной оценки состояния водных объектов в бассейне Оби.

3. Сформулировать основные принципы и положения методик водно-ресурсного и водно-экологического картографирования для информационного обеспечения разработки СКИОВО бассейна.

4. Подготовить базовые цифровые картографические основы и материалы по инфраструктуре пространственных данных для разработки серии ситуационных, оценочных и прогнозных карт.

Этап 2009 г. Исследования процесса формирования количества и качества поверхностных и подземных вод и факторов, их определяющих:

1. Провести полевые ландшафтно-картографические работы для получения данных по оценке состояния водных объектов и их водосборных бассейнов.

2. Разработать методику водно-ресурсного и водно-экологического мелкомасштабного, среднемасштабного и крупномасштабного картографирования для геоинформационно-картографического обеспечения разработки СКИОВО.

3. Выполнить картографическую оценку количественных и качественных показателей поверхностных и подземных вод и факторов, их определяющих, с использованием разработанных методик картографических исследований.

4. Разработать структуру специализированных баз данных по водным объектам бассейна по тематике исследований в увязке с форматами Государственного водного реестра и мониторинга водных объектов.

5. Разработать концепцию, структуру и информационное наполнение геоинформационно-картографического блока системы поддержки принятия решений (СППР) для целей управления водными ресурсами в бассейне Оби (на модельных водных объектах).

6. Создать картографический блок целевой базы данных ГИС и разработать картографическое обеспечение пилотного ГИС-проекта.

Этап 2010 г. Разработать научно обоснованное информационно-картографическое обеспечение устойчивого функционирования водохозяйственного комплекса в бассейне Оби.

1. Разработать картографический метод оценки влияния рассредоточенных источников загрязнения вод.

2. Разработать блок геоинформационно-картографического обеспечения для информационно-моделирующих комплексов СППР управления конкретными водными экосистемами в Обском бассейне.

3. Разработать геоинформационно-картографическое сопровождение комплексной оценки состояния водных объектов с учетом особенностей водосборных бассейнов и водно-ресурсного потенциала.

4. Разработать геоинформационно-картографический блок ГИС поддержки принятия решений по управлению водными ресурсами в бассейне Оби.

5. Разработать методику картографирования и создать серию водно-ресурсных и водно-экологических карт модельных бассейнов рек.

Для проведения научно-исследовательских работ в бассейне Оби с целью изучения природных условий, выявления их особенностей для формирования водных ресурсов выполнено деление территории на гидрографические единицы – речные бассейны (бассейновый уровень) и подбассейны (подбассейновый уровень), а также на водохозяйственные районы и участки [4].

Исследована картографическая изученность бассейна, в частности, ландшафтно-картографическое обеспечение НИР, что позволило сделать выводы о наличии значительного количества ландшафтно-типологических карт на отдельные административные территории, но площадь бассейна охвачена неравномерно. Имеет место различие в подходах к выделению природно-территориальных комплексов различного таксономического ранга, что затрудняет целостную адекватную оценку всего изучаемого бассейна. Обоснован масштабный ряд карт, который будет использоваться для составления авторских рабочих оригиналов и результирующих карт. Обсуждена инфраструктура пространственных данных для создания ГИС, сделан выбор программных

средств. При этом особое внимание уделено созданию баз геоданных, унификации исходной информации (созданию и использованию классификаторов), ее проверки, разработки специализированного пользовательского интерфейса для поиска, анализа и визуализации данных.

Репрезентативное информационное обеспечение для разработки СКИОВО, создание картографических и тематических баз данных, разработка пилотных ГИС будут способствовать формированию обоснованной системы поддержки принятия решений для устойчивого водохозяйственного функционирования Обской бассейновой системы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Водный кодекс Российской Федерации 74-ФЗ от 03.06.06 в редакции Федерального закона от 14.07.2008 г. №118-ФЗ.
2. Постановление Правительства Российской Федерации от 30 декабря 2006 г. N 883 "О порядке разработки, утверждения и реализации схем комплексного использования и охраны водных объектов, внесения изменений в эти схемы" (Собрание законодательства Российской Федерации, 2007, N 5, ст. 651)
3. Приказ. Министерство природных ресурсов РФ. 04.07.07 № 169. Об утверждении Методических указаний по разработке схем комплексного использования и охраны водных объектов.
4. Приказ МПР России от 25.04.2007 N 112. Об утверждении Методики гидрографического районирования территории Российской Федерации", зарегистрирован Минюстом России 23.05.2007, регистрационный N 9538.

© И.Н. Ротанова, 2009

УДК 912.44+574.9

*А. Володченко, И.Н. Ротанова**

Институт картографии Дрезденского технического университета, Дрезден

*Институт водных и экологических проблем СО РАН, Алтайский госуниверситет, Барнаул

КОМПЛЕКСНЫЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АТЛАСЫ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЗНАНИЯ В ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ

*A. Wolodtshenko, I.N. Rotanova**

Institute for Kartographie, TU, D-01062, Dresden, Germany

*Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, Altai State University
1 Molodyozhnaya St., Barnaul, 656038, Russia

COMPLEX AND ECOLOGICAL ATLASES FOR GEOECOLOGICAL STUDIES IN HIGHER SCHOOL

The atlas cartographic information is actively introduced into the educational process and curriculum of higher school to prepare cartographers, geographers, ecologists as well as biologists, IT specialists, economists, tourism organizers, etc. At present the experience in using complex and ecological atlases for teaching students has been gained, generalized and mutually complimented owing to collaboration among the Technical University of Dresden, IWEP SB RAS and Altai State University. Each university incorporates and then develops its specific aspect of cartography into the teaching process. For example, in Altai State University these are ecogeographical mapping and modern GIS-technologies, while in Dresden Technical University of Cartography - well-developed structural and comparative analyses of ecological atlases as well as the one of environmental components in the national atlases with further studying of their module-thematic information features.

Исходя из определения комплексного картографирования как многостороннего отображения на географических картах природных и социально-экономических явлений с учетом их взаимосвязей, используются три основных подхода к его реализации для конкретной территории:

- Составление серий тематических карт различного содержания по согласованным программам, что решает задачи взаимного дополнения информации, отображаемой на отдельной карте, позволяет выполнять их сопоставление и делает возможным совместное использование;
- Изготовление комплексных карт, отображающих совместно несколько явлений, имеющих взаимосвязи, но различные системы показателей;
- Создание целостного комплекта (комплекса) карт, различных по тематике, но взаимосвязанных на основе единой программы, т.е. представляющих собой комплексное собрание карт – атлас.

Комплексное картографирование, воплощенное в атласах, может различаться: по широте комплекса - от сравнительно ограниченной совокупности характеристик картографируемого явления, например, существенных для оценки водных ресурсов, инженерно-геологических условий, до полной картографической интерпретации научных знаний по физической, экономической и социальной географии; по территориальному охвату – от карт отдельных ключевых участков в несколько квадратных километров, получивших детальное изучение, до обзора государств, континентов и планеты в целом. В любом варианте создание комплексных атласов как систематизированного собрания взаимосвязанных карт часто является одной из главных задач комплексных географических исследований, выполняемых в целях всестороннего изучения территории и решения различных научно-практических задач.

В последнюю четверть двадцатого столетия в различных странах мира стали появляться специализированные экологические атласы. Этому способствовало активное развитие экологического направления в научных исследованиях, часто сопровождающееся природоохранным картографированием. Включение отдельных природоохранных аспектов в карты традиционной общегеографической тематики в начале 70-х годов перешло к созданию специализированных карт экологической направленности, а затем, к выделению в комплексных атласах разного назначения разделов охраны природы. В это же время, вместе с формированием экологически направленных исследований, расширился спектр отображаемых явлений, произошла смена акцентов от охраны природы к анализу состояния окружающей среды, сначала через дополнение содержания карт различной тематики отдельными экологически значимыми показателями, а затем и при создании карт непосредственно экологического содержания в соответствии с ведущими концепциями научного анализа, обработки и представления информации. Многообразие экологических факторов и проблем способствовали созданию экологических картографических атласов целевого содержания. Их виды и тематика постоянно совершенствуются как в содержательном, так и технологическом направлениях. Усложняется содержание карт: аналитические характеристики преобразуются в комплексные и синтетические показатели. Использование компьютерных технологий способствует внедрению новых подходов к отображению, возможностей обработки и интерпретации информации. Обычно традиционные географические атласы сопровождаются научными географическими описаниями, пояснительными текстами, космическими снимками и фотографиями, диаграммами и таблицами. Экологические атласы, в силу своей специализации, отличаются еще большим наличием разноплановой поясняющей некартографической информации.

Компьютерные технологии и накопленные объемы результатов исследований экологического состояния окружающей среды дали толчок появлению новых комплексных региональных атласов, которые различаются формой представления, наполнением, детальностью. Имеется достаточно

представительный опыт размещения комплексных и экологических атласов в сети Интернет.

Атласная картографическая информация активно внедряется в образовательный процесс высшей школы и различные учебные дисциплины, входящие в программы обучения, в первую очередь, специалистов картографов, географов, экологов, а также биологов, информатиков, экономистов, организаторов туризма и пр.

Получение нового геоэкологического знания на основе изучения содержания комплексных и экологических атласов включает рассмотрение ряда методических вопросов:

- Роли и значения картографирования как метода исследования объектов, явлений и процессов в окружающей среде, в том числе при взаимодействии общества и природы;
- Основного арсенала методов, подходов и технологий картографической оценки и анализа экологического состояния окружающей среды;
- Практических навыков применения картографического метода в эколого-географических исследованиях;
- Использования опыта комплексного картографирования, базирующегося на изучении законов природы, в эколого-географических исследованиях и практической деятельности;
- Применения системного подхода к изучению и картографированию природно-территориальных комплексов разных рангов и отдельных компонентов природной среды;
- Использования новейших достижений современной техники, материалов дистанционного зондирования и автоматизации в эколого-географическом картографировании.

Определенный опыт использования комплексных и экологических атласов в обучении студентов накоплен, обобщен и взаимно дополнен в ходе сотрудничества Института картографии Дрезденского технического университета и Алтайского государственного университета. Одним из аспектов, успешно используемым в совместно-параллельной практике обучения, являются картосемиотические исследования комплексных тематических и экологических атласов. Разработанная и применяемая теоретико-методическая база картосемиотического анализа позволяет проводить исследования информационно-семиотических свойств современных карт и атласов. При этом каждый из вузов включает в обучающий процесс, помимо общих подходов к картосемиотическому анализу, характерный для него и развивающийся на его базе аспект картографии и картографирования.

Так, в Алтайском госуниверситете таким отличительным аспектом служит эколого-географическое картографирование, его различные тематические направления и современные геоинформационные технологии. В Институте картографии Технического университета Дрездена методические наработки базируются на структурном и сравнительном анализе экологических атласов и

экологических компонентов в национальных атласах с последующим исследованием их модульно-тематических информационных свойств [1–4].

Симбиоз картосемиотики, атласной картографии и экологического картографирования создал возможность для получения оригинальных результатов картосемиотического метода исследований картографических произведений и использования их в учебных курсах. Картосемиотический анализ позволяет выявить закономерности в отображении картографируемых объектов и процессов, оценить информационную емкость картографических произведений, в том числе позволяющих получить новое знание в геоэкологической оценке отдельных картографируемых объектов и территориальных систем [5–9].

В Алтайском государственном университете на географическом и биологическом факультетах спецкурсы, раскрывающие вопросы экологического состояния окружающей среды и оценки экологического риска. При проведении занятий используются картографические материалы атласа «Окружающая среда и здоровье населения России» (1995), «Экологического атласа Ростовской области» (2000), «Экологического атласа Украины» (2000), «Экологического атласа России» (2002), «Ресурсно-экологического атласа Томской области» (2004), «Атласа Республики Адыгея» (2005), серии атласов «Le Monde diplomatique» (2006, 2007) и других атласов. Студентами выполняются комплексные учебные работы по описанию экологической обстановки крупных регионов России, практико-ориентированные задания, посвященные сравнительному анализу экологических проблем административно-территориальных единиц, характеристике и оценке последствий антропогенного воздействия на природные комплексы. Процесс оценки экологической ситуации изучаемых территорий базируется на картосемиотическом анализе используемых карт атласов.

В задачи курса «Экологическое картографирование», читаемого для студентов-географов, входит овладение теоретическими представлениями и практическими навыками создания и использования практико-ориентированных карт. Программа спецкурса опирается на знания, полученные при изучении естественно-научных дисциплин, среди которых можно назвать физическую географию, землеведение, биогеографию, ландшафтоведение, основы природопользования, экономическую географию, экологию и др. Рассмотрение подходов и методик практико-ориентированного экологического картографирования в процессе обучения предусматривает практическое освоение приемов создания экологических карт с использованием картографических знаний. При составлении экологических карт на практических занятиях проводится картосемиотическое исследование, включающее анализ картографических приемов, используемых при отображении экологического содержания: способов изображения, наглядности условных обозначений, простоты и логичности построения легенд, читаемости и доступности картографической информации.

Студентам-картографам Института картографии Дрезденского технического университета в 9-ом семестре читается спецкурс «Введение в

картосемиотику», в котором находят отражения основные положения картосемиотического метода исследований. На практических занятиях выполняется картосемиотический анализ тематических атласов, в том числе, комплексных, школьных или экологических. Атласы исследуются как семиотические пространственно-временные модели действительности. Анализ базируется на информационно-семиотическом подходе с последующим исследованием информационных свойств их структурно-семиотических модулей. Для проведения занятий используются: «Atlas of the Environment» (1990), «Der Oeko-Atlas» (1991), «Atlas zur Trinkwasserqualität der Bundesrepublik Deutschland» (1980); «World Atlas of Desertification» (1992); серии атласов «Le Monde diplomatique» (2006, 2007) и другие атласы. Особенности построения, выявляемые при проведении картосемиотического анализа, во многом определяются структурой и тематическими разделами исследуемых атласов.

Картосемиотическое исследование экологических атласов, выполняемое даже в учебных целях, способствует совершенствованию созданной методики в силу, с одной стороны специализации содержания атласов, а с другой – расширения и усложнения тематики и содержания карт. Традиционные информационно-семиотические модули получают новое наполнение, отражающее суть экологизации карт: соотношение карт с традиционным (картоснов) и экологизированным (новым или адаптированным) содержанием; тип легенд карт (элементарный, комбинированный, комплексный); картосемиотические элементы и конструкции (новые и приспособленные), согласованность и взаимодополнение тематики карт и т. д. [10–11].

Научно-образовательное сотрудничество между Институтом картографии Дрезденского Технического университета, Географическим факультетом Алтайского государственного университета и лабораторией эколого-географического картографирования Института водных и экологических проблем СО РАН основано на понимании проблем современного комплексного и экологического атласного картографирования, опыте работ в данной области, поиске форм сотрудничества, взаимодополняемости подходов при решении задач формирования нового геоэкологического знания в вузовском образовании.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Wolodtschenko A. Einige Aspekte der kartosigmatischen Untersuchungen von Atlanten. In: 11. Kartogr.konferenz, Bratislava. 1995. – S. 72–78.
2. Wolodtschenko A. Strukturell-semiotische Aspekte von Stadtatlanten. Workshop “Aktuelle Probleme im Umfeld der Atlas-Kartographie”, TU Dresden, Institut für Kartographie, 28.4.1999. (Manuskript).
3. Володченко А. Об исследовании атласов. В сб.: Картографія та вища школа. Київ. 1999. С. 24–27.
4. Володченко А. О картосемиотическом обучении. В сб.: Картографія та вища школа. Київ. 6/2001. С 4–6.
5. Ротанова И.Н., Володченко А. О картосемиотическом исследовании экологических атласов // В сб.: Diskussionsbeiträge zur Kartosemiotik und zur

Theorie der Kartographie. – Dresden. Selbstverlag der Technischen Universität Dresden. – 2001. S. 39–44.

6. Wolodtschenko A. Kartosemiotik in Europa. In: Diskussionsbeiträge zur Kartosemiotik und zur Theorie der Kartographie. (Hrsg. H. Schlichtmann und A. Wolodtschenko). H.5. Dresden 2002.

7. Володченко А.С., Ротанова И.Н. Информационно-модульный аспект картосемиотического анализа экологических атласов. – В. сб.: ГИС для устойчивого развития территорий. Интеркарто 8. Материалы международной конференции. – Санкт-Петербург, 2002. – С. 326-328.

8. Wolodtschenko A. Zur Frage der Kompetenzgrenzen der Kartosemiotik. In: Kartographie als Kommunikationsmedium. Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie. Band 17. Wien 2006. pp.124–129.

9. Wolodtschenko A. *Atlasnaia kartosemiotika*. Dresden, 2006.

10. Wolodtschenko Alexander. *Nationalatlas Deutschland: ein kartosemiotisches Porträt*. In: Schlichtmann, H. und A.Wolodtschenko (Hrsg.): Diskussionsbeiträge zur Kartosemiotik und zur Theorie der Kartographie, Intern. Korrespondenz-Seminar, Band 10. Dresden 2007.

11. Rotanova, I.; Wolodtschenko, A. (2009): Towards a cartosemiotical teaching course. In: Proceeding of the ICA Symposium on the 16-17. February 2009, Vienna 2009.

© А. Володченко, И.Н. Ротанова, 2009

УДК 528.926:004

С.С. Титов, А.И. Вдовин

ВЕАГП, Минусинск

П.П. Мурзинцев

СГГА, Новосибирск

ОПЫТ СОЗДАНИЯ НАВИГАЦИОННЫХ КАРТ В ВЕРХНЕЕНИСЕЙСКОМ АЭРОГЕОДЕЗИЧЕСКОМ ПРЕДПРИЯТИИ

S.S. Titov, A.I. Vdovin

Verhneeniseyskoe Aerogeodesic Enterprise (VEAE)

22 Tuvinskaya, Minusinsk, 662605, Russian Federation

P.P. Murzintsev

SSGA, Novosibirsk

EXPERIENCE OF CREATION NAVIGATION MAPS IN THE VERHNEENISEYSKOE AEROGODESIC ENTERPRISE

The technology of gathering and processing of the navigating data, developed in VEAE under the federal special-purpose program “Global Navigation System” is described.

В настоящее время в рамках федеральной целевой программы «Глобальная навигационная система» активно ведутся работы по созданию цифровых навигационных карт на всю территорию России. В 2008 году ФГУП «Верхнеенисейское АГП» проводило работы по созданию открытых цифровых навигационных карт масштаба 1 : 100 000 на территорию республик Хакасия и Тыва, а также южные районы Красноярского края (всего 246 номенклатурных листов).

Цифровые навигационные карты (далее ЦНК) явились новым видом продукции для нашего предприятия. Также новым был и процесс их создания. В первую очередь возникла проблема сбора современной информации о состоянии автомобильных дорог и их инфраструктуре. Общая схема создания цифровых навигационных карт представлена на рис. 1.

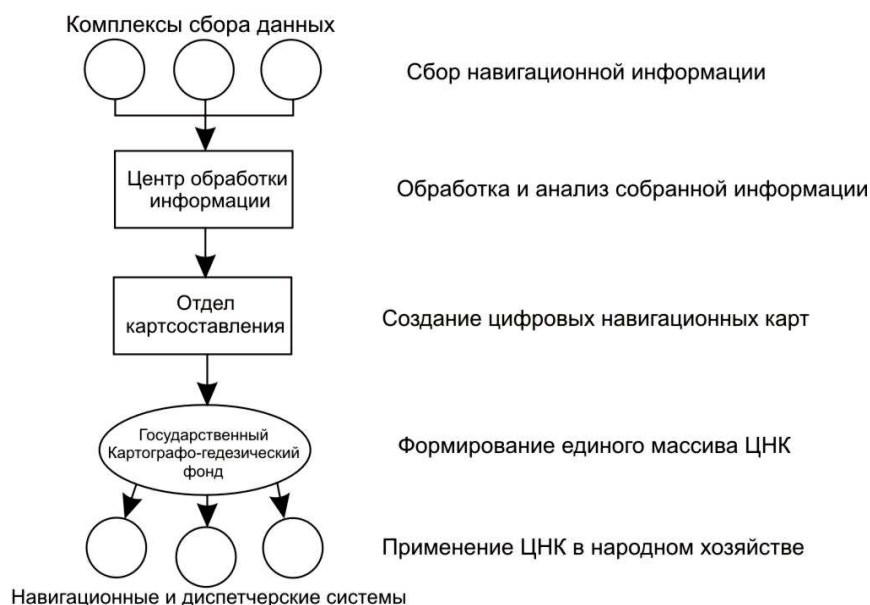


Рис. 1. Общая схема составления ЦНК

Было принято решение о разработке и внедрении в производство программно-аппаратного комплекса для сбора необходимых данных их последующей обработке и интеграции в геоинформационную систему.

При разработке исходили из следующих условий:

- Комплекс должен максимально сократить трудозатраты на производство ЦНК, что в первую очередь относится к камеральной обработке результатов геодезических измерений.
- Комплекс должен быть создан в сжатые сроки и иметь небольшую стоимость.
- Время обучения исполнителя работе с комплексом должно быть минимально.
- Комплекс должен иметь высокую автономность и быть адаптирован к условиям местности проведения работ.

Для выполнения указанных требований специалистами ФГУП «Верхнеенисейское АГП» определена схема комплекса, включающая в себя спутниковый приёмник навигационного класса и ноутбук со специальным программным обеспечением.

В качестве спутникового приёмника был выбран GPS-приёмник фирмы GlobalSat BU-353 на базе процессора SiRFstarIII. Такой выбор обусловлен оптимальным сочетанием цены и точностных характеристик. При выборе использовали данные экспериментальных испытаний точностных характеристик GPS-приёмников навигационного класса, проведённых ФГУП «ПриморАГП». Также на выбор повлияли питание приёмника от USB и встроенный в днище приёмника магнит, что обеспечивает надёжную фиксацию на металлическом корпусе автомобиля.

Комплекс был смонтирован на базе автомобиля Chevrolet Niva. При выборе транспортного средства определяющими факторами явились высокая

проходимость автомобиля, и надёжная бортовая электрическая сеть. Последнее позволяет обеспечить непрерывное питание комплекса.

Программная составляющая комплекса разработана специалистами ФГУП «Верхнеенисейское АГП». Для её создания был использован язык программирования Delphi 7, а также набор компонент КБ «Панорама» GIS ToolKit (версия 9.15.16). Программа получает данные от GPS-приёмника по протоколу NMEA 0183 v2.2 и, обрабатывая их, предоставляет оператору сведения о его местоположении на карте в режиме реального времени, а также информацию о положении спутников, качестве сигнала и т. п.

Технология работы с комплексом проста. Остановившись вблизи объекта, который требуется нанести, оператор указывает справа или слева расположен объект относительно направления движения (комплекс позволяет одновременно осуществлять сбор в прямом и обратном направлениях) и выбирает кнопку соответствующую наносимому объекту на боковой панели окна программы. Затем программа по координатам с GPS-приёмника автоматически наносит объект на ЦНК с учетом требований и правил цифрового описания объектов для навигационных карт. После нанесения объекта возникает диалог заполнения его семантических характеристик.

Таким образом, выполняя работы по сбору навигационных данных, исполнитель наносит объекты непосредственно на цифровую навигационную карту, что заметно сокращает камеральную обработку, которая сводится к самокорректуре, подготовке ЦНК к отправке в архив и заполнению формуляра.

Применение комплекса позволило достичь достаточно высоких показателей производительности труда. Экипаж из 2-х человек (водитель и оператор комплекса) осуществлял сбор навигационной информации на 250–350 км дорог в день. Комплекс обладает небольшой стоимостью: не более 25 тысяч рублей без учёта стоимости автомобиля. Таким образом, специалистам ФГУП «Верхнеенисейское АГП» удалось найти компромисс между исходными условиями и создать программно-аппаратный комплекс, отвечающий современным задачам производства навигационных карт.

На рис. 2 показан фрагмент топографической карты масштаба 1:25 000 с дорожными знаками.



Рис. 2. Фрагмент топографической карты с дорожными знаками

В этом году ФГУП «Верхнеенсейское АГП» приступает к созданию открытых цифровых навигационных карт масштаба 1 : 50 000 и 1 : 25 000 на территорию республики Хакассия и южных районов Красноярского края.

Планируется продолжать работы в направлении совершенствования программно-аппаратного комплекса по сбору навигационных данных. В ближайшем будущем планируется полностью автоматизировать процесс заполнения формуляров ЦНК, а также частично автоматизировать процесс заполнения семантических характеристик объектов.

© С.С. Титов, А.И. Вдовин, П.П. Мурзинцев, 2009

УДК. 528.926:004

Е.С. Утробина, В.С. Писарев

СГГА, Новосибирск

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ЦИФРОВЫХ КАРТОГРАФИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ВОСПРИЯТИЯ ОБЪЕКТОВ МЕСТНОСТИ

Ye.S. Utrobina, V.S. Pisarev

SSGA, Novosibirsk

DIGITAL CARTOGRAPHIC MODELS DATAWARE FOR TERRAIN OBJECTS VISUALIZATION

The paper deals with the problems of information transfer from the map-maker to the customer and knowledge acquisition through digital cartographic models. Information visualization techniques are described and suggested to be used in reference-mapping products making under the conditions of rapid development of ITs and state-of-the-art software.

Стремительно развивающийся научно-технический прогресс привел к появлению новых средств коммуникации. Поскольку карта также является каналом передачи пространственной информации, то она должна отвечать интересам современного общества. Развитие современного общества диктует новые требования к содержанию карт, методам подачи картографического материала, и информационному сопровождению. Оперативное информационно-картографическое сопровождение динамично развивающегося общества, должно быть представлено с учетом новейших достижений науки и техники в области картографии, а также развития информационных технологий, мобильной связи и Интернет.

Одним из таких современных средств коммуникации может являться справочно-картографическая продукция (СПК). СПК – это особый класс информационных и программных средств, объединенных специализированным программным обеспечением формирующих цифровую картографическую модель, на основе которой строится картографическое содержание с дополнением средств мультимедиа и интегрированную поисковую систему, выполняющую поиск по заложенной разработчиками базе данных.

Цифровая (картографическая) модель: Логико-математическое представление в цифровой форме объектов картографирования и отношений между ними [1].

Управляются СКП, как правило, специализированным программным обеспечением, в котором заложены все необходимые функции для работы с картографическим и текстовым материалом. Такая справочно-картографическая

продукция позволяет пользователю визуализировать картографические и семантические данные о территории и на ее основе предоставлять пользователю комплексную информацию об отдельном объекте или местности в целом.

В настоящее время с каждым годом пользователю предоставляется все более широкий круг возможностей, который предоставляет справочно-картографическая продукция, выпускаемая у нас в стране, и во всем мире. Используя сеть Интернет пользователь находясь за домашним компьютером может совершать виртуальные экскурсии по достопримечательным местам нашей планеты.

Таким образом, предлагаем рассмотреть несколько технологических способов, используя которые СКП может передавать пользователю информацию о территории и объектах местности.

1. Традиционный способ получения информации предполагает визуальное восприятие, и чтение языка карты. Работу с всякой картой пользователь начинает с ее визуальной оценки, т. е. выяснения ее наглядности, легкости восприятия, образности, понятности и различимости обозначений, узнаваемости, ассоциативного соотнесения с отображаемым объектом.

2. Геоинформационный способ подразумевает получение информации программными средствами ГИС. При этом потребитель карты может получить семантическую информацию об объектах карты, заложенную в атрибутивных таблицах. Пользователь, обладающий навыками работы с картами ГИС, может на основе данных атрибутивных таблиц формулировать запросы и выполнять пространственный анализ с отображением полученных результатов на цифровой картографической модели. Например: поиск и отображение объектов на карте, построение буферных зон; функции оверлея, моделирование оптимального пути следования маршрута и т. д.

Таким образом, передача информации вышеперечисленными способами будет зависеть от соотношения в системе «карта- пользователь карты». Одному читателю карта может дать «много» информации другому «мало». При таких способах получения информации все зависит от целей, знаний, и навыков работы с картами ГИС.

3. Гипертекстовый способ получения информации предполагает раскрытие информации об объекте путем перехода по ссылке с целью расширения ее интерпретации.

Гипертекст – информационный массив, на котором заданы и автоматически поддерживаются ассоциативные и смысловые связи между выделенными элементами, понятиями, терминами или разделами. В информационных технологиях осуществляют визуальную поддержку гипертекста. Она состоит в том, что гипертекстовые ссылки (отдельные термины) на экране дисплея выделены подсветкой и специальным стилем [2].

Этот способ возник сравнительно недавно в результате появления современных компьютерных средств и новейшего программного обеспечения. С ним связан новый этап развития в создании, оформлении и передачи и восприятии информации цифровых картографических моделей.

В качестве картографического материала могут использоваться 2-х и 3-х мерные карты. Основой для работы гиперссылок являются объекты карты (точки, линии, полигоны, текст), они несут информацию о составе карты и являются производной цифровых картографических моделей. Объекты карты несут информацию о составе карты и гипертекстовые ссылки на вспомогательные информационные ресурсы, просматривая которые пользователь получает более широкую информацию о территории или объекте местности. В качестве вспомогательных ресурсов могут выступать HTML страницы содержащие текст, фотографии, видео, звук, 3-х мерные модели объектов, с помощью которой у пользователя карты будет формироваться более целостный образ территории или объекта местности.

Важнейшей частью в данном случае, является специальная программная оболочка-вьювер, обеспечивающая эффективный просмотр картографического содержания и поиск необходимой пользователю информации.

Вьювер (визуализатор) – программное средство, предназначенное для визуализации данных; в ГИС: один из типов программных средств ГИС с набором функций, ограниченных, как правило, возможностями видеоэкранный визуализации картографических изображений, называемый картографическим вьювером, с факультативными функциональными возможностями дополнения и преобразования атрибутивных данных, их экспорта и импорта, статистической обработки, деловой графики, вывода изображений на иные графические периферийные устройства. Простой вьювер (в том числе графики) носит название браузера, или броузера, «просмотрщика» [3].

4. Виртуальное путешествие, как способ получения информации предполагает создание иллюзии реального существования объектов и тем самым ускоряет процесс коммуникации. При этом изображения существующих объектов, в программно-управляемой среде имеют проекцию, масштаб и обладают генерализованностью.

Еще несколько лет назад, словосочетание виртуальное путешествие вызывало «недоумение» сформулировать некоторые требования, которые должны к ним предъявляться в сознании человека. В настоящее время уже появились большое количество виртуальных путешествий и экскурсий, в которых пользователь самостоятельно может исследовать разнообразные «уголки» нашей планеты не выходя из дома. Для этого достаточно иметь современный компьютер и высокоскоростное соединение с Интернет.

Виртуальная реальность – искусственная действительность, во всех отношениях подобная подлинной и совершенно от нее неотличимая. При этом между искусственной действительностью и воспринимающим ее человеком образуется двусторонняя связь. Динамическая модель реальности создается средствами трехмерной компьютерной графики и обеспечивает (с помощью специальной аппаратуры: шлема-дисплея (Head-Mounted Display, HMD) и сенсорной перчатки) взаимодействие пользователя с виртуальными объектами в режиме реального времени с эффектом его участия в конструируемых сценах и событиях. Важное место в возникновении и развитии систем виртуальной реальности принадлежит тренажерам, прежде

всего авиационным. С расширением круга пользователей сети Интернет возникла потребность включения в Web-страницы элементов виртуальной реальности; этой цели служит язык VRML.

Создание элементов виртуальной реальности средствами ГИС, связанное с высокореалистичным воспроизведением внешнего вида физиономических элементов ландшафта при различных внешних условиях (дневного, ночного и сумеречного освещения; наличия облачности, тумана и дымки; сезонных изменений в состоянии ландшафта; фенофаз растительного покрова и т. п.) на основе трехмерного моделирования местности путем наложения аэро- или космического изображения на цифровую модель рельефа, находит применение в симуляторах и тренажерных системах [3].

Современные способы и технические средства, применяемые при картографировании, позволяют создавать цифровые картографические модели максимально приближенные к реальности, которые наиболее достоверно раскрывают пользователю особенности территории и дают о ней подробную информацию.

Таким образом, новые информационные возможности цифровых картографических моделей создают условия, при которых можно сформировать целостное восприятие о картографируемом объекте. В результате СКП становится проста в понимании широкими слоями населения, посредством того, что легенда карты сводится к минимуму. От потребителя не требуется специальных картографических знаний для чтения картографического изображения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 28441-99 «Картография цифровая. Термины и определения»
2. Цветков В.Я. Модели в информационных технологиях. – с. 85, Москва 2006 г.
3. Кошкарев А.В. Словарь по геоинформатике.

© Е.С. Утробина, В.С. Писарев, 2009

УДК 630*624

С.К. Фарбер, В.А. Соколов

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УПРАВЛЕНИЯ АРЕНДНЫМИ ТЕРРИТОРИЯМИ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ СИБИРИ

S.K. Farber, V.A. Sokolov

V. N. Sukachev Institute of forest SB RAS

Akademgorodok, 50, Krasnoyarsk, 660036, Russian Federation

THE GEOINFORMATIONAL SUPPORT OF LEASEHOLD AREAS OF THE SIBERIAN LOGGING ENTERPRISES MANAGEMENT

The necessity of the GIS use for management of the leasehold areas of the Siberian logging enterprises have been discuss in the paper. The obstacle for GIS organization on the level of one enterprise represents problem of acquisition of the qualitative vectorial layers of the afforestation plans and them attributive tables containing a complete block of the inventory descriptions.

В регионах Сибири, где преобладают спелые и перестойные насаждения, лесное хозяйство и лесопромышленное производство продолжают оставаться на этапе экстенсивного освоения и потребления лесных ресурсов. Основные функции лесного хозяйства при этом сводятся к выполнению лесозащитных мероприятий и контролю над лесопользователями. Иная ситуация складывается в экономически доступных районах южной тайги Сибири. Это районы Красноярского и Иркутского Приангарья, где расположены арендные территории наиболее крупных лесопромышленных комбинатов. В частности к ним относятся ОАО «Лесосибирский ЛДК № 1», ООО «ИлимСибЛес». В Приангарье как следствие длительной и интенсивной (начиная с 60-х годов XX века) лесоэксплуатации, а также естественных причин (пожары и болезни леса) качество лесосечного фонда существенно ухудшилось. Поэтому, в настоящее время крупные лесоперерабатывающие предприятия начинают испытывать дефицит сырья.

В полной мере вышесказанное относится и к ОАО «Лесосибирский ЛДК № 1». Руководство комбината в своей работе учитывает важность проблемы обеспечения производства пиловочным сырьем хвойных пород. С 1995 года начата и продолжается по настоящее время заготовка пиловочника силами предприятия. Создана собственная сеть лесозаготовительных филиалов, где заготавливается преобладающая часть необходимого сырья. Выстроены стабильные договорные отношения со сторонними поставщиками.

Лесной кодекс РФ, принятый Государственной Думой в 2006 году, возлагает на арендаторов лесных участков, предоставленных для заготовки

древесины, обязанности, связанные с ведением лесного хозяйства. На площадях лесозаготовительных филиалов явно обозначилось стремление к переходу на интенсивные методы хозяйствования, т. е. ко второму периоду становления организационных форм лесного комплекса. После юридического оформления арендных территорий перед руководством комбината возникает необходимость ими управлять. Принцип постоянства и неистощительности пользования лесом при этом должен неукоснительно выполняться. В противном случае опять приходим к форме экстенсивного хозяйства, но уже без перспективы приобретения дополнительных арендных территорий.

В современных условиях управление арендными территориями предполагает согласование лесоводственно-экологических и экономических критериев. Однако ориентироваться при этом только на данные лесоустройства и другие ведомственные материалы недостаточно. За межревизионный период в лесном фонде накапливаются значительные изменения. Как следствие рубок леса, а также других соизмеримых по масштабам внешних воздействий появляются новые не покрытые лесом площади. Очевидно, что ни одна из задач управления не может быть удовлетворительно решена без непрерывного слежения за текущими изменениями, за использованием и состоянием лесного фонда на арендных территориях. Требуется модернизация учетных работ.

Удовлетворяющие пользователей показатели древесных, недревесных, рекреационных и средообразующих лесных ресурсов могут быть получены, используя современные средства зондирования земной поверхности, храниться и непрерывно актуализироваться в базе данных ГИС. Информация о показателях лесных ресурсов служит основой для разнообразных моделей лесных систем, необходимость в которых формируется с появлением и осознанием проблем эксплуатации и управления лесными ресурсами.

За счет собственных средств на арендных территориях Высокогорского и Мотыгинского филиалов ОАО «Лесосибирский ЛДК № 1» создана система экологического мониторинга (Тришин и др., 2008). Использована программная среда ГИС ArcView 3.1. Используя в качестве инструмента ландшафтно-типологическую карту, определено пространственное положение пунктов наблюдений, где произведена закладка постоянных пробных площадей. Полученные материалы внесены в базу данных. Структура базы данных разработана применительно к организации информации в приложении Access пакета MS Office PRO. Определены по обобщающим показателям основные типы насаждений, произрастающие в стратах природной основы. По мере накопления в базе данных (в процессе мониторинга) эмпирического материала далее будут выстроены возможные сценарии сукцессионных циклов насаждений по стратам природной основы, начиная с момента рубки древостоев.

Материалы мониторинговых наблюдений, несомненно, важны для анализа состояния насаждений, но для принятия управленческих решений их недостаточно. Для планирования как лесозаготовительных, так и лесохозяйственных работ дополнительно используются материалы лесоустройства – планы лесонасаждений, данные массовой таксации, а также

материалы и рекомендации, изложенные в проектах освоения лесов, которые составляются на каждую арендную территорию. При этом все эти материалы предоставляются заказчику (на комбинат) в бумажном варианте, в лучшем случае в виде файлов текстовых редакторов. Выполнение полноценного и всестороннего анализа при такой подаче лесоустроительных материалов невозможно, поскольку используется ручная сортировка материалов – операция, соответствующая уровню прошлого столетия.

Создание в программной среде ГИС слоев – контуров лесотаксационных выделов, квартальной сети, орографии местности, гидрологической сети – позволяет на фоне изображения полога леса на космическом снимке визуально контролировать пространственное распределение насаждений по арендной территории. Возможности оценки насаждений с точки зрения их эксплуатации и далее принятия управленческих решений значительно возрастают при включении в атрибутивную таблицу слоев ГИС-проекта таксационных описаний насаждений выделов. Различного рода оценки при этом будут производиться на основе данных, полученных с помощью инструментария, включающего средства запросов в базу данных, выборки и сортировок.

Выводы:

1. Планирование работ на арендных территориях лесозаготовительных предприятий производится в соответствии с предписаниями проектов освоения лесов. Однако очевидные преимущества хранения и анализа в ГИС самой разнообразной информации, необходимой на практике, используются далеко не в полной мере.

2. Заказы на разработку проектов поступают, как правило, специализированным лесоустроительным предприятиям, владеющим наиболее полным массивом информации о лесном фонде. Причем, со стороны лесоустройства наблюдается явное нежелание тиражировать оцифрованные векторные слои, составляющие основу ГИС на арендные территории.

3. Декларируемая возможность обмена информацией с базами данных других предприятий, с базами данных иерархически более высокого федерального или краевого уровня на практике трудновыполнима.

4. Необходимость использования инструментальных возможностей ГИС на местах осознана и воспринимается как логически необходимый этап совершенствования механизма принятия управленческих решений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тришин Е.Г. и др. Организация лесного мониторинга локального уровня на арендных территориях лесозаготовительных предприятий Сибири // ГЕО-Сибирь-2008, т. 2, ч. 1 / Сборник материалов IV Международного научного конгресса. – С. 205–208.

УДК 528.9:004+556.536

А.А. Шибких

Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул

ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВОДНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА УЧАСТКЕ РЕКИ ОБЬ

A.A. Shibkikh

Institute for water and environmental problem SB RAS (IWEP SB RAS)

1 Molodyognaya st., Barnaul, 656038, Russian Federation

GEOINFORMATION PROVISION OF WATER-ECOLOGICAL INVESTIGATIONS AT THE OB RIVER SITE

The paper deals with water-ecological problems that are currently central for the Ob river site from the confluence of Biya and Katun' rivers and to the inflow into Novosibirsk reservoir. The solution of these issues calls for the use of geoinformation base of morphometric and hydrological data. The technique for creation of the digital elevation model of the river site under study using the topographic and pilot maps is described.

Для решения проблем водного хозяйства Алтайского края учитывая их разнообразие и комплексность, необходимо использовать современные научные подходы. Совместное использование геоинформационных систем, ГИС-технологий и компьютерного моделирования является основой для решения важных и сложных задач обеспечения устойчивого функционирования водохозяйственных комплексов.

Главной водной артерией Алтайского края является р. Обь. Исследуемый участок реки – от слияния до впадения в Новосибирское водохранилище (рис. 1) – является важным с точки зрения хозяйственной деятельности. На его берегах расположены населенные пункты, в том числе города Бийск, Барнаул и Камень-на-Оби. Основные актуальные водохозяйственные проблемы этого участка, исследуемые в настоящее время следующие:

- Интенсивные русловые процессы, протекающие практически на всем участке исследуемого объекта и приводящие к изменению рельефа речной долины;
- Прохождение половодья, приводящее к затоплению значительных площадей, в том числе и в границах населенных пунктов;
- Загрязнение воды, обусловленное сбросом загрязненных сточных вод и значительной антропогенной нагрузкой на водосборный бассейн, приводящее к ухудшению качества воды;

– Надежное прогнозирование объемов сезонного стока р. Обь в Новосибирское водохранилище, необходимое для установления режима расхода воды через Новосибирскую ГЭС.

Для обеспечения научных исследований данными необходима выработка процедур преобразования исходной информации в параметры компьютерных моделей и, в частности, сведение разнородной картографической информации к единой системе координат. Для хранения в единой системе координат разнородной морфометрической, гидрологической и иной информации на территорию поймы р. Обь от слияния до впадения в Новосибирское водохранилище в среде ГИС ArcGis 9.2. создана геоинформационная база данных, в настоящее время включающая в себя следующие компоненты:

- Изображения листов топографических карт масштаба 1 : 25 000 (270 листов);
- Изображения листов лоцманских карт участков р. Обь (38 листов).

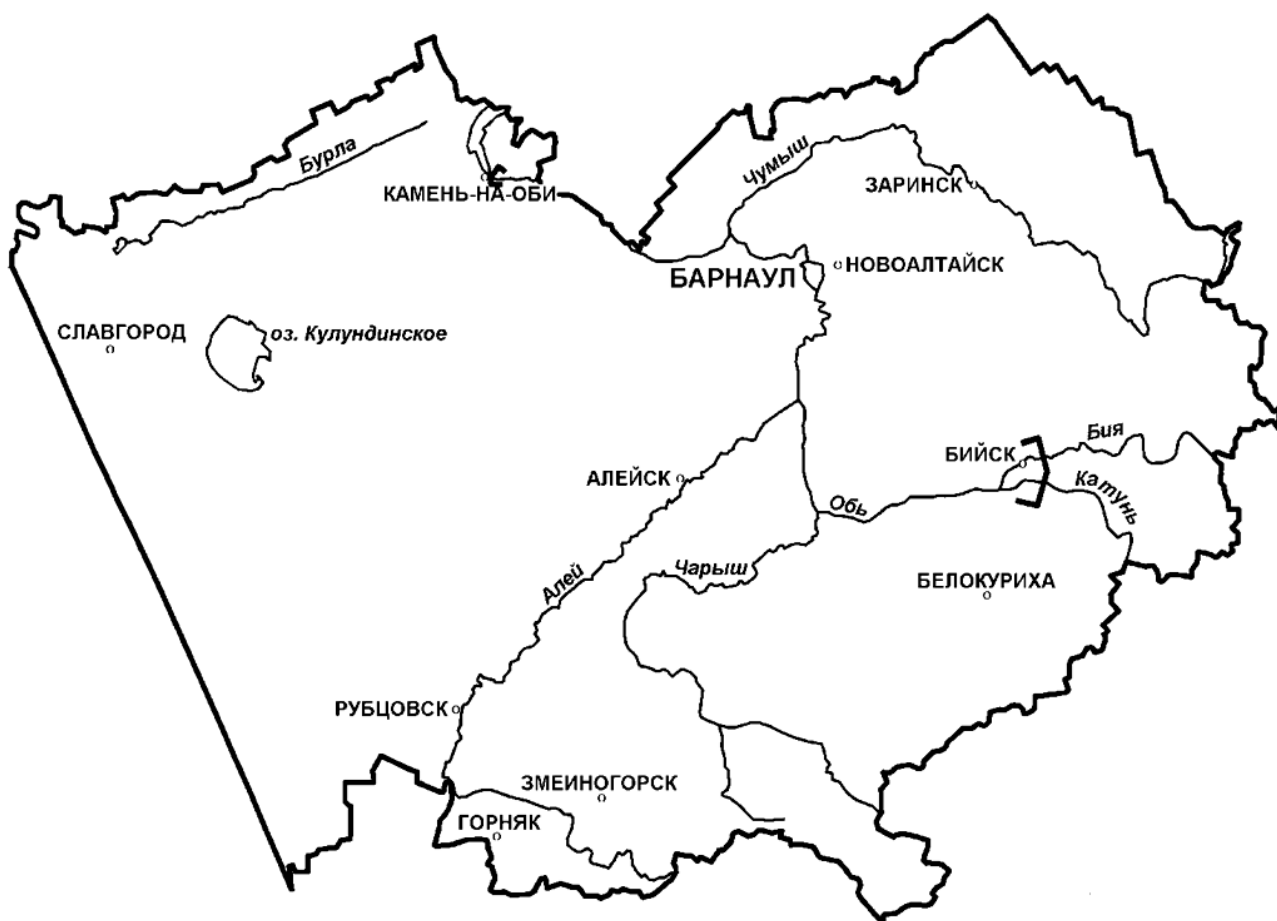


Рис. 1. Участок р. Обь от слияния до впадения в Новосибирское водохранилище с приустьевыми участками рек Бия и Катунь

При совмещении листов лоцманских и топографических карт были обнаружены участки плохого согласования информации о контурах островов, побочней и других русловых форм, положении протоков и устьев притоков. Эти

проблемы вызваны русловыми деформациями, произошедшими за период между топографической и русловой съемкой (в среднем 20 лет), на основании которых были составлены топографические и лоцманские карты. В случае наличия такой несогласованности, за основу была взята информация о рельефе русла с лоцманской карты, как карты с более поздней съемкой, а информация о рельефе пойменной части откорректирована с использованием других данных, таких как космические снимки или фрагменты топографических карт с более поздней съемкой местности.

Необходимо отметить, что участки плохого согласования информации носят локальный характер. Включенные в базу данных листы лоцманских карт покрывают весь участок русла р. Обь от слияния до впадения в Новосибирское водохранилище, листы топографических карт покрывают всю пойму указанного участка р. Обь за небольшими исключениями. Таким образом, существующей в базе данных информации достаточно для обеспечения компьютерных моделей исходной морфометрической информацией на участок р. Обь от слияния до впадения в Новосибирское водохранилище.

Кроме того, созданная база данных позволяет осуществлять привязку необходимую для компьютерного моделирования тематической информации, такую как положение хозяйственных и природных объектов, устья основных притоков, точечные источники загрязнений, места сбора проб и др.

Для решения водохозяйственных задач с применением компьютерного моделирования необходимо наличие информации о морфометрии русла и речной долины. Источником данных для определения морфометрии русла исследуемого участка р. Обь в период осенней межени являются листы лоцманских карт. Для моделирования течения при высоких уровнях воды, информация о морфометрии русла в период осенней межени, приведенная на лоцманских картах, может быть дополнена информацией о рельефе поймы с топографических карт.

Источником данных об уровнях воды в балтийской (абсолютной) системе координат, а также расходах воды и ледовой обстановке является информация с водомерных постов, публикуемая в гидрологических ежегодниках. На исследуемый участок р. Обь в фондах ИВЭП СО РАН существуют гидрологическая информация (в том числе данные ежедневных наблюдений) с 7 водомерных постов.

Необходимая для построения ЦМР русла и поймы исследуемого участка р. Обь информация с листов топографических и лоцманских карт и водомерных постов представлена в табл. 1.

В настоящее время на участок р. Обь от слияния до впадения в Новосибирское водохранилище создана цифровая модель рельефа (система створов) для компьютерного моделирования на основе одномерных горизонтальных математических моделей, включающая в себя 434 створа (в среднем 1 створ на 1,1 км). Столь частое расположение створов обусловлено сложной геометрией русла р. Обь, однако в этом случае созданная цифровая модель рельефа подробно описывает значимые изменения поперечного сечения русла реки. В настоящее время ведутся работы по созданию двумерной

цифровой модели рельефа для компьютерного моделирования на основе двумерных плановых и комбинированных математических моделей.

Таблица 1. Информации, необходимая для построения ЦМР речной долины р. Обь от слияния до впадения в Новосибирское водохранилище

Источник данных	Информация	Область применения
Листы топографических карт	Изолинии высот	Определение положения границы поймы
		Определение морфометрии поймы (цифровая модель рельефа поймы)
		Определение морфологии поймы (положение второстепенных проток при высоких уровнях воды)
	Уровень воды	Интерполяция (экстраполяция) уровня воды между (вне) водомерных постов
		Приведение данных о рельефе русла из относительной системы координат (глубины) в абсолютную Балтийскую систему высот
	Различные данные	Привязка листов лоцманских карт
Листы лоцманских карт	Береговая линия	Определение современного положения береговой линии для уровня воды р. Обь в период осенней межени
	Линии и отметки глубин	Определение морфометрии русла (цифровая модель рельефа основного русла)
Данные водомерных постов	Уровни	Расчет уровня воды р. Обь в период осенней межени в Балтийской системе высот в створах водомерных постов

© А.А. Шибких, 2009

УДК 528.9:004+911.2:591.9

Н.Ю. Курепина

ИВЭП СО РАН, Барнаул

КАРТОГРАФИЧЕСКИЙ ПОДХОД В ОПТИМИЗАЦИИ МЕДИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ С ПОМОЩЬЮ ГИС (НА ПРИМЕРЕ КАЛМАНСКОГО РАЙОНА АЛТАЙСКОГО КРАЯ)

N.Yu. Kurepina

The Institute for Water and Environmental Problems, SB RAS (IWEP SB RAS)

1, Molodezhnaya St., Barnaul 656038, Altai Krai, Russia

THE CARTOGRAPHIC APPROACH TO OPTIMIZATION OF GIS-BASED MEDICAL-ECOLOGICAL ASSESSMENT (KALMANSKY REGION OF ALTAI KRAI AS A CASE STUDY)

The paper deals with heterogeneous information processing followed by its integration into a complex GIS-document for optimization of medical-ecological assessment of the territory under study. Danger coefficients of actual threat of tick-born encephalitis infection in men were determined by the example of Kalmansky region, Altai Krai.

В данной работе на примере Калманского района Алтайского края демонстрируется новый подход выполнения медико-экологической оценки территории по риску заражения клещевым энцефалитом (КЭ) с помощью геоинформационных систем (ГИС). Современные компьютерные технологии обладают комплексом новых возможностей, которые позволили оперативно обработать массив разнородных данных (количественных и качественных), произвести аналитические расчеты по выявлению неблагоприятных в медико-экологическом плане участков и визуализировать полученный результат с требуемой точностью.

Вышеназванная болезнь является природно-очаговой, поэтому в качестве оцениваемых единиц рассматривались ландшафты. В основу разработки карт медико-экологической оценки природной среды была положена концепция предпосылок болезней, сформулированная в 60-е годы [1–3] и получившая в дальнейшем свое развитие [4–5]. Целостность работы обеспечивалась за счет единой картографической основы – топографической (масштаб 1 : 200 000) в прямоугольной проекции Гаусса – Крюгера. Представленная в работе ландшафтная карта Калманского района является фрагментом карты, составленной сотрудниками ИВЭП СО РАН на всю территорию Алтайского края. Медико-экологическая оценка выполнялась в ГИС компании ESRI ArcView, численные вычисления производились там же и в программе Excel.

Позиционная составляющая медико-экологической ГИС состояла из следующих слоев: 1) точечные – населенные пункты, места заражения населения; 2) линейные – реки; 3) площадные – административные районы, ландшафты, озера, леса, пашни, вырубки и гари.

Для медико-экологической оценки территории Калманского района по легенде к ландшафтной карте и благоприятным условиям для существования основных переносчиков инфекции клещей вида *Ix. persulcatus* был определен потенциальный риск инфицирования КЭ (рис. 1). Основная их среда обитания: ленточные боры, горные леса, колки, поэтому в структуре ландшафтов анализировался растительный компонент, главным образом, лесные геосистемы. В атрибутивной таблице тематического слоя ландшафтов создавалось поле, заполняемое в соответствии с ее легендой и условиями существования клещей.

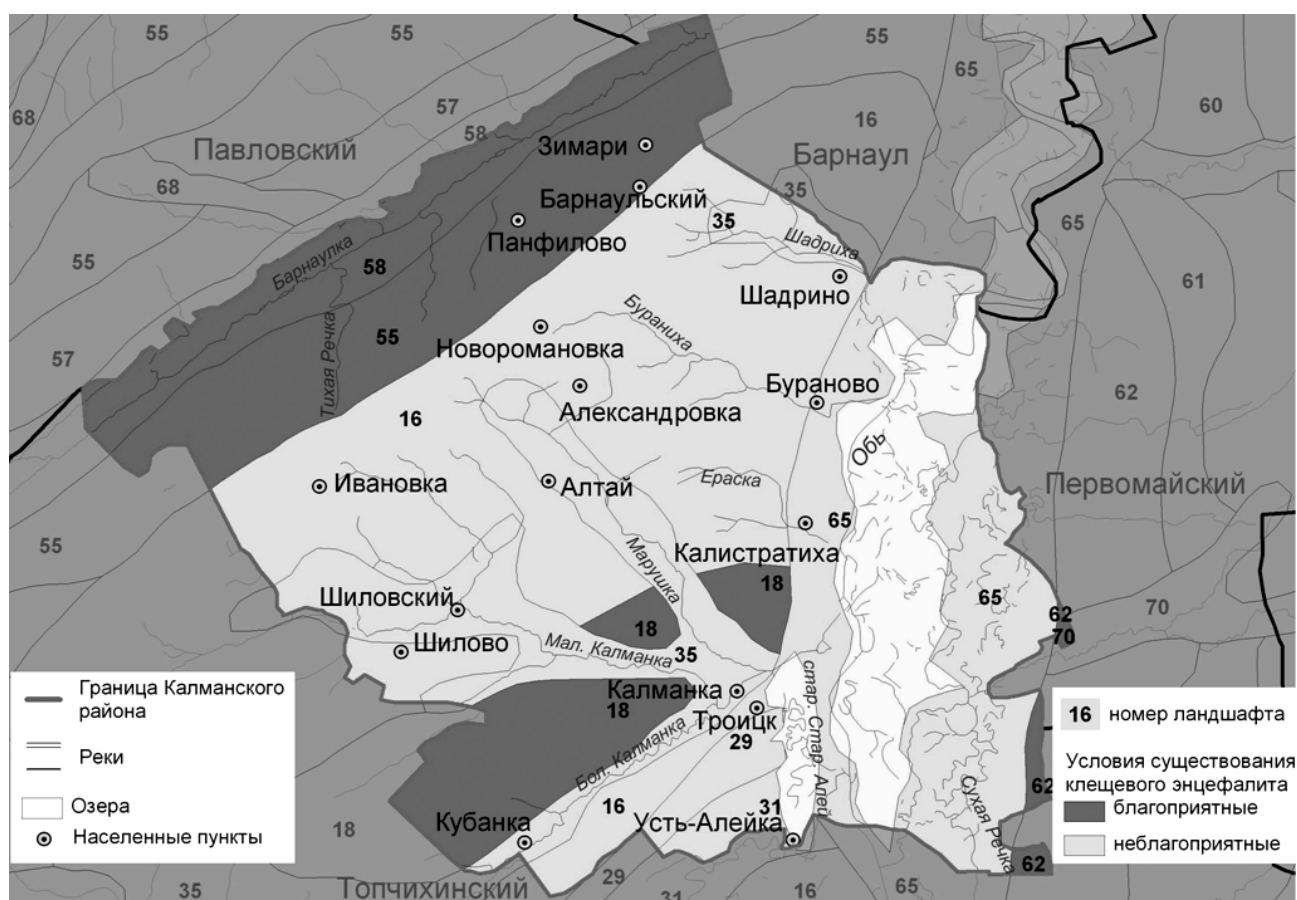


Рис. 1. Ландшафты Калманского района Алтайского края с потенциальным риском инфицирования клещевым энцефалитом

Дальнейшая работа состояла в получении количественных показателей и вычислении значения риска заражения населения КЭ. Учитывая современное состояние территории района, при выполнении медико-экологической оценки были исключены распаханые земли и площадные гидрографические объекты (табл. 1, рис. 2). Затем рассчитывался актуальный риск, равный весовому коэффициенту отношений площадей с риском заражения КЭ к оцениваемой (табл. 2).

По статистической информации, предоставленной ЦГСЭН по Алтайскому краю, был определен коэффициент эпидемиологического риска. Его составляющими являются показатель среднего уровня эпидемического фона территории за 13 лет (1989–2002 гг.) и частота (повторяемость) эпидемического проявления. Для вычисления значения фактического риска данные актуального и эпидемиологического рисков перемножались (табл. 2).

Таблица 1. Площадь ландшафтов Калманского района Алтайского края

Ландшафты	Площадь, км ²		
	общая	оцениваемая	с риском заражения КЭ
16	566,4	129,6	–
18	134,6	16,0	16,0
29	25,2	7,1	–
31	25,0	7,3	–
35	225,0	27,4	–
55	219,0	182,4	182,4
58	134,1	122,2	122,2
62	9,9	9,9	9,9
65	422,1	389,0	–
70	1,3	1,3	1,3
Σ	1 762,6	892,2	331,8

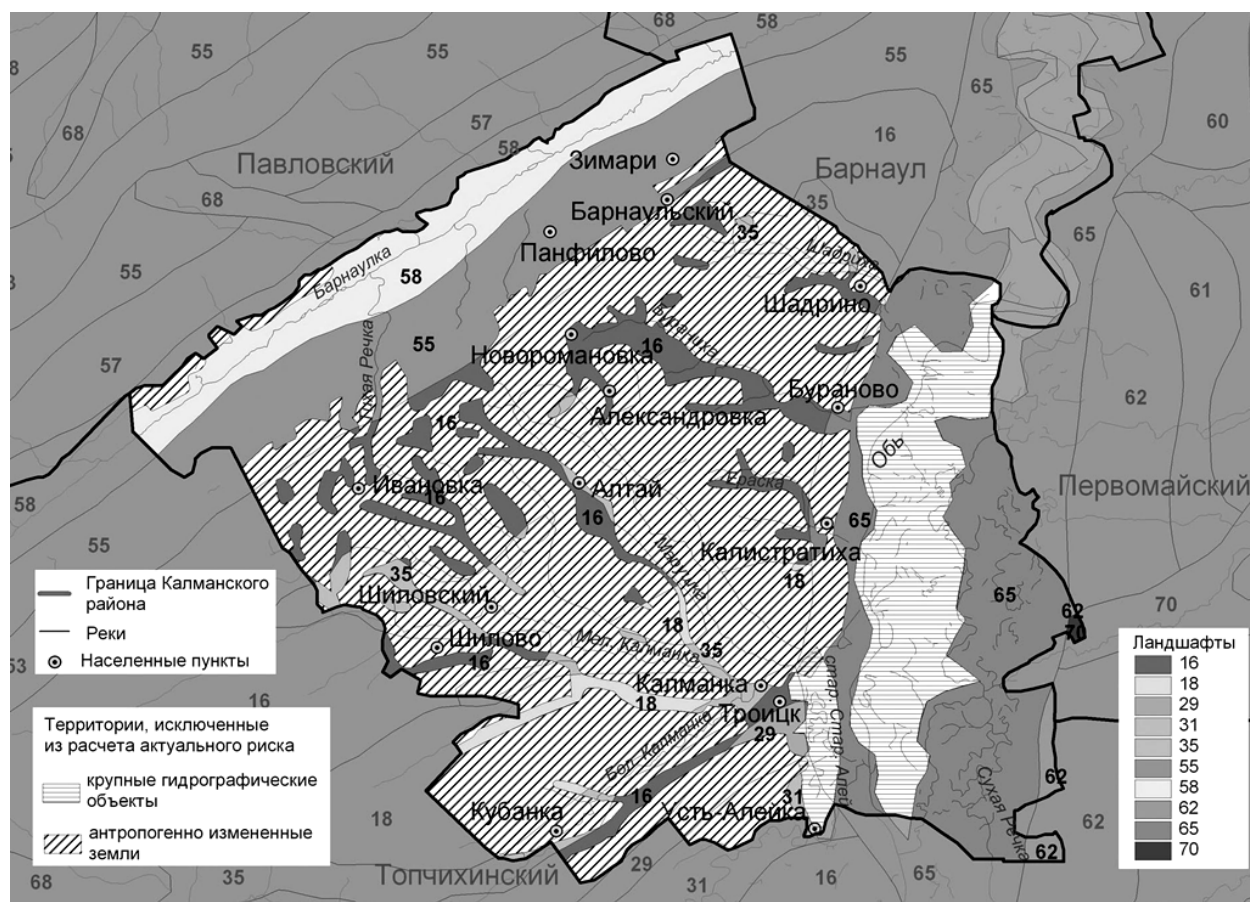


Рис. 2. Территория Калманского района Алтайского края, оцениваемая по риску заражения клещевым энцефалитом

В связи с тем, что ландшафты в отличие от административно-территориального деления имеют свои границы, а статистическая информация на сопредельные районы присутствовала, то значения фактического риска для каждого природного контура Калманского района были пересчитаны с учетом прилегающих территорий (табл. 3).

Таблица 2. Расчет фактического риска заражения клещевым энцефалитом населения Калманского района Алтайского края

Ландшафты	Актуальный риск	Среднегодовой показатель заболеваемости	Интенсивность заболеваемости	Эпидемиологический риск	Фактический риск
16	0,00	10,7	0,8	8,3	0,00
18	0,01				0,07
29	0,00				0,00
31	0,00				0,00
35	0,00				0,00
55	0,10				0,85
58	0,07				0,57
62	0,01				0,05
65	0,00				0,00
70	0,00				0,01
Σ	0,19				1,6

Таблица 3. Оценка Калманского района Алтайского края по риску заражения населения клещевым энцефалитом

Ландшафты	Откорректированный фактический риск	Нозогенность
16	0,00	низкая
18	0,13	низкая
29	0,00	низкая
31	0,00	низкая
35	0,00	низкая
55	0,82	высокая
58	0,79	высокая
62	0,30	средняя
65	0,00	низкая
70	0,35	средняя

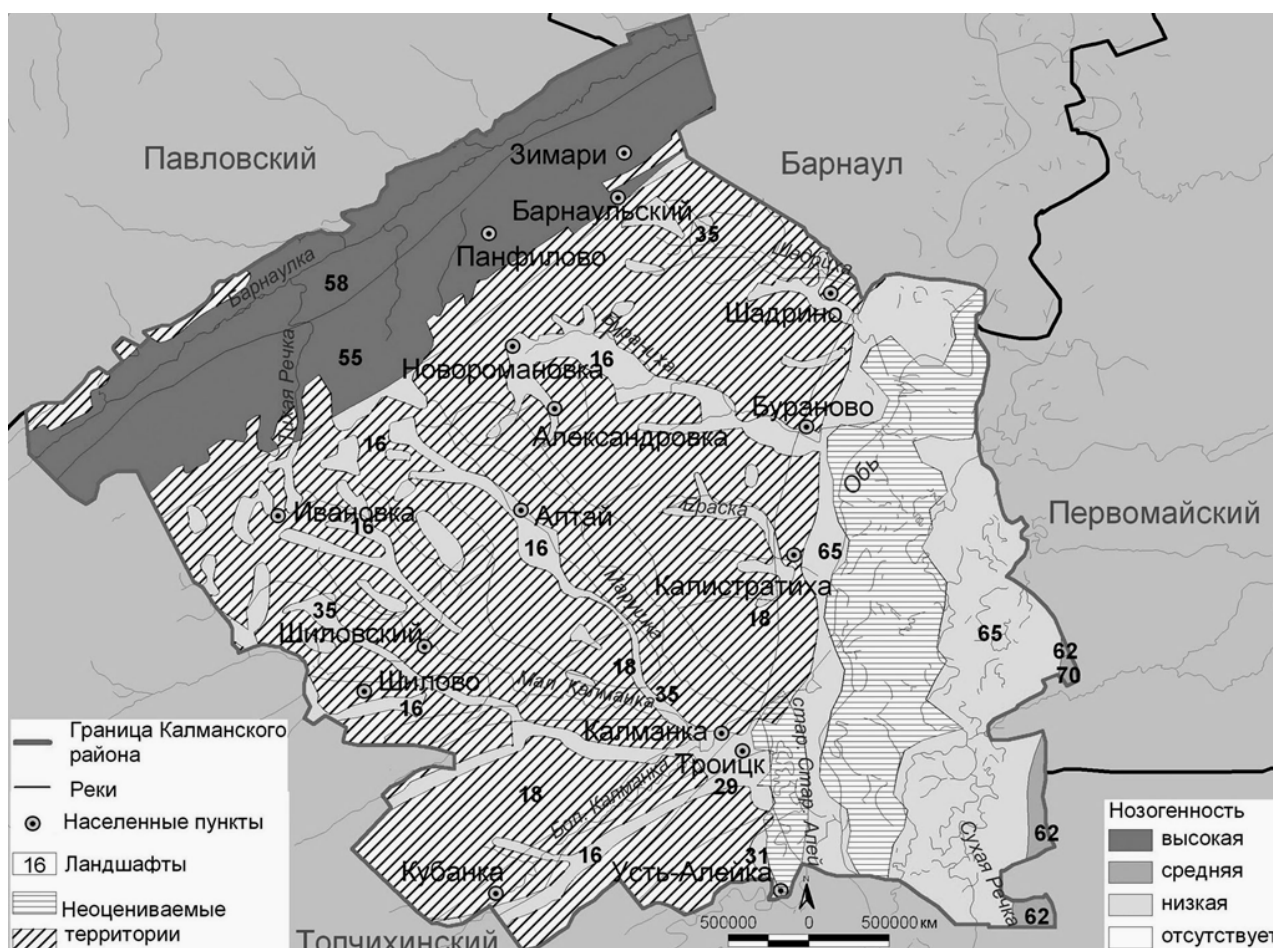


Рис. 3. Медико-экологическая оценка Калманского района по риску заражения населения клещевым энцефалитом

По откорректированному фактическому риску была определена нозогенность (ранг экологической опасности). Как видно из таблицы 3, наибольшим риском обладают ландшафты 55 (пологие и волнистые слабо и глубокорасчлененные склоны плато с разнотравно-злаковыми луговыми степями на черноземах выщелоченных и обыкновенных в сочетании с осиново-березовыми и березовыми лесами на серых и темно-серых лесных почвах) и 58 (днища ложбин древнего стока бугристо-грядовые с сосновыми, иногда с примесью березы и осины, борами на борových песках, дерново-слабоподзолистых и серых лесных почвах, местами плосковолнистые и бугристо-грядистые с солонцово-солончаковыми и болотно-солончаковыми остепненными лугами, полынно-злаковыми степями на лугово-черноземных почвах, солонцах и солончаках гидроморфных, реже солонцеватых черноземах).

Составляемые в процессе аналитической работы карты как промежуточные, так и результирующие, согласовывались с материалами ранее проведенного анализа на территории Алтайского края и воплощенного в серию медико-географических карт и аннотаций к ним [6]. Результатом полученной медико-экологической оценки стали рекомендации по предупреждению населения о возможности инфицирования КЭ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вершинский Б.В. Картография природноочаговых болезней в связи с изучением их географии в СССР. – В сб.: Медицинская география. Итоги, перспективы. Иркутск, изд. Ин-та географии Сибири и Дальнего Востока СО АН СССР, 1964, с. 62-104.
2. Игнатьев, Е.И. Принципы и методы медико-географического изучения природных компонентов географической среды. – В сб. Медицинская география. Итоги, перспективы. – Иркутск, 1964. С. 20-42.
3. Прохоров Б.Б. Принципы и методы составления карт комплексной медико-географической оценки территории. – В кн.: Принципы и методы медико-географического картографирования. Иркутск, изд. СО АН СССР, 1968, с. 154-184.
4. Райх Е.Л. Принципы и методы изучения и картографирования ареалов эндемичных инфекционных заболеваний / Медико-географическое картографирование. Геогр. общ-во СССР. Сб. науч. тр. – Л., 1978. – С. 54-58.
5. Малхазова С.М. Медико-географический анализ территорий: картографирование, оценка, прогноз. – М.: Научный мир, 2001. – 240 с.
6. Алтайский край. Атлас. Т. 1. – М.-Барнаул: ГУ ГиК при Сов. Мин. СССР, 1978. С. 146, 170-171.

© Н.Ю. Курепина, 2009

УДК 528.926:004

Эрик Тайле

Геодезия и геобазовая информация Земли Бранденбурга
Германия

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ГЕНЕРАЛИЗАЦИЯ AAA-СИСТЕМЫ

Erik Theile

Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg
Germany

AAA-SYSTEM AUTOMATED GENERALIZATION

Цифровые модели местности (ЦММ) структурируют земную поверхность топографическими объектами. В Федеративной Республике Германии базовыми геоданными являются в основном данные государственной автоматизированной топографо-картографической информационной системы ATKIS среднего и мелкого масштаба, которые собираются для цифрового моделирования местности и её объектов с целью автоматизированного производства государственных топографических карт.

ATKIS состоит согласно современной теории картографии из первичной ЦММ без графики, вторичной графической модели – цифровой картографической модели (ЦКМ) и третичной модели – индивидуальной когнитивной (познавательной) карты.

ATKIS реализуют четыре модели местности: базовую ЦММ, ЦММ50, ЦММ250 и ЦММ1000. Местность моделируется в форме цифровых объектов, которые логично делятся на виды объектов, на главные объектные группы и на объектные группы. Для этого разработан каталог видов объектов для всех моделей, который обеспечивает единство и сравнимость ЦММ всех масштабов. ЦММ различаются по содержанию и геометрической точности.

По сравнению с базовой ЦММ, ЦММ50 пригодна для применения геоданных с уменьшенными профессиональными и геометрическими требованиями. Тем не менее, благодаря более простой структуре и меньшего количества данных, достаточно упростилось использование ЦММ50. Данная цифровая модель местности описывает топографические объекты местности в векторной форме. Все объекты определяются через пространственное положение, геометрический тип, описываемые атрибуты и соотношения к другим объектам. Объем и содержание ЦММ50 соответствуют топографической карте ЦТК50.

ЦММ50 реализуют в двух этапах: автоматизированная генерализация модели из базовой ЦММ и картографическая генерализация.

Генерализация модели

При генерализации модели получают из одной модели местности другую, вторичную модель. Геометрическое положение объектов при этом не меняется. Этот процесс полностью автоматизирован и производит из базовой модели местности модель местности ЦММ50.1. Этот модель имеет семантическую и геометрическую генерализацию объектов, но не картографический генерализирован.

Картографическая генерализация

Автоматический процесс картографической генерализации учитывает каталог условных знаков ATKIS-SK50 и производит из ЦММ50.1 векторные данные модели местности ЦММ50.2. Конфликты, которые программа не сможет решить, она маркирует для последовательной интерактивной обработки картографом. В результате получается топографическая карта ЦТК50 с соответственными условными знаками и хорошей читаемостью в векторном виде, из которого выводят растровые данные для печати и продажи.

Перспективы

В 2009 году вводят программное обеспечение генерализации модели и картографической генерализации в производство. Весь этот процесс уже сосредоточен на моделировании геоданных в условиях новой модели AFIS-ALKIS-ATKIS Германии.

© Эрик Тайле, 2009

УДК 528.9: 004

У. Сарангэрэл

Общество Геодезии и Картографии Монголии

Институт Информатики и Дистанционного зондирования Академии Наук
Монголии

E-mail: mgl_cartography@yahoo.com

Г. Сарантуя

Институт Информатики и Дистанционного зондирования Академии Наук
Монголии

E-mail: saraa_g@yahoo.com

А. Самья

Институт Информатики и Дистанционного зондирования Академии Наук
Монголии

E-mail: a_sumiya86@yahoo.com

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СОСТАВЛЕНИЯ ТУРИСТИЧЕСКОГО АТЛАСА МОНГОЛИИ

U. Sarangerel (PhD), e-mail: mgl_cartography@yahoo.com

Mongolian Association of Geodesy & Cartography

Mongolian Academy of Sciences, Institute of Information & Remote Sensing

G. Sarantuya (PhD), e-mail: saraa_g@yahoo.com

Mongolian Academy of Sciences, Institute of Information & Remote Sensing

A. Sumiya, e-mail: a_sumiya86@yahoo.com

Mongolian Academy of Sciences, Institute of Information & Remote Sensing

AUTOMATED MAP COMPILATION TECHNOLOGY OF TOURIST ATLAS MONGOLIA

The oldest maps were probably drawn in sand thousands of years ago and the most recent map is being created via the World Wide Web and sent to someone's mobile phone even while you are reading this page. In the recent past map production was revolutionized by the advent of sophisticated computer software in the graphic industry and now an extremely rapid technological development is going on in the electronic dissemination of all kinds of information, including maps.

Основным материалам для составления картографической основы «Туристического атласа Монголии» служит Топографическая информационная база Монголии (ТИБМ) в масштабе 1:500'000, отработанная в программе Map Info Professional с управлением Map Viewer v2005.1.0., которая была использована так же картографической основой атласа "Biosphere reserve atlas Mongolia", поставленной в 2007 году в портале: <http://www.unesco.mab.org>.

Векторные, знаковые элементы из ТИБМ мы переводим через программу Adobe Acrobat professional форматом .pdf.

Составительские оригиналы обрабатываются в программе Adobe Illustrator CS, издательские в программе PHOTOSHOP. Атлас состоит из 42 страниц, с иллюстрированными картами, размер одной страницы 36 см х 26,5 см.

Туристические карты 18 аймаков (провинций) создаются в масштабе 1: 1 000 000–1 300 000, исторические карты (рис. 1, рис. 2) и туристическая карта столицы Улаанбаатара в масштабе 1:15 000 000–25 000 000, карта-картина Монголии в масштабе 1:4 000 000.

В изображении рельефа используются космические стерео-снимки спутника SRTM и плоская трёхмерная карта-картина (рис. 3. Автор У. Сарангэрэл).

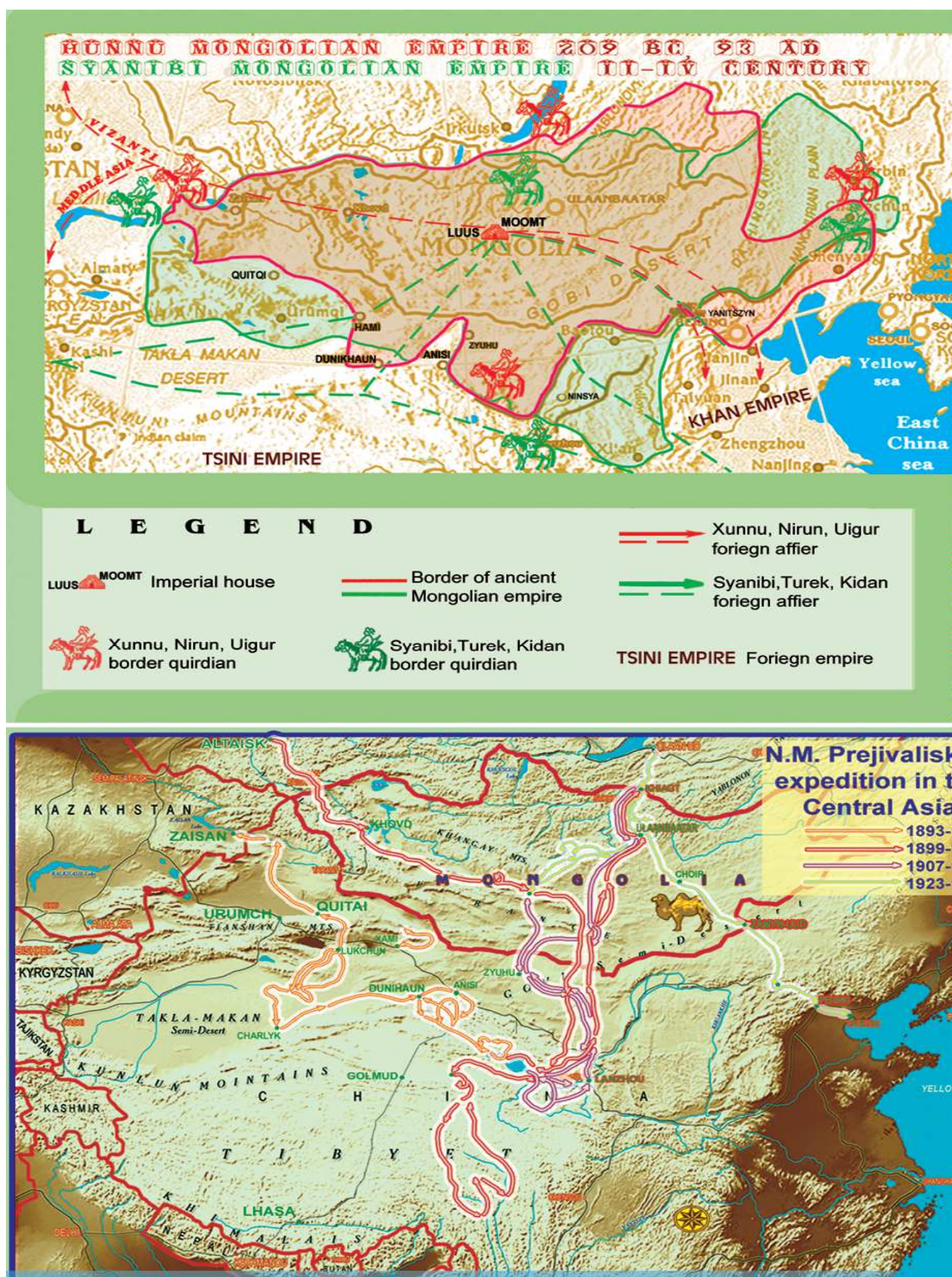


Рис. 1. Издательские оригиналы исторических карт атласа, изготовленные в программе PHOTOSHOP

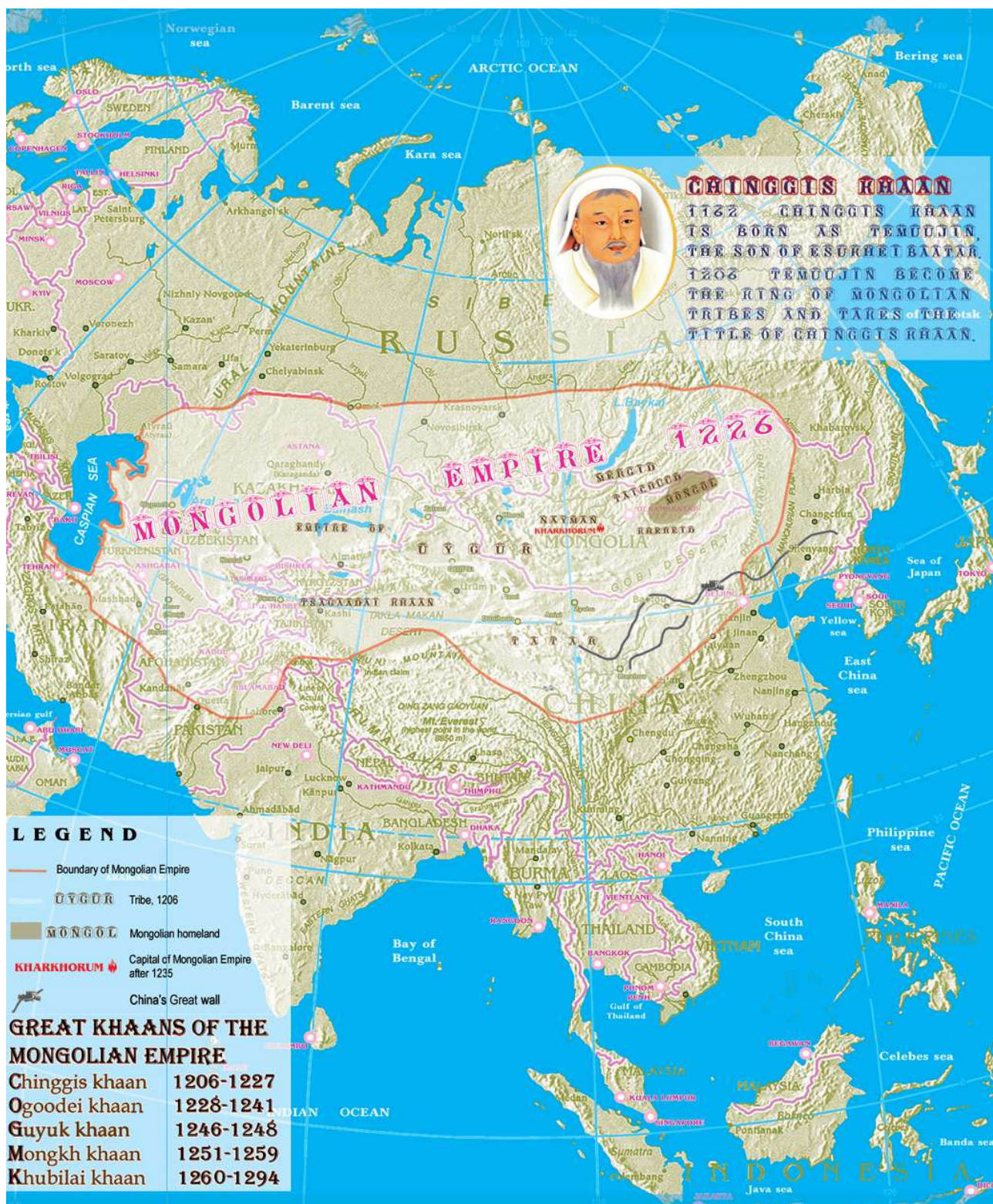


Рис. 2. Карта Монгольской империи 1226 года, изготовленная в программе PHOTOSHOP

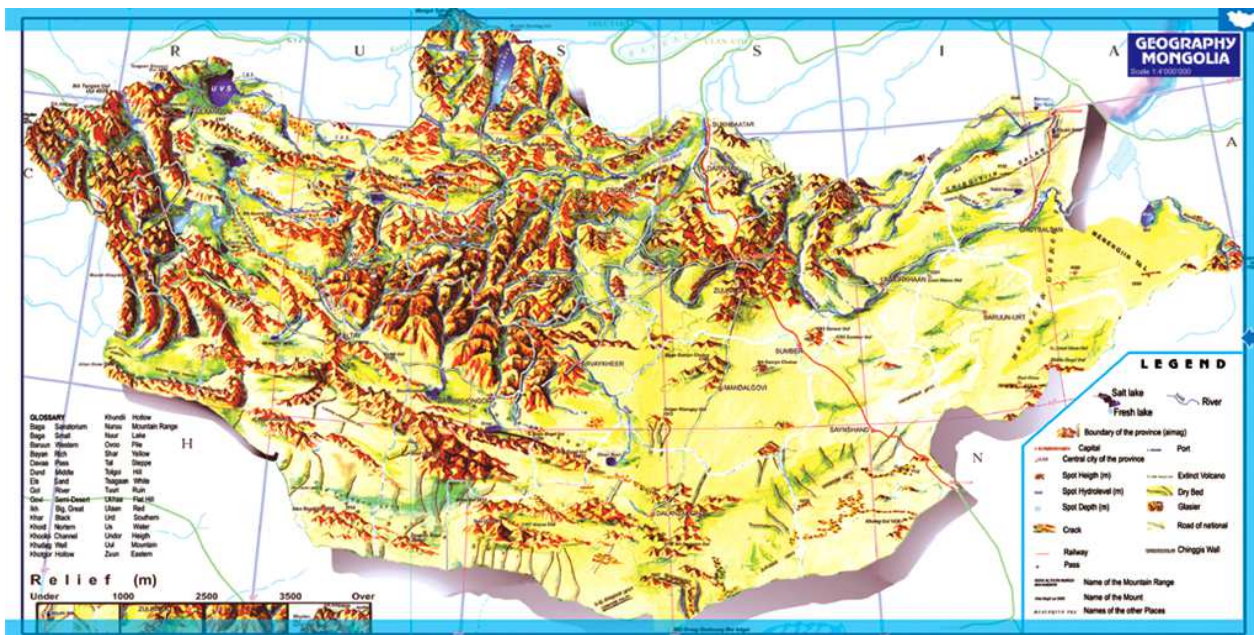


Рис. 3. Ландшафтная карта Монголии из атласа

Составление тематических элементов проводится со использованием открытых парталов Монголии всех 18 аймаков (рис. 4.), и в том числе туристические карты изданные до 2008 года.

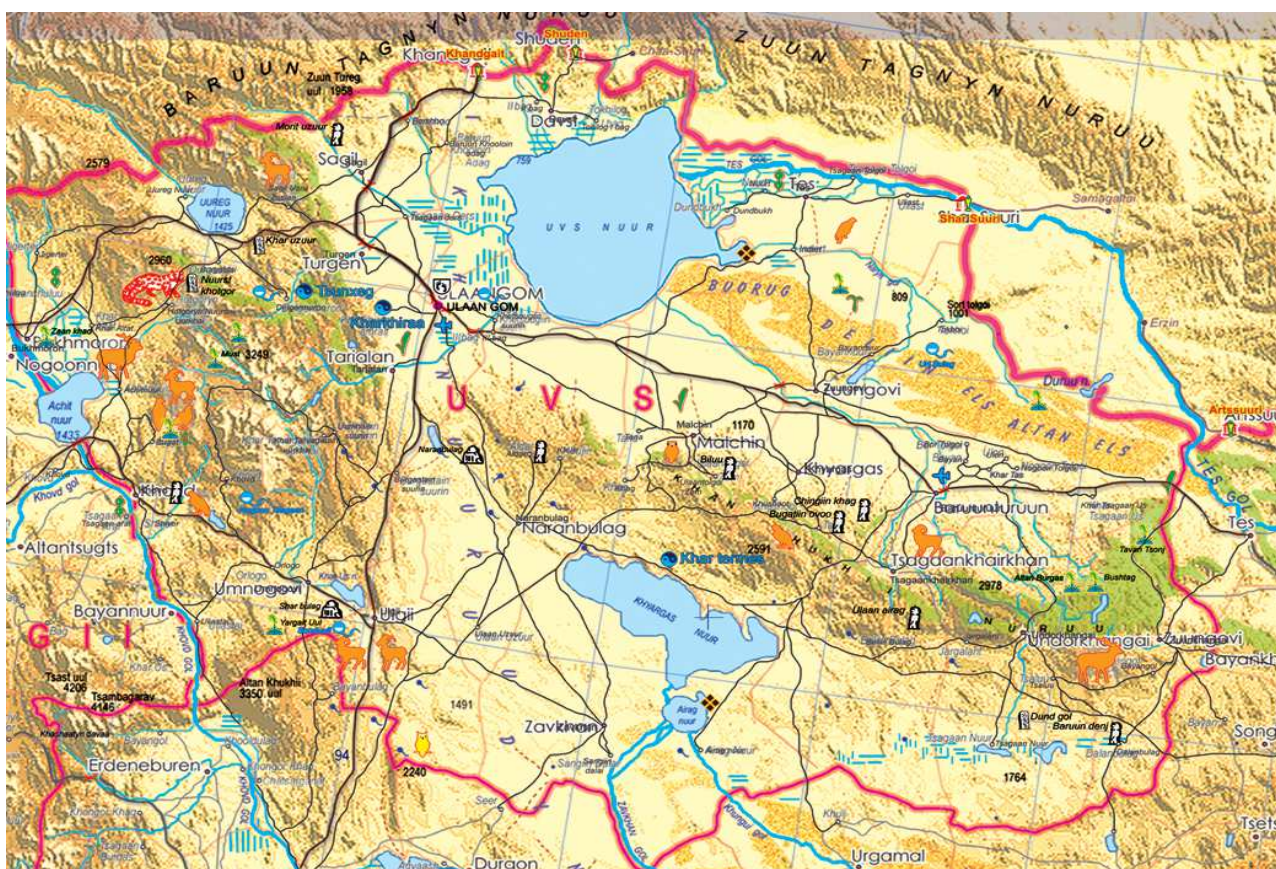


Рис. 4. Составительский оригинал туристической карты аймака Увс, который изготавливается в программе Adobe Illustrator CS

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Menno-Jan Kraak, Allan Brown, ITC Enschede, Netherland. “Web cartography”, London & New York, 2001.
2. Иванников А.Д. и др. (2001): “Геоинформатика”, 30-55, 77-99, Макс пресс, Москва.
3. Sarangerel U, Nergui B. (2006):KIST Gangneung Institute Gangwon Province, Korea. Tour navigator for GPS in Mongolia”. Proceeding of the 4th workshop on Korea–Mongolia, pp 65–68.

© У. Сарангэрэл, Г. Сарантуя, А. Самбая, 2009

УДК 528.9: 004

А. Володченко

Дрезденский технический университет, Институт картографии
Германия

Email: Alexander.Wolodtschenko@tu-dresden.de

О МОДУЛЬНО–ТЕМАТИЧЕСКОМ ПОДХОДЕ В АТЛАСНОЙ КАРТОСЕМИОТИКЕ

A. Wolodtschenko

Dresden University of Technology, Institute of Cartography
Germany

Email: Alexander.Wolodtschenko@tu-dresden.de

THE NEW METHODOLOGICAL (T-M) APPROACH IN ATLAS CARTOSEMIOTICS

The article describes the new methodological (T-M)-approach of research of information-semiotic structures and potentials of analogical atlases. These studies were conducted in the applied cartosemiotics, namely one of its new disciplines - atlas cartosemiotics.

Картография не стоит на месте. Среди новых методических направлений, появившихся в конце 90-х годов прошлого столетия, следует назвать картосемиотический метод исследования /Wolodtschenko 1999/. Формирование картосемиотического метода исследования проходило в эти и последующие годы на фоне концептуальных преобразований и изменений в картографии, смены поколений, институционализации картосемиотики, образования рабочей группы «Картосемиотика» (1995–1999 гг.) и Комиссии по теоретической картографии, Международной картографической ассоциации в 1999 г., международного корреспондент-семинара (1991–1995 гг. и 1998–2009 гг.), введения учебных курсов в некоторых европейских университетах, расширения и взаимодействия в рамках европейских картографических и некартографических традиций и т. д.

В основу картосемиотического метода положено информационно-семиотическое структурирование отдельной картосемиотической модели (карты, атласа или другого картографического или картоподобного произведения) или серии картосемиотических моделей с последующим исследованием их модульно-тематических информационных свойств. Модульно-тематический подход является составной частью картосемиотического исследования аналоговых атласов.

Модульно-тематическая структура атласов

Атласы часто рассматриваются как картографические или картосодержащие произведения, которые характеризуется наличием конкретных карт. Но как показывает анализ разнообразных атласов (национальных, экологических, исторических, краеведческих, детских и т. д. /Володченко 2006/), не все атласы представляют собой только собрание карт. Если рассматривать любой атлас как картосемиотическую модель, то тогда его следует характеризовать через наличие конкретных информационно-семиотических модулей (**М-компонентов**). Количество информационно-семиотических модулей в каждом атласе может варьировать и зависит от его тематики, назначения и т. д. (рис. 1).

Относительно модуля карт или картного модуля необходимо отметить, что этот модуль является центральным модулем для картосодержащих (картографических) атласов, где остальные модули его дополняют или расширяют. Пустые страницы в атласах не несут информации, но оказывают влияние на процентное содержание других информационных модулей и выделяются в отдельный модуль. На примере тома 1 (Общество и государство, Национальный атлас Германии) будут показаны структурно-модульные особенности: например, табл. 1 представляет информационные модули в % (от maximum до minimum) и через количество страниц.

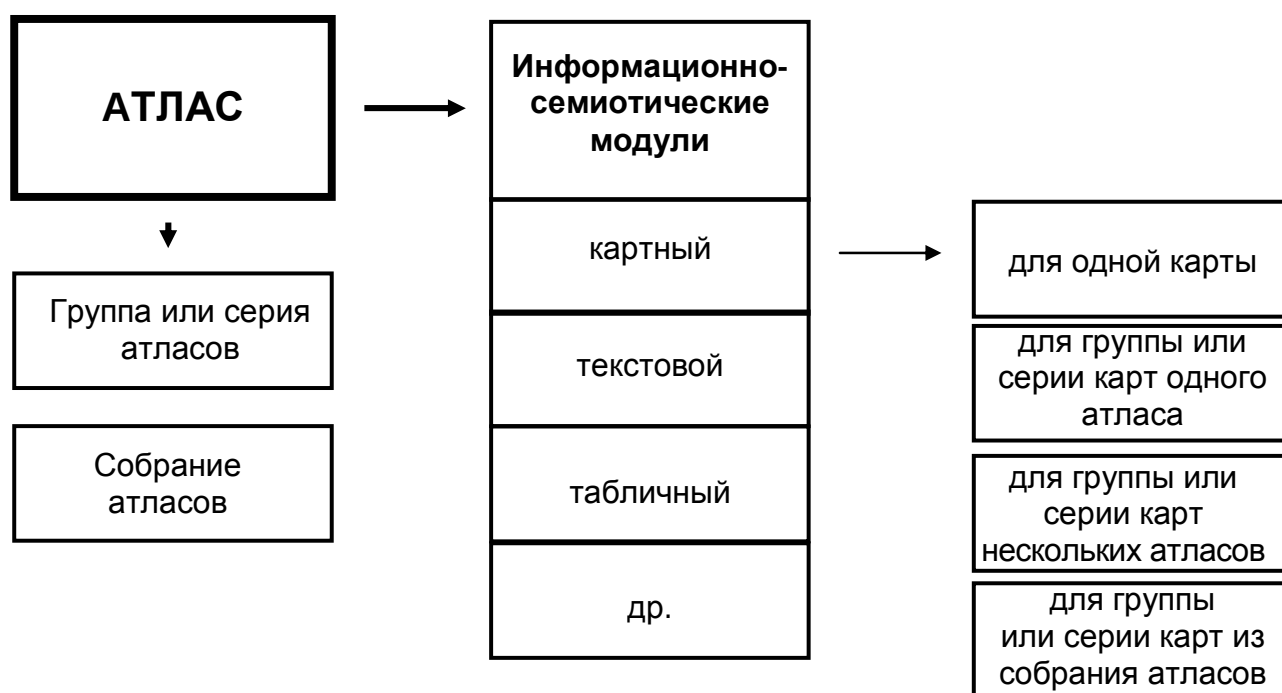


Рис. 1. Модульная структура аналогового атласа /Володченко 2006/

Концептуальный характер любого атласа выражается через его тематику (**Т-компонент** или составляющая), которая отражена в оглавлении атласа. Структурная модель тома 1 с тематическими разделами (8) и их подразделами (всего 51) наглядно и постранично представлена в табл. 2.

Тематические разделы можно также представить наглядно в графической форме с помощью синтактических профилей /Wolodtschenko 2007/ (табл. 3).

По тематическим разделам можно легко проследить и проанализировать, например, распределение карт по их типам или видам. Табл. 4 презентует тематические разделы тома 1 и соответствующие им карты (по типам). Анализ карт тома 1 показывает, что в нем доминируют аналитические карты (116 карт из 131 или 88,5%).

Заслуживает внимание и построение Т-М таблиц или матриц с информацией о доминантных модулях. Постолбцовое (по модулям) суммирование элементов матрицы дает соответственно количественную информацию (табл. 5), а построчный анализ тематических разделов позволяет выделить «активный слой» модулей.

Таблица 1. Информационно-модульная структура тома 1/ Володченко 2006/

Том 1 (Общество и государство)		
Nr./ Модули	Кол-во страниц	%
1. Карты	68,5	41,8
2. Текст	59,3	36,2
3. Диаграммы	11	6,7
4. Список источников	9,2	5,6
5. Фотографии	6	3,7
6. Схемы	4	2,4
7. Перечень/указатель	2,5	1,5
8. Таблицы	2	1,2
9. Пустые страницы	1	0,6
10. Космоснимки	0,5	0,3
11. Вкладыши	(3)	-
	164+ (3)	100

Таблица 2. Тематические разделы тома 1 /Володченко 2006/

Тематические разделы	Под- разделы	Кол-во страниц
1.Введение (S.5-27)	5	23
2.Германия в зеркале истории(S.28-53)	8	26
3.Германское государство сегодня(S.54-65)	5	12
4.Пространственное деление и планирование (S.66-77)	6	12
5.Германия – дифференцирован. общество(S.78-111)	10	34
6.Хозяйство и сфера труда(S.112-129)	7	18
7.Международные связи(S.130-143)	5	14
8.Приложение(S.144-162)	5	19
	51	158

Таблица 3. Синтаксический профиль тематических разделов

Тематические разделы	Стр.	Профиль
1.Введение (S.5-27)	23	
2.Германия в зеркале истории(S.28-53)	26	
3.Германское государство сегодня(S.54-65)	12	
4.Пространственное деление и планирование (S.66-77)	12	
5.Германия – дифференцированное общество(S.78-111)	34	
6.Хозяйство и сфера труда(S.112-129)	18	
7.Международные связи(S.130-143)	14	
8.Приложение(S.144-162)	19	

Таблица 4. Тематические разделы тома 1 с распределением карт по типам /Володченко 2006/

Тематические разделы	аналитич	комплексн	синтетич.
1.Введение (S.5-27)	7	1	1
2.Германия в зеркале истории(S.28-53)	32		4
3.Германское государство сегодня(S.54-65)	14		
4.Пространственное деление и планирование (S.66-77)	7		2
5.Германия – дифференцированное общество(S.78-111)	32		2
6.Хозяйство и сфера труда(S.112-129)	13	1	1
7.Международные связи(S.130-143)	11		3
8.Приложение(S.144-162)			
	116	2	13

Таблица 5. Упорядоченные модули по их количеству /Володченко 2006/

Тематические разделы (8)	Семиотические модули (1-11)										
	1	2	3	5	6	8	4	7	9	10	11
1.Введение	x	x	x	x	x	x				x	
2.Германия в зеркале истории	x	x	x	x	x						
3.Германия сегодня	x	x	x	x	x	x					
4.Пространст. деление и планирование	x	x	x	x	x	x					
5.Германия-дифференцированное общество	x	x	x	x	x	x					
6.Хозяйство и сфера труда	x	x	x	x	x	x					
7.Международные связи	x	x	x	x		x			x		
8. Приложения	x	x			x	x	x	x			
$\Sigma=48$	8	8	7	7	7	7	1	1	1	1	-

Информационно-семиотическая оценка атласов

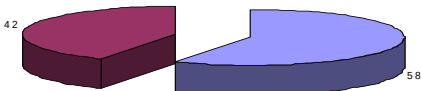
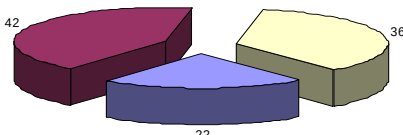
Вопросы методики подсчета и анализа количественной информации по атласам до недавнего времени не представляли особого интереса и внимания у картографов. Семиотические аспекты ограничивались, как правило исследованиями картографических знаков и карт. Сегодня можно констатировать, что (карто)синтактический подход по исследованию информационной нагрузки карт в 70–80-е годы прошлого столетия почти никто не вспоминает. Причины для этого разные и их рассмотрение не входит в рамки данной статьи.

Информационно-семиотическая оценка атласов и информационно-семиотическое кодирование потенциала атласов впервые были предложены в работе /Володченко 2006/ и имеют практическое значение. Пользователь может получить блиц-информацию о семиотическом содержании (в процентах) любого атласа, заглянув только на его первую страницу с выходными данными. Но такую информацию для любого атласа (аналогового или электронного, визуализируемого постранично) надо сначала рассчитать, т. е. провести семиотический анализ атласа. Для аналогового атласа информационной единицей (1 инф. ед.) считается одна страница, а все страницы атласа составляют 100 %. В зависимости от количества модулей в атласе и их комбинаций на страницах атласа, каждую страницу можно разбить на составные информационно-модульные части.

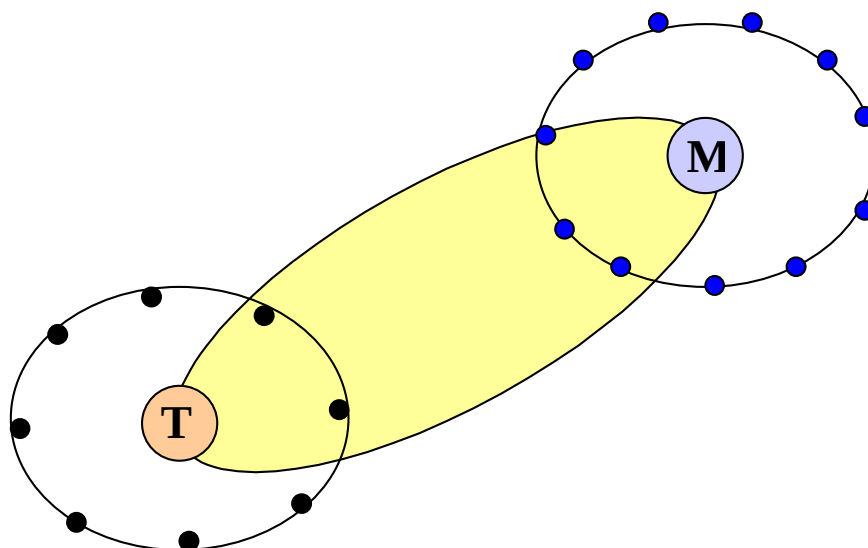
Модульное структурирование и анализ атласов имеет особое практическое значение для определения их семиотико-информационного потенциала. Такой потенциал получил название «семиотико-информационного показателя или СИП-таблица» /Володченко 2006/. Для тома 1 Национального атласа ФРГ некоторые такие СИП-таблицы представлены в табл. 6. Такие таблицы целесообразно помещать во всех аналоговых атласах на странице с выходными

данными, где пользователь получит блиц-информацию о семиотическом потенциале конкретного атласа.

Таблица 6. СИП-таблицы в комбинации с диаграммами для тома 1
Национального атласа ФРГ

Семиотический потенциал (100 %)		Семиотический потенциал (100 %)		
Карты	др. модули	Карты	Текст	др. модули
42%	58%	42%	36%	22%
				

Структурные модели атласов (например, монотематических, полуконплексных и конплексных) можно также изобразить с помощью семиотических схем-орбит. Такие схемы наглядно передают "орбитную архитектуру" любого атласа. В основу схемы положена орбита двух информационных частей атласа – модуля (М) и тематического раздела или тематики (Т). Каждая орбита-схема может сопровождаться или дополняться формулой для выражения семиотического потенциала (**Sp**) двух информационных частей – модуля (М) и тематики (Т). Семиотическая орбитная "архитектура" Национального атласа ФРГ (том 1) с 11 модулями и 8 тематическими разделами, дополненная формулой для выражения комбинационного семиотического потенциала (**Sp**) показана на рис. 2. Оценку семиотических характеристик можно сделать не только по отдельному атласу, но и серии или группе атласов.



$$Sp = 8T + 11M$$

Рис. 2. Семиотическая орбитная «архитектура» атласа ФРГ (том 1) /Володченко 2006/

Заключение

В данной работе описывается новый методический (Т-М)-подход относительно информационной нагрузки или потенциала атласов. Именно через атласы и их структурные и модульно-тематические особенности были высвечены новые направления картосемиотических исследований, например, картосемиотическое «портретирование» атласов, количественная оценка атласов и т. д.

Предлагаемые методические примеры представляют собой наработки, где впервые на стыке картографической семиотики и атласной картографии закладывается новая дисциплина – атласная картосемиотика. Сегодня еще рано говорить об оригинальности данных исследований, но их новаторский характер не вызывает сомнения. Атласная картосемиотика формируется и развивается на фоне прикладной картосемиотики. Ее практическая направленность в использовании и изучении разнообразных атласов (аналоговых и электронных) еще больше будет привлекать и картографов, и некартографов. Прикладная картосемиотика продолжает при этом, фокусировать свои исследования на совершенствовании методов использования и анализа разнообразных картосемиотических моделей.

Современное коммуникационное общество нуждается в компетентных картосемиотических знаниях, например, полученных с помощью аналоговых и электронных атласов. Это его культурный и интеллектуальный потенциал и атласная картосемиотика способствует его укреплению.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Володченко А. (2006): Атласная картосемиотика. Дрезден 2006.
2. Wolodtschenko, A. (1999): Kartosemiotische und konzeptionelle Aspekte der 90er Jahre. In: H.Schlichtmann und A.Wolodtschenko (Hrsg.), Diskussionsbeiträge zur Kartosemiotik und zur Theorie der Kartographie, Intern. Korrespondenz-Seminar, Band 2. Dresden 1999, 182p.
3. Wolodtschenko, A. (2007): Nationalatlas Deutschland: ein kartosemiotisches Porträt . In: H.Schlichtmann und A.Wolodtschenko (Hrsg.), Diskussionsbeiträge zur Kartosemiotik und zur Theorie der Kartographie, Intern. Korrespondenz-Seminar, Band 10. Dresden 2007, 75p.

© А. Володченко, 2009

УДК 528.92:004

Д.Ю. Махов, В.Н. Никитин, Е.Н. Кулик, Я.Г. Пошивайло, В.В. Загородний
СГГА, Новосибирск

ПОДГОТОВКА ТЕМАТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ В ИНТЕРАКТИВНЫХ СЕТЕВЫХ СЕРВИСАХ

D.Yu. Makhov, V.N. Nikitin, E.N. Kulik, Ya.G. Poshivailo, V.V. Zagorodniy
SSGA, Novosibirsk

PREPARATION OF SUBJECT INFORMATION FOR PROVIDING THE INTERACTIVE NETWORK

Geoportal - interactive cartographical Web service. Geoportal feature is the formation of documents containing information or thematic maps images of different content and purpose, created by means of interaction between the Web-site user and a specialized cartographical server.

В последние годы развитие интернет-технологий все в большей степени даёт возможность пользователям Сети использовать новые средства доставки информации, в том числе и пространственной. Сегодняшнего пользователя Интернета невозможно представить без использования картографических веб-сервисов. Существующие массовые интернет-картографические сервисы (Google Maps, Live Maps, Яндекс.Карты) позволяют быстро и качественно решать множество повседневных задач, предоставляя пользователям данные об интересующих инфраструктурах, маршрутах, пробках и др., однако назрела потребность в создании веб-сервисов, которые будут использовать информацию, поступающую из различных профессиональных источников, ориентированных как на пользователя, так и на использование в различных областях деятельности человека. Основной решаемой задачей в данной области является создание карт, представляющих географические данные в понятной, хорошо скомпонованной и читаемой, точной и удобной для восприятия и анализа информации форме. К тому же, накопленный СГГА картографический материал позволяет создавать тематические картографические сервисы для более глубокого анализа пространственных данных.

В качестве объекта для развития сетевых картографических сервисов была выбрана Новосибирская область (НСО), так как в настоящий момент региональный уровень практически не представлен в Интернете.

Разрабатываемый геопортал является социально-экономическим проектом, ориентированным на широкую аудиторию жителей Новосибирской области и предназначен для отслеживания общественной жизни области (новости НСО), содержит материалы, дающие представление об экономической и культурной привлекательности области, о ее

достопримечательностях и исторических памятниках. Информационные сервисы дорожной сети сделают доступными места отдыха и охотничьи угодья, оздоровительные комплексы и кемпинги.

Геопортал станет источником информации, местом общения, аналитическим инструментом (графическое представление информации – само по себе мощный способ анализа пространственных данных), способствующий инновационной привлекательности НСО.

Информацию, образующую содержимое геопортала, можно условно разделить на географическую основу и тематическую информацию. Такая основа создаётся, как правило, на базе топографических или обзорно-топографических карт и используется в основном для пространственной ориентации и привязки объектов к местности. Такая информация остаётся актуальной продолжительное время и не требует непрерывного обновления. В качестве географической основы для геопортала выбраны цифровые карты масштаба 1 : 200 000. Данные карты получены из обширного архива СГГА, сформированного в ходе выполнения научно-исследовательских и производственных работ.

Однако, при создании геопортала, зачастую главную роль выполняет не топографическая, а тематическая информация. Практически по всем своим характеристикам она существенно отличается от топографической. Тематическая информация, как правило, обладает высокой динамикой, требует постоянного обновления и дополнения. Она плохо структурирована, источники её получения децентрализованы, высока вероятность искажения картины в целом из-за пропусков. Поэтому вопрос мониторинга целевой информации является одним из ключевых при разработке тематических геопорталов.

Своевременно представленные качественные географические данные и услуги обеспечиваются широким спектром новых мобильных географических приложений, таких как:

1. Картирование (выдача карт) – карты городских и сельских районов помогают найти географические пункты.

2. Желтые страницы – электронные справочники, называемые географическими желтыми страницами, содержат разнообразную географическую информацию.

3. Выбор оптимального маршрута – перемещение из одной точки в другую является стандартной необходимой для многих задач, очень удачно решаемой с помощью основанных на Web географических служб.

4. Определение местоположения, анализ близости (соседства), геокодирование (адресный поиск).

Перспективным является охват потребителей регионального уровня с предоставлением высококачественной картографической продукции об объектах г. Новосибирска, Новосибирской области и других населенных пунктах и субъектах Сибирского федерального округа РФ, включая междугородние трассы.

В рамках геопортала возможно обеспечить геоинформационный анализ пространственных данных для целей:

1. Оценки местоположения/смежности с выдачей информационно-картографической справки;
2. Управления территориальными единицами (муниципальные ГИС – инженерные коммуникации, оперативные дежурные аварийных, пожарных служб, освещение улиц, вывоз мусора, служба озеленения – полив газонов; оптимизация и развитие транспортного развития и инженерной инфраструктуры);
3. Логистики, маркетинга и планирования (доставка товаров, маршрутизация, сети розничной торговли, сервис-центры);
4. Социально-географических исследований (демографический анализ, статистика, перепись, заболеваемость, экология);
5. Оптимизации самоорганизации горожан – современная система культурно-бытового обслуживания (привязка к отделениям связи, образования, медицины, администрации, пенсионного и социального обслуживания, жилищно-коммунального хозяйства, избирательным округам, противопожарной службы, УВД и т. д.).

Важно не только собрать необходимую информацию, но и донести её до пользователя. Наши специалисты обладают большим опытом проведения редакционно-издательских работ по выпуску традиционных карт, что позволяет достичь насыщенного и сбалансированного представления информации.

Особенностью функционирования геопорталов является преобладание растрового представления картографической информации над векторным. Весь картографический материал растрируется в нескольких базовых масштабах, после чего выполняется подготовка данных к публикации, настройка серверной части геопортала, отработка пользовательских запросов.

Особенностью разрабатываемой интерактивной сетевой среды является использование самых распространенных сетевых технологий и форматов данных, передаваемых по сети.

Геопортал может стать эффективным средством в оперативном получении географической информации, проведении фундаментальных и прикладных исследований и принятии решений в сфере управления территорией при условии своевременного обновления и пополнения содержательных данных портала.

Инновационной составляющей данного проекта является использование свободного программного обеспечения, использования технологий Java-программирования и пространственных индексов R-деревьев. Гибридизация данных технологий позволило увеличить скорость отображения web-сервисов без потери производительности и значительно сократить стоимость проекта. Модульность системы гео-портала позволит быстро подключать сервера с электронными картами других территорий.

Данный проект получил первую премию в конкурсе инновационных проектов в номинации «Актуальная инновационная идея», проводимым Администрацией Новосибирской области в 2008 году.

© Д.Ю. Махов, В.Н. Никитин, Е.Н. Кулик,
Я.Г. Пошивайло, В.В. Загородний, 2009

УДК 528.71:519.8

О.Б. Архипова

СГГА, Новосибирск

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СОЗДАНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ ВИДЕОСЦЕН ПО МАТЕРИАЛАМ АЭРОФОТОСЪЕМКИ И ЦТП МАСШТАБА 1:2 000

O.B. Archipova

Siberian State Academy of Geodesy (SSGA)

10 Plakhotnogo Ul., Novosibirsk, 630108, Russian Federation

INVESTIGATION OF THE POSSIBILITIES FOR THE DEVELOPMENT OF 3D VIDEOSCENES ON THE BASIS OF AERIAL PHOTOGRAPHIC SURVEY AND DTP OF 1:200 SCALE

Analysis of program products operating with aerial photographic survey materials and DTP, to be used for 3D DTM development.

В 60-х годах прошлого века начали активно развиваться методы математического моделирования объектов местности и их визуализация на экране монитора. Интерес к данному направлению объясняется высокой информативностью пространственного представления объектов местности в наиболее реалистичном виде, доступном для анализа.

Потребность в трехмерной визуализации информации возникает во многих областях деятельности: архитектуре, дизайне, строительстве, транспорте и т. д. Важное значение данное направление приобретает в решении задач мониторинга окружающей нас природной среды.

Появились новые цифровые геопространственные продукты получившие название 3D моделей, виртуальных моделей местности, 3D ЦММ и т. д. [1, 2, 3].

В настоящее время наиболее востребованы цифровые модели городов.

Для создания 3D ЦММ необходимы цифровые модели рельефа (ЦМР) и цифровые модели объектов (ЦМО). [4] Источниками информации для получения последних служат следующие данные:

- Дистанционного зондирования (материалы аэрофо- и космосъемки, лазерной локации, цифровой аэрофотосъемки, радиолокационной интерферометрии);
- Архивных картографических данных на бумажных носителях;
- Цифровых топографических карт и планов;
- Геодезии и инженерной геологии;
- Наземных фотографий зданий (фототекстуры).

В данной работе сделана попытка исследования возможности получения 3D ЦММ по материалам аэрофотосъемки - цифровым ортофотопланам.

Для этого был сделан анализ существующих программных средств, позволяющих возможности ввода и векторизации растровых изображений, размер которых не менее 1 НЛ масштаба 1:2000.

Перечень программных продуктов по необходимым критериям:

КБ «Панорама» «Карта-2005» предназначена для создания и редактирования электронных карт и решения прикладных задач. Система позволяет создавать векторные, растровые и матричные карты. Различные виды цифровых данных могут обрабатываться совместно или отдельно. Цифровые данные могут конвертироваться в разные форматы, преобразовываться из одного вида в другой. Отображение трехмерной модели местности и перемещение по ней в реальном масштабе времени. Выполнение анализа и расчетов по трехмерной модели местности: расчет площади объекта в соответствии с поверхностью рельефа, которую он покрывает; анализ направления стока талых и ливневых вод (затопление – осушение); оценка степени затопления территории при подъеме уровня воды в водоемах; вычисление запасов строительного материала (песок, глина) в пределах указанной территории; расчет объема земляных работ с использованием двух поверхностей рельефа (истинной, построенной по результатам топогеодезических изысканий и проектной, созданной на основе расчетных характеристик) и т. д. Отображение трехмерной модели местности: детальное изучение рельефа местности с наложением векторных и растровых карт (в том числе и ортофотопланов), управление освещенностью, детальностью изображения, масштабом и т. д. Различные режимы движения по модели, в том числе - автопилот. Настройка погодных условий и времени суток. Запись видеоизображения при навигации по трехмерной карте и воспроизведение созданного AVI-файла.

Конвертирование данных: Импорт из форматов SXF/TXF, Shape (ArcView), MIF/MID, S57 редакции 3, DXF/DBF, GRD (PHOTOMOD) в MTW, GEN. Конвертор в формат SXF/TXF, DXF-9, DXF-14/DBF, MIF/MID, Shape (ArcView), JPEG 24 бита на точку в формат RSW и обратно. Конвертор карты в PostScript. Конвертор атрибутов объектов в формат DBF. Конвертор векторной карты в бортовой формат TIM/TID. Сохранение изображения карты в форматах BMP, EMF. Сохранение растровой карты в PCX.[12]

Autodesk Map 3D 2007 предназначен для создания, обновления топографических планов, карт и трехмерных цифровых моделей рельефа (или других поверхностей). Высокопроизводительный механизм доступа к большим объемам данных, почти бесконечное число двунаправленных соединений и мощные возможности публикации готовых карт. Данная ПО предоставляет новые возможности доступа к данным, позволяющие пользоваться пространственными данными по всей организации, а также осуществлять операции чтения и записи с почти любыми реляционными базами данных и файловыми форматами. Поддерживаются распределенные базы данных, такие как ESRI ArcSDE и Oracle. Для хранения пространственных данных можно

использовать такие СУБД, как Microsoft SQL Server и MySQL; при этом не требуется никакого промежуточного ПО. Возможен прямой доступ и редактирование файлов ESRI SHP, доступ к растровым изображениям и работа с такими web службами, как Web Map Services (WMS) и Web Feature Service (WFS). Прямой доступ осуществляется без преобразования данных, что гарантирует их точность. Кроме того, в Autodesk Map 3D существует возможность импорта и экспорта данных для обмена ими с коллегами и заказчиками. Механизм FME взаимодействует со всеми основными продуктами ГИС. Таким образом, имеется возможность чтения, записи и преобразования таких общепринятых форматов, как покрытия ArcInfo, E00 из ESRI, MapInfo TAB, Microstation DGN, Generalized Markup Language (GML 2), Ordnance Survey MasterMap (DNF) (GML2, только чтение), Vector Product Format (VPF, только чтение) и Spatial Data Transfer Standard (SDTS, только чтение). После обработки данные можно сохранить в формате Autodesk Map 3D или экспортировать во внешний файл. Такие данные, как цифровые модели рельефа DEM и DTED и файлы ESRI GRID используются для анализа изменений угла наклона и положения. Комбинируя пространственные данные с аэрофотоснимками и векторными данными, можно создавать реалистичные трехмерные тонированные изображения [11].

AutoDesk VIZ 2008 – предназначена для трехмерного моделирования, визуализации проектов, подготовки презентационных материалов. Данная программа отличается мощным инструментом создания 3Д-моделей, высокой степенью реалистичности полученных изображений. Программа работает с форматами MID, MIF, SHP, форматы САПР, GOB [10].

Surfer (Golden Software) – предназначена для решения исследовательских и производственных задач, обучения, проектирования, где требуется определение объемов земельных работ и т.п. Основными возможностями данной программы можно считать обработку и визуализацию двумерных наборов данных, описываемых функцией типа $z = f(x, y)$, а логику работы с пакетом можно представить в виде трех основных функциональных блоков:

- Построение цифровой модели поверхности;
- Вспомогательные операции с цифровыми моделями поверхности;
- Визуализация поверхности.

Из особенностей данного продукта можно подчеркнуть работу с наборами данных, описываемыми одномерной и двумерной функциями, обработки и преобразование наборов данных X, Y, Z. Импорт из таких форматов как: ACSII[.DAT], SYLK [.SLK], Lotus[.WK1], Excel[.XLS]. Экспорт в: EPS, HPGL, DXF, WMF, CLP, SHP, PNG, 3D, DAT, GRD, PLT [9].

Талка (НПФ «ТАЛКА») – предназначен для создания на основе космических и аэрофотосъемочных материалов разнообразных ГИС-данных. Основными функциями данного продукта является обработка материалов аэрокосмоснимков, расчет ЦМР, создание цифровых ортофотопланов, фотопланов и фотосхем. К особенностям несомненно можно отнести: интерактивность фотограмметрической обработки, пакетный режим построения

ЦМР, развитый стереоредактор, наличие маршрутной схемы. Возможность проведения полного цикла обработки, от фотоснимков до готовых электронных и бумажных карт. Работает с такими входными данными как: космические и аэрофотосъемочные материалы IKONOS, QUICKBIRD, SPOT-5, DTED. Выходные форматы: DXF, MID/MIF, SHP, командный файл Microstation, Нева, Панорама [7].

GeoniCS РЕЛЬЕФ (НПЦ «ГЕОНИКА») - предназначен для моделирования нерегулярных, построение трехмерных моделей рельефа методом триангуляции. Из основных функций стоит отметить расчет триангуляции, редактирование уже построенной модели рельефа, построение горизонталей, построение трехмерных макетов застройки на трехмерном рельефе с автоматической посадкой здания на рельеф. Открытость и интеграция с другими пакетами, объединение ЦМР и ЦМС являются неоспоримыми преимуществами данного программного продукта. Входные форматы: RGD, TR1, DAT, XYZ, DWG, DXF. Выходные форматы: форматы AUTOCAD, систем Land Desktop, Eagle Point, CREDO, MID/MIF, SHP [8].

ArcGIS 3D Analyst. Назначение этого программного продукта заключается в 3Д визуализации, топографическом анализе и построении поверхностей. Основными функциями является создание и анализ поверхностей, трехмерная визуализация и, анализ видимости и переклассификация. Возможность реалистичного трехмерного моделирования и анализа. Запрос к 3Д данным интеграция различных типов данных является преимуществом данного продукта. Входные форматы: MID/MIF, SHP, форматы САПР, GOB. Выходные данные: EMF, Windows BMP, TIF, PDF, JPEG, CGM, GeoVRML [6].

SCANEX IMAGE PROCESSOR® современная технология для предварительной и тематической обработки спутниковых снимков, создания конечных продуктов – карт, физических индексов, моделей, а также экспорта данных в ГИС и системы обработки изображений. Из основных возможностей можно отметить:

- Пакетная обработка, визуализация и геометрическая коррекция растровых данных;

- Импорт/Экспорт растровых данных (Импорт более 20-ти графических форматов, а так же возможность загрузки RAW изображений, Импорт ЦМР в форматах Surfer GRID, ARCINFO ASCII GRID, USGS DEM, Импорт/Экспорт изображений с диапазоном значений от 8 до 64 бит на пиксель, Экспорт в распространенные графические и общепринятые форматы, с возможностью сохранения сопроводительных файлов привязки ESRI World File и Mapinfo TAB File);

- Классификация растровых изображений;

- Интерактивное создание тонально сбалансированных мозаик;

- Работа с векторными слоями;

- Обработка рельефа (возможность пакетной загрузки, коррекции и перепроецирования данных SRTM и GTOPO30 из указанного источника; исходные данные могут храниться в заархивированном виде, модуль

построения гидрологически корректных ЦМР по векторным данным, построение ЦМР по стереопарам сканерной съемки, Вычисление производных рельефа, вертикальный и горизонтальный градиент, классификация рельефа по Эвансу);

- Гидрологическое моделирование;

- 3D моделирование и визуализация (построение 3D моделей ландшафтов, построение моделей с различной степенью детальности, отображение в реальном времени созданных 3D моделей ландшафтов, интерактивное редактирование созданных трехмерных объектов, работа с атрибутивной информацией, хранящейся в базе данных 3D-векторных объектов, импорт 3D моделей в формате 3D Studio MAX, инструментарий для навигации и управления, запись видеороликов);

- Средства разработчика (SDK)(Возможность работы с изображением как с матрицей, использование более 40 стандартных математических функций, операторов и фильтров, возможность выполнения стерео обработки, выполнение радиометрической коррекции, возможность написания скриптов, возможность создания интерфейса пользователя (GUI) для скриптов с возможностью доступа к созданным скриптам через главное меню программы) [5];

Для экспериментальных работ использованы производственные материалы ортофотосъемки. Цифровые ортофотопланы масштаба 1:2000 получены средствами ПО РОТОМОД версия 3.52 (Ракурс, г. Москва).

В докладе приводятся результаты предварительного анализа возможностей будущей технологии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Важнейшие фундаментальные и прикладные проблемы геоинформатики. [Текст]/ И.А.Соколов, В.Н.Филатов, А.И. Мартыненко и др. // Геодезия и картография. –2006. –№11. – С. 47–56.

2. Основные проблемы пространственного представления местности в цифровых картографических изделиях. [Текст] / В.Н.Филатов, В.А.Авдеев, Р.С.Мухудинов, В.А. Радионов // Геодезия и картография. – 2007.–№4. –С. 35–38.

3. Журкин, И.Г. Технология трехмерного моделирования городских территорий на основе ГИС. [Текст]/ И.Г. Журкин, М.А. Баклыков, С.В. Еруков // Междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 225-летию МИИГАиК.Геоинформатика. – М., 2004. – С. 6–13.

4. Хлебникова, Т.А. Создание трехмерной модели местности по материалам аэрофотосъемки на ЦФС для использования в 3D –ГИС. [Текст]/ Т.А. Хлебникова, Н.И. Шушлебина // Геодезия и картография. – 2006. -№5. – С. 13–18.

5. Программный комплекс scanex [Электронный курс]. – Режим доступа: www.scanex.ru/ru/software/imageprocessor/index.html

6. Программный комплекс ArcGIS 3D Analyst [Электронный курс]. – Режим доступа: www.dataplus.ru/Forum/forum_posts.asp?TID=2737
7. Программный комплекс Талка [Электронный курс]. – Режим доступа: www.gisa.ru/1129.html
8. Программный комплекс geonics [Электронный курс]. – Режим доступа: www.rozmisel.ru/htm/soft_descr/geonics/reljef.htm
9. Программный комплекс Surfer [Электронный курс]. – Режим доступа: www.prodmag.ru/catalog/brand/37
10. Программный комплекс autodesk-viz [Электронный курс]. – Режим доступа: www.sapral.ru/products/autodesk-viz-new-extension
11. Программный комплекс Autodesk Map 3D [Электронный курс]. – Режим доступа: www.cadmater.ru/articles/35_map_3d_2007.cfm
12. Программный комплекс panorama [Электронный курс]. – Режим доступа: <http://www.gisinfo.ru/>

© О.Б. Архипова, 2009

УДК 528.91:556

А.В. Бобылев, Т.В. Бобылева

ЮУрГУ, Челябинск

ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ СЕТИ МАССОВОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА Г. ЧЕЛЯБИНСКА ДЛЯ ОБЩЕЙ ОЦЕНКИ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ

A. Bobylev, T. Bobyleva

South Ural State University (SUSU),

76 Lenin Av., Chelyabinsk, 454080, Russian Federation

CHELYABINSK PASSENGER TRAFFIC NETWORK GIS MAPPING FOR THE PURPOSE OF TRAFFIC FACILITIES ESTIMATION

Public transport network is the element of urban infrastructure. The efficiency of its monitoring determines the quality of the public transport work. The current research is directed to estimate the efficiency of GIS method of network analysis. The technology of graph construction as applied to the public traffic network is being worked out. Modern technologies of graph creation satisfy the demands of transport network digital coding. GIS mapping is useful for the purpose of the integral town planning estimation.

Массовый пассажирский транспорт является неотъемлемой частью общей транспортной сети любого города. Для городов с населением более 1 млн. чел., большой территорией, большим количеством мест массового приложения труда (крупные производственные объекты, объекты инфраструктуры) и неравномерным расселением населения относительно мест приложения труда уровень развития сети пассажирского транспорта, качество его работы имеют жизненно важное значение.

Челябинск, один из ведущих промышленных, транспортных и культурных центров Урала занимает площадь 500 кв.км (примерно $\frac{1}{2}$ площади Москвы). Особенности планировочной структуры города помимо топографии местности определяет специфика производств: металлургия, машиностроение, оборонные производства, большое количество объектов внешнего транспорта. Расположение производственных территорий, а также трассировка основных диаметров железнодорожного транспорта (5 магистральных направлений) определяют расчлененный характер планировки. Протяженность города по оси север-юг составляет более 35 км, а с запада на восток – более 20 км. В связи со значительной удаленностью мест производственных предприятий от жилых массивов, где проживают сотрудники особую важность приобретает качество работы транспорта.

Ежедневно горожанами совершается св. 1.6 млн. поездок внутри города. Число жителей использующих общественный транспорт превышает число горожан, пользующихся личным автотранспортом. Услуги по перевозке пассажиров предоставляют муниципальные перевозчики и частные операторы. Объем пассажирских перевозок распределен между трамваем, троллейбусом, автобусом и маршрутными такси. Первая очередь метрополитена находится в стадии строительства.

С целью управления транспортной системой города: движением автомобильного и массового пассажирского транспорта городскими транспортными службами ведется мониторинг транспортного обслуживания населения, по результатам которого осуществляются:

- Управление движения потоков автомобильного транспорта;
- Распределение пассажиропотока между частными и муниципальными перевозчиками;
- Распределение пассажиров, пользующихся муниципальным транспортом между различными его видами (канализование потоков).

Мониторинг транспорта позволяет:

- Оптимизировать работу массового пассажирского транспорта;
- Регулировать нагрузку на улично-дорожную сеть (в том числе для снижения аварийности);
- Снижать конкуренцию между различными видами транспорта за транспортные коридоры.

Данные мероприятия позволяют планировать перспективное развитие улично-дорожной сети и маршрутов массового пассажирского транспорта.

Учеными Южно-Уральского государственного университета также регулярно проводится работа по изучению потоков транспорта и движения пассажиров. Данная работа преследует главным образом научные цели:

- Разработка основ транспортного кадастра;
- Градостроительная оценка территории;
- Отслеживание изменения цен на объекты недвижимости.

Целью настоящей работы является создание геоинформационной системы, которая в дальнейшем являлась бы основой мониторинга, проводимого для оценки градостроительной ценности территорий. Кроме того, в исследовании проведена сравнительная оценка качества обслуживания населения г. Челябинска массовым пассажирским транспортом по состоянию на 2004 и 2008 гг. Поводом к проведению исследования стали снижение качества обслуживания населения массовым пассажирским транспортом, а также интенсивная автомобилизация.

В качестве картографической основы использовалась карта Челябинска масштаба 1:10 000 в условной системе координат с ограниченным объектовым составом. Карта совмещена со схемой экономических зон, на которые разделен

город. Для каждой из данных зон определен коэффициент градостроительной ценности. Схема зонирования имеет общепринятое использование: именно на ее основе специалистами администрации г. Челябинска устанавливаются основные экономические показатели территории: ставки аренды, кадастровая стоимость и т. д.

На основе схемы градостроительного деления город разбит на зоны:

- Центральную (с выделением административного центра, ядер делового центра, т.н. «сити»);
- Серединную (включает центры административных районов, объекты внешнего транспорта, производственные предприятия и учреждения);
- Периферийную (отдаленные населенные микрорайоны, поселки, включенные в городскую черту, садоводческие товарищества).

Для оценки состояния собственно сети массового пассажирского транспорта сформирован ее граф, в элементы которого заложены основные характеристики (скорость сообщения, число единиц транспорта, проходящих через данные элементы в часы «пик» и дневное время). Особое внимание уделено обработке узлов графа – конечных остановок транспорта, пересечений линий (с узловыми точками трех и более ребер), а также транспортных развязок. Наибольшую трудность в данной обработке представляют линии электротранспорта и их пересечений. Узлы сформированы в местах расположения стрелок трамваев и троллейбусов. Кроме того, сформированы узлы на неиспользуемых по действующей маршрутной сети поворотах на перекрестках, поворотах в депо, площадок обгона и стоянки подвижного состава, дополнительных разворотных петлях. Все линии с двухсторонним движением описываются в цифровом виде как отдельные ребра с заданным направлением.

В результате анализа статистических данных получены факторные (по каждому виду транспорта) и комплексные оценки (для всех видов транспорта) каждой из зон. На основании сравнения провозной способности всех линий транспорта, проходящих через ту или иную зону города по данным 2004 и 2008 гг. вычислены оценки. Все оценки были приведены к центрам зон.

В результате анализа оценок, а также общего состояния сети по картографическому материалу сделаны следующие выводы:

- В период за 2004 по 2008 гг. в Челябинске значительно возросла роль услуг частных перевозчиков;
- Усиление роли частных операторов происходит за счет снижения пассажиропотоков на всех видах муниципального транспорта (в меньшей степени трамвая, в большей степени – автобуса);
- В городе значительно сокращено движение муниципальных автобусов, на некоторых ранее магистральных направлениях автобус практически полностью заменен маршрутными такси;

– Рост числа горожан, использующих для поездок личный автотранспорт обусловлен в качестве одного из факторов уменьшением объема работы пассажирского транспорта;

– В результате оптимизации работы трамвайной сети, продления и изменения режима работы ряда маршрутов установлены беспересадочные связи между периферийными районами, ранее освоенные только частными перевозчиками;

– В целом обслуживание центральной части города осталось на уровне 2004 года, в срединной части качество транспортного обслуживания заметно снизилось, однако в большинстве периферийных районов произошли положительные изменения, главным образом благодаря введению беспересадочных частных маршрутов;

– Обслуживание пассажиров муниципальным транспортом в часы «пик» осталось практически на уровне 2004 года, однако в дневное время движение транспорт сокращается, что делает невозможным его использование для деловых поездок, в результате вынужденно возрастает интенсивность автомобильного движения.

Полученные данные, в том числе в виде оценок динамики качества обслуживания должны быть учтены при проектировании перспективного развития транспортной сети города. Одной из задач дальнейшего применения созданной основы геоинформационной системы авторы видят в установлении зависимости между динамикой качества транспортного обслуживания населения отдельных зон и уровнем цен на недвижимость в данных районах.

Дальнейшей задачей с позиции геоинформационного картографирования является развитие технологий автоматизированного создания графов сети транспорта и улично-дорожной сети, что приобретает особую актуальность в свете создания навигационных планов городов и будет иметь ценность для задач автомобильной навигации.

В последнее время развитие получают системы отслеживания движения транспорта на основе спутниковых технологий. В ряде городов внедряются подобные системы для оптимизации работы массового пассажирского транспорта. Картографическая основа для подобной диспетчеризации может быть реализована в виде графов, корректных с точки зрения топологии и представления транспортной ситуации.

© А.В. Бобылев, Т.В. Бобылева, 2009

УДК 528.91:556

А.В. Бобылев, И.О. Овчинникова, Н.С. Рассказова, О.Ю. Филиппова
ЮУрГУ, Челябинск

КАРТОГРАФИЧЕСКОЕ И ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ОБОСНОВАНИЕ ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО АСПЕКТА ПРИ СОЗДАНИИ СХЕМ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

A. Bobylev, I. Ovchinnikova, N. Rasskazova, O. Filippova
South Ural State University (SUSU),
76 Lenin Av., Chelyabinsk, 454080, Russian Federation

CARTOGRAPHIC AND GIS SUBSTANTIATION OF THE HYDROECOLOGIC ASPECT IN THE LIGHT OF MUNICIPAL PLANNING SCHEMES DEVELOPMENT

The municipal planning scheme development is one of the leading processes in the sphere of town-planning. The problems of water supply and sewerage are being solved at this stage. At that water must be proper to be used by the abstractors in the other areas. With the help of actual electronic maps and GIS technologies it turns possible to reveal dependence between the catchment area planning structure and the quality of water.

В настоящее время одним из основных направлений градостроительной деятельности на уровне муниципальных образований в составе субъектов Российской Федерации является создание схем территориального планирования. Градостроительный кодекс определяет состав территориального планирования:

- Установления функциональных зон;
- Планируемых объектов капитального строительства;
- Зон с особыми условиями использования территорий.

При создании схем территориального планирования на уровне муниципальных образований руководствуются:

- Существующей структурой поселений;
- Рационализацией пространственной структуры расселения населения и объектов приложения труда;
- Сложившейся структурой функционального использования земель.

В рамках составления схем территориального планирования проводятся работы по установлению использования межселенских территорий, а также территорий поселений, территории которых и являются центрами

хозяйственной деятельности. В последнем случае первоочередное значение имеет градостроительный подход: территория делится на зоны согласно принципам градостроительной деятельности. Обязательным условием процесса территориального планирования является также обеспечение возможности устойчивого развития не только рассматриваемой территории, но и сопредельных территорий.

В проведенной работе оценивалось влияние пространственной структуры объектов хозяйственной деятельности на ведущий природный фактор развития территорий – водные ресурсы. Целью исследования являлось установление зависимости между площадями, занимаемыми под различные функции хозяйственной деятельности и качественным составом загрязнителей. Соотношение площадей и расположение зон того или иного использования в рамках муниципалитета устанавливается при территориальном планировании. С этой позиции, территориальное планирование можно рассматривать как процесс непосредственного управления нагрузкой от хозяйственной деятельности на водные объекты. Исследование проведено на примере изучения воздействия объектов хозяйственной деятельности в зоне водосбора реки Миасс на участке от Аргазинского до Шершневского водохранилища.

Проблема достаточности и качества водных ресурсов является актуальной для поселений, входящих в состав Челябинской агломерации (1,4 млн. чел.) и промузла Челябинска. Основной артерией водоснабжения является река Миасс и созданное на ней Шершневское водохранилище. В течение ряда многоводных лет, связанных с преобладанием западного переноса воздушных масс, вопрос количества воды, необходимого для жизнедеятельности Челябинской агломерации острым не являлся. При этом остается открытым вопрос качества воды.

Качественный состав загрязнителей в Шершневском водохранилище формируют следующие стоки:

- С производственных территорий городов Миасса и Карабаша, которые расположены выше по течению;
- С территории водосбора р. Миасс в течении между Аргазинским и Шершневским водохранилищами (склоновый плоскостной сток);
- Склоновый плоскостной поверхностный сток с территории водосбора собственно водохранилища.

Анализ состава загрязнителей в Шершневском водохранилище показывает наличие металлов, в том числе тяжелых, что свидетельствует о воздействии стока с производственных территорий. Не менее значимый вклад вносят азот и фосфор, что говорит о влиянии на рассматриваемый водный объект стока с территорий сельскохозяйственного назначения, а также территорий сельских населенных пунктов [3]. Ранее установлено, что для юго-восточного Зауралья, где водосборные площади водных объектов в основном заняты под сельхозугодия, также характерно наличие значительного количества азота и фосфора в водных объектах [6].

Первоочередному исследованию подвергался участок территории водосбора реки Миасс от Аргазинского до Шершневского водохранилища, а также водосбор Шершневского водохранилища.

В исследовании нами использовался ГИС-анализ, существующие методики расчета нагрузки поверхностного стока на водный объект, методы математической статистики.

В качестве исходных данных о пространственной структуре процессов загрязнения использованы:

- Карты масштаба 1:200 000 с тематической нагрузкой по районам сельхозугодий, а также по водоснабжению муниципальных районов;
- Топографические карты 1:100 000;
- Карты более крупных масштабов, рассекреченные для использования в качестве основы схем территориального планирования;
- Космические снимки Ресурс-ДК, ALOS.

В качестве инструментария применялась ГИС «ПАНОРАМА» (Настольная ГИС, версия 10.2).

По топографическим картам 1 : 100 000 построением матрицы высот уточнялись границы территории водосбора р. Миасс. Далее проводилось зонирование территории согласно Земельному законодательству (межселенская зона) и Градостроительному законодательству (территория поселений). В результате выделены зоны, характеризующие воздействие водосборной площади (рис. 1).

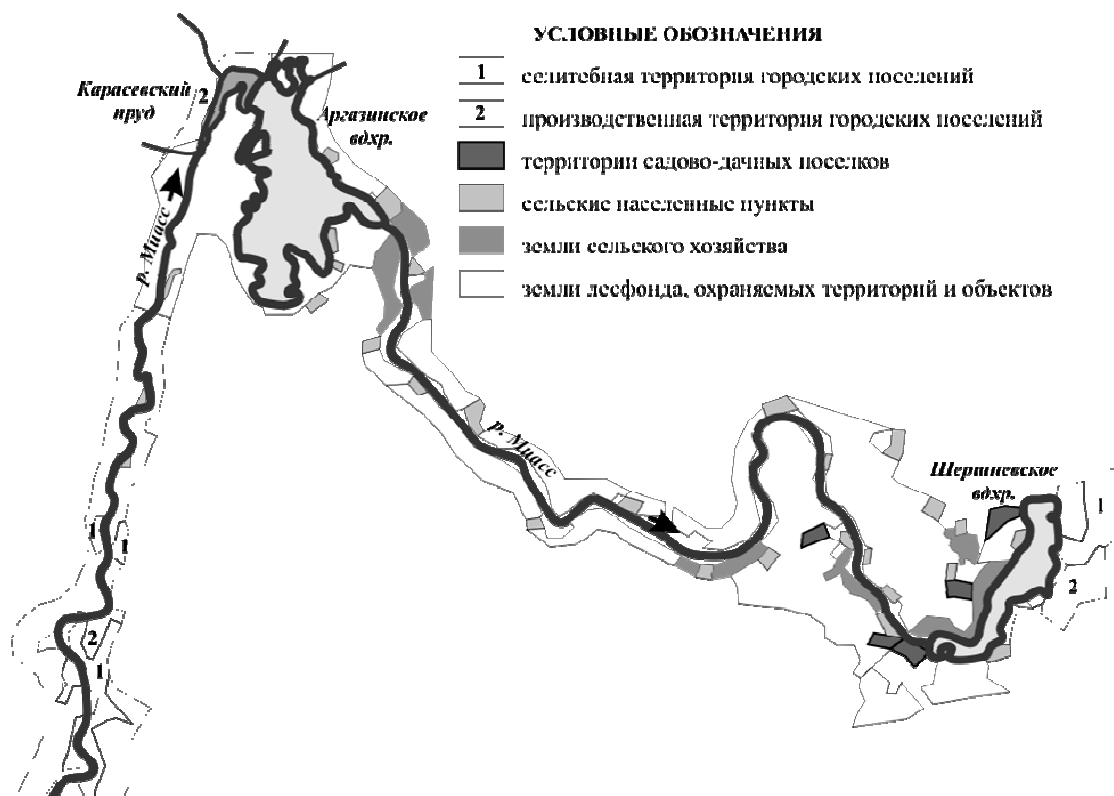


Рис. 1. Картограмма функционального зонирования территории водосбора реки Миасс

После первоначального проведения зонирования (первое приближение) границы всех выделенных зон были уточнены по материалам тематического картографирования, космическим снимкам и согласованы с водохозяйственной схемой реки, составленной на базе карты 1 : 200 000. На водохозяйственной схеме отражаются наиболее крупные народнохозяйственные объекты на территории водосбора, а также основные гидротехнические и водорегулирующие устройства. В составленное первоначально (по категориям законодательства) зонирование внесены значительные уточнения, подчеркивающие градостроительный подход. Отметим, что при анализе ситуации по космическим снимкам выявлено изменение функционального использования ряда территорий. Так, например, участки земли, использовавшиеся ранее в качестве сельскохозяйственных, в настоящее время оказались под индивидуальной застройкой сельского и дачного типа, уточнено положение мест складирования ядохимикатов.

В табл. 1 показано выявленное соответствие категорий земель согласно проведенному зонированию составу загрязнителей, характерных для стока с данной территории.

Таблица 1. Соответствие категорий земель и состава загрязнителей (согласно зонирования)

№ п/п	Наименование территории	Состав загрязнителей
1	2	3
1	Селитебная территория городских поселений	СПАВ, нефтепродукты
2	Производственные территории городских поселений	Металлы, нефтепродукты, фенолы
3	Территории садово-дачных поселков	Органические вещества, нефтепродукты и др.
4	Сельские населенные пункты	Органические вещества, СПАВ, нефтепродукты
5	Земли сельского хозяйства	Органические вещества, фосфор, азот
6	Земли объектов инфраструктуры	Нефтепродукты, СПАВ, металлы

В результате картометрических операций установлена также связь между общей площадью тех или иных территорий в соответствии с зонированием и составом основных загрязнителей в замыкающем створе:

$$Q_{загр} = \sum f_{ст}(F_i) + f_{разб}, \quad (1)$$

где $Q_{загр}$ – состав загрязнителя в замыкающем створе;

$f_{ст}(F_i)$ – характеристика стока (F_i – рассматриваемая площадь, см. табл. 1);

$f_{разб.}$ – характеристика разбавляющей способности водного объекта.

Количество загрязнителей с учетом зависимости (1) пропорционально площади территории, сток с которой содержит данный загрязнитель ($Q_{загр} \sim F_i$).

Таким образом, характеристиками, которыми можно управлять, воздействуя тем самым на состав загрязнителей, являются площадь

функциональной зоны в границах водосбора водного объекта как структурная единица, а также собственно функциональное назначение самой зоны.

Согласно Градостроительного кодекса а также Постановления Правительства РФ О порядке подготовки и согласования проекта схемы территориального планирования Российской Федерации от 23 марта 2008 года № 198 работы по созданию схем территориального планирования должны проводиться на цифровой топографической основе, тем самым фактически исключается возможность использования растровых электронных карт. Авторы также отмечают, что картографическая основа должна быть предварительно обновлена. Использование устаревшей картографической основы может привести к некорректному определению общего функционального назначения территории, даже на уровне схемы. Согласно Градостроительной документации для составления схем территориального планирования муниципальных образований используются топографические карты масштаба 1:25 000. На практике же в случае отсутствия возможности использования цифровой актуальной топографической основы рекомендуется в качестве обязательного справочного материала использовать актуальные данные дистанционного зондирования, особенно при определении использования земель в границах водосборной площади.

При создании схем территориального планирования рекомендуется использовать совместно градостроительный и гидроэкологический подходы с целью управления качеством водных ресурсов на данной территории. Наряду с указанными подходами рекомендуется применение бассейнового принципа, позволяющего учитывать интересы водопользователей, находящихся по течению реки ниже территории, на которую составляется схема территориального планирования. Использование бассейнового принципа при взаимной увязке схем территориального планирования будет способствовать устойчивому развитию каждого муниципального образования в составе региона. Увязка конечных картматериалов по схемам планирования аналогично сводке в картографии должна быть осуществлена в обязательном порядке. В качестве управляющих характеристик состояния объектов гидрографии рекомендуется использовать размеры площадей под определенными видами деятельности в зависимости от величины негативного воздействия на акваторию с единицы площади водосбора с целью их регламентирования, а также установки квот на размещение объектов на территории водосбора. Подобное управление нагрузкой на водные объекты может обеспечить устойчивое развитие территорий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Градостроительный кодекс РФ. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2008 г.
2. Земельный кодекс РФ. – М.: Омега-Л, 2007 г.
3. Кривопалова, З.Ф. Методические рекомендации по выбору водоохранных мероприятий в зоне сельскохозяйственного освоения. / З.Ф. Кривопалова, Н.П. Федулова, Г.В. Танаева. – Челябинск, 1986.
4. Водный кодекс РФ. – М.: Экзамен, 2008.

5. Законнов, В.В. Осадкообразование в водохранилищах Волжского каскада: Автореферат / В.В. Законнов. – М., 2007.

6. Малаев, А.В. Влияние ландшафтной структуры водосборов озер юго-восточного Зауралья на вынос биогенных веществ в водоемы / А.В. Малаев // Материалы всероссийской научно-практической конференции «Региональные эколого-географические исследования и инновационные процессы в образовании». – Екатеринбург, 2006. – Ч. 1. – С. 121–124.

© А.В. Бобылев, И.О. Овчинникова, Н.С. Рассказова, О.Ю. Филиппова, 2009

УДК 528.9

Ю.В. Гаврилов, О.Н. Николаева, Л.А. Ромашова

СГГА, Новосибирск

ОБ ОПЫТЕ И РЕЗУЛЬТАТАХ СИСТЕМНОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ НОВОСИБИРСКА

Yu.V. Gavrilov, O.N. Nikolayeva, L.A. Romashova

SSGA, Novosibirsk

EXPERIENCE AND RESULTS OF NOVOSIBIRSK ENVIRONMENT SYSTEM MAPPING

The problem of making ecological maps series of Novosibirsk territory is considered. The prospects for further practical use of the work results are shown.

Новосибирск является одним из важнейших промышленных центров Сибири, в пределах которого сосредоточены несколько сот промышленных предприятий, относящихся ко всем основным отраслям народного хозяйства. Наряду с этим Новосибирск, в силу своего географического положения, представляет собой крупнейший в Сибири транспортный узел, через который непрерывно следует мощный поток автомобильного и железнодорожного транспорта. Столь интенсивное использование территории города не может не сказываться на экологическом состоянии города.

Согласно «Справке о состоянии загрязнения природной среды на территории деятельности Западно-Сибирского Управления Гидрометеослужбы в 2008 году», уровень загрязнения атмосферы в среднем по городу был оценен как высокий с преобладанием таких загрязняющих веществ как фенол и пыль. Также отмечались многократные превышения ПДК загрязняющих веществ в малых реках города (Плющиха, Каменка, Ельцовка-2).

Руководящими органами города неоднократно отмечалась необходимость разработки мероприятий по охране и восстановлению состояния окружающей среды Новосибирска. Эффективное планирование и внедрение природоохранных мероприятий затруднительно без использования соответствующего картографического обеспечения, наглядно отображающего распределение по территории Новосибирска источников выбросов вредных веществ и зон загрязнения.

В лаборатории медико-экологического картографирования при кафедре картографии и геоинформатики СГГА в течение нескольких последних лет интенсивно ведутся научно-исследовательские и практические работы по созданию серии экологических карт на г. Новосибирск. К указанным работам ежегодно привлекаются студенты старших курсов, осуществляющие дипломное проектирование на кафедре картографии и геоинформатики.

Основной методологический принцип при проектировании данной серии карт состоит в структурировании и распределении тематической информации в соответствии с характером загрязняемого природного компонента и типом загрязнения. Логичность построения и внутреннее единство карт серии достигается за счет системного подхода к использованию к проектированию всей серии карт, согласования карт в отношении картографической основы, масштаба, компоновок, знаковых систем, принципов генерализации и оформления. Исходя из этого, разработанная серия складывается из следующих карт, выполненных на г. Новосибирск:

- «Общее загрязнение воздушного бассейна»;
- «Загрязненность воздушного бассейна от стационарных источников»;
- «Состояние водных объектов»;
- «Загрязнение почв»;
- «Техногенные радиоэкологические факторы»;
- «Природные радиоэкологические факторы»;
- «Электромагнитное и шумовое загрязнение»;
- «Загрязнение снежного покрова»;
- «Градостроительная ситуация и уровень экологического риска на территории».

Все экологические карты, входящие в данную серию, составлены в масштабе 1:32 000. Этот масштаб позволяет дать достаточно подробное и наглядное размещение экологически опасных объектов и явлений по городу.

Все карты по своему содержанию получились весьма информативными, с достаточным набором показателей отображаемых на картах объектов и явлений, обеспечивающих последним в целом комплексную характеристику. На картах были применены как простые, так и комплексные показатели, позволяющие выполнить районирование территории по тем или иным признакам. Каждый показатель на карте отображается самостоятельно. При этом информативность многих карт расширена за счет применения дополнительных диаграмм и графиков, размещенных на свободных полях карт.

Оформление карт обеспечивает гармоничность и цветовое разнообразие условных обозначений карт и их наглядность, легкую читаемость, доступность для понимания их потребителю. Системы условных обозначений карт, разработанные с учетом законов семиотики, реализованы в среде графического редактора CorelDraw.

Дальнейшее научно-практическое использование созданной серии карт заключается в разработке и создании экологического атласа на г. Новосибирск. В последнее время интерес к атласам возрос в связи с внедрением компьютерных технологий, позволяющих оперативно создавать картографические произведения. Современные геоинформационные системы любого уровня и назначения включают разнообразные ГИС-атласы в виде серий карт.

В настоящее время в лаборатории медико-экологического картографирования ведутся работы по разработке математической основы экологического атласа на г. Новосибирск и его структуры по разделам карт. Кроме того, ставятся задачи по унификации легенд карт атласа и по решению задач генерализации их содержания. Такой атлас позволит систематизировать и комплексно оценить экологическое состояние территории города и его влияние на здоровье населения, обосновать рациональное размещение промышленных предприятий, селитебных территорий, зеленых зон; разработать рекомендации по улучшению условий жизни населения и охране окружающей среды. В перспективе экологический атлас г. Новосибирска может вполне стать базой данных для разработки информационной картографической системы экологического состояния территории.

© Ю.В. Гаврилов, О.Н. Николаева, Л.А. Ромашова, 2009

УДК 528.7

Г.А. Гиенко

Южнотихоокеанский университет, Фиджи

А.Я. Гиенко

Специальное конструкторско-технологическое бюро «Наука» КНЦ СО РАН,
Красноярск

М.О. Говоров

Университетский колледж Маласпина в Nanaimo, Британская Колумбия, Канада

ЭТАЛОНИРОВАНИЕ ГЕОПРОСТРАНСТВА ДЛЯ ИНТЕРПРЕТАЦИИ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ И ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ

G. Gienko

University of the South Pacific, Fiji

A. Gienko

Russian Academy of Science, Krasnoyarsk Scientific Center, Krasnoyarsk

M. Govorov

Malaspina University-College, Nanaimo, British Columbia, Canada

GEOSPATIAL GROUND TRUSTING FOR ENVIRONMENTAL MAPPING AND IMAGE INTERPRETATION

For many decades remote sensing specialists and cartographers widely use remotely acquired imagery provided by variety of Earth-observation systems. Multispectral sensing had led to development of automated classification systems, suitable for low-resolution image analysis. Modern cameras provide very high resolution images which revive classical manual image interpretation and stimulate rapid development of hybrid image analysis. The paper discusses value of ground truth photographs for hi-resolution image analysis and elaborates on issues of their effectiveness for visual and hybrid interpretation of remotely sensed imagery.

Разнообразие и легкость доступа к материалам аэро- и космической съемки, совершенствование методов цифрового получения, передачи и обработки визуальной информации являются несомненно позитивным фактором, способствующим широкому использованию гео-изображений во многих системах геоинформационного картографирования.

Одним из принципиальных этапов геоинформационного картографирования является извлечение информации из материалов съемки путем интерпретации изображений с целью распознавания природных и техногенных образований – дешифрирования снимков. Результатом работ по интерпретации снимков является расшифровка аэрокосмических изображений с указанием экологических характеристик объектов и участков геопространства,

обычно представляемая в виде схемы дешифрирования. Существуют различные методы дешифрирования, определяемые видом съемки, масштабом (разрешающей способностью), спектральным диапазоном, возможностью проведения полевых обследований и прочее. Одним из методов является дешифрирование с использованием эталонных изображений. Дешифровочные эталонные изображения представляют собой изображения фрагментов геопространства, которые содержат интересующие исследователя предметы, явления или процессы, наблюдавшиеся в момент съемки.

Восприятие панхроматических, цветных и мультиспектральных геопространственных изображений высокого пространственного разрешения, получаемых современными съемочными системами, отличается от восприятия окружающей среды с поверхности в трех важных аспектах:

- 1) Объекты запечатлены с высокой и непривычной для человеческого глаза позиции,
- 2) Изображения получены в мелких масштабах с высокой степенью оптической генерализации, непривычной для обыденного зрения,
- 3) Изображения часто регистрируются в спектральных зонах за пределами видимой зоны спектра, что вызывает затрудненное и часто неадекватное восприятие и идентификацию объектов.

Наряду с автоматической и полуавтоматической классификацией изображений с использованием компьютеров, классическое визуальное распознавание и дешифрирование объектов широко используется для дешифрирования крупномасштабных аэрофотоснимков. Более того, с появлением космических снимков сверхвысокого разрешения проявляется все большее их использование в различных научных и прикладных отраслях. В этой связи наблюдается существенный интерес к использованию визуального и особенно гибридного методов дешифрирования, основанных на комбинировании технологий автоматизированного анализа и визуальной интерпретации изображений.

Наземные полигоны и интерпретация аэрокосмических изображений

Интерпретация аэро- и космических изображений может быть подразделена на две основные категории – визуальное дешифрирование и автоматическое распознавание объектов с использованием компьютеров. Гибридный подход сочетает преимущества визуального и автоматического дешифрирования и интенсивно используется для интерпретации крупномасштабных изображений высокого разрешения. Эти широко обозначенные методы могут быть детализированы вглубь и вширь, однако принципиальным моментом является тип задач, решаемых оператором на различных этапах процесса обработки и анализа изображений. Независимо от метода интерпретации изображений, процесс, как правило, вовлекает оценку качества выполнения идентификации и распознавания объектов.

Оценка точности определяет качество извлечения информации из данных дистанционного зондирования. Оценка качества является довольно хорошо проработанной и глубоко изученной темой. Качество дешифрирования может

определяться как количественными показателями, так и качественной оценкой. В то время как качественное оценивание является в основном мерой достаточно субъективной, количественное оценивание выполняется на основе применения методов статистического анализа выборки, как правило, со ссылкой на достоверные данные, полученные других источников информации (крупномасштабное изображение, тематические карты, и прочее) или из результатов полевого обследования. В последнем случае предполагается, что наземные данные являются абсолютно достоверными [Buckland and Elston, 1994, Congalton and Green, 1999, Nishii and Tanaka, 1999, Liu *et al.*, 2007]. Для оценки качества дешифрирования необходимо выполнение условия точной геопространственной привязки объекта на местности и дешифрируемого изображения [Steven, 1987, Campbell and Browder, 1995, McCoy, 2005].

Кроме оценки качества, наземные полигоны широко и успешно используются как для отработки различных признаков дешифрирования [Paine and Kiser, 2003, Lillesand and Kiefer, 2004, Dahdouh-Guebas *et al.*, 2006], так и для создания эталонных изображений, на которых объекты на изображении идентифицированы из полевых обследований [Remote Sensing Guides, 2008, Zion National Park, 2008]. Этот метод, однако, страдает определенными недостатками. Объекты, идентифицированные на конкретном изображении, полученные определенной съемочной системой при определенных условиях съемки, могут не иметь таких же признаков на снимках, полученных в другое время или изображениях, полученных сенсорами другого типа. Однако если такое эталонное изображение содержит дополнительную визуальную и текстовую информацию о состоянии объекта на местности, оно становится наиболее точным и достоверным источником информации и может быть применимо практически для любого типа аэрокосмических изображений, независимо от спектрального диапазона, масштаба, и даты выполнения съемки.

Другая важная область применения наземных полигонов - взаимная калибровка различных сенсоров и систем дистанционного зондирования [Thu and Populus, 2007, Backes and Jacobi, 2006, Johnson *et al.*, 1996, Teillet *et al.*, 2006, Steven *et al.*, 2007].

Наземные фотографии как замена натурных наблюдений

В то время как вопросы визуального восприятия естественных ландшафтов в архитектуре и ландшафтном дизайне посредством фотографий широко изучены и представлены в литературе, [Stamps, 1990, Hunt, 1984, Shang and Bishop, 2000], применение наземной фотосъемки для имитации естественных полевых наблюдений в картографировании и изучении окружающей среды изучено намного меньше [Cherem and Driver, 1983, Herzog, 1989].

Исследования Стюарта [Stewart *et al.* 1984] указали на слабость эмпирических разработок в этой области и предложили новый метод оценивания пригодности наземных фотографий для замены натурных наблюдений в изучении окружающей среды, однако ограничили их исследования визуальной оценкой качества атмосферы, в основном для целей метеорологии. В 1992 году Хендерсон опубликовал детальное теоретическое исследование визуально-когнитивного процесса восприятия естественных ландшафтов [Henderson, 1992].

Основное внимание в работе было уделено определению семантических категорий сцены, объектов, составляющих сцену, а также пространственных отношений элементов сцены.

Научное обоснование уровня применимости наземных фотографий как замены естественных природных наблюдений для целей интерпретации изображений дистанционного зондирования должно выполняться на основе детального изучения психофизиологических особенностей человеческого зрения применительно к восприятию аэрокосмических изображений, однако, исследования в этой области находятся на начальном уровне [Lowe, 1985, Hoffmann and Markman, 2001, Gienko and Chekalin, 2004, Gienko and Levin, 2007]. Тем не менее, несмотря на существующие теоретически важные существенные различия между реальными наблюдениями трехмерного объекта и рассматриванием его фотокопии, в практической деятельности наземные фотографии могут быть и успешно применяются при интерпретации аэрокосмических снимков как вынужденная альтернатива реальному полевому обследованию.

Ценность наземных фотографий для интерпретации изображений

Ценность наземных фотографий для интерпретации изображений существенно варьируется в зависимости от многих методологических и технических факторов, включая следующие:

- Геометрическая точность координатной привязки точки фотографирования;
- Визуальная достоверность передачи реального объекта;
- Детальность и корректность аннотации к изображению;
- Метод, которым получен наземный снимок;
- Масштаб и пространственное разрешение изображения, подлежащего дешифрированию;
- Метод интерпретации аэрокосмического изображения.

Геометрическая точность координатной привязки имеет непосредственное отношение с масштабом аэрофотоснимка, или пространственным разрешением изображения в цифровой форме. Поскольку точность GPS приемников не геодезического назначения находится в пределах 7–15 метров, необходимым условием наземного фотографирования является правильный выбор точки съемки. Как правило, место съемки выбирается в пределах относительно однородного ландшафта в пределах относительно большой области. Понятие «относительно однородный ландшафт» является довольно субъективным, однако размер зоны может быть определен исходя из пространственного разрешения снимков Ландсат (30 метров) и размера минимального распознаваемого объекта в пикселах на цифровом изображении (3x3 пиксела). Основываясь на этих данных, минимальный размер 100x100 метров может быть рекомендован как критерий выбора однородно ландшафтной зоны для целей выполнения наземной съемки.

Важность геометрических требований к координатно-географической привязке в связи с размером пиксела на цифровом аэрокосмическом изображении может быть проиллюстрирована следующим примером. На космическом снимке Landsat ETM+ были выбраны два смежных пиксела, для которых построены соответствующие спектральные кривые. Значения спектральных откликов в численной форме и графическом виде приведены на рисунке 1. Как видно из приведенных данных, значения спектральных откликов почти идентичны во всех каналах, за исключением каналов 5 и 7 (825.00 nm and 918.75 nm соответственно).

Канал	Длина волны nm	Спектральный отклик	
		пиксел 1	пиксел 2
1	450.00	53	49
2	543.75	36	34
3	637.50	31	24
4	731.25	69	65
5	825.00	54	20
7	918.75	34	11
6a	1012.50	118	117
6b	1106.25	125	125
8	1200.00	27	19

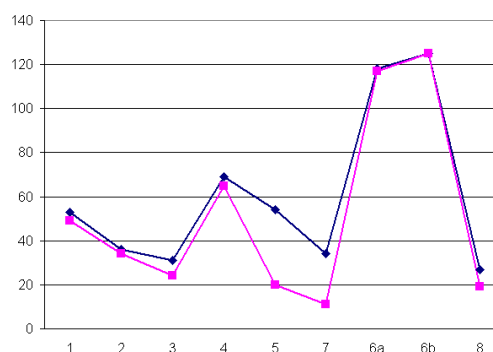


Рис. 1. Спектральные отклики двух смежных пикселов на снимке Landsat ETM+

Далее, эти два смежных пиксела были использованы для автоматической интерпретации по методу управляемой классификации. Как видно на рисунке 2, эти два пиксела сформировали два четко идентифицируемых отдельных кластера, свидетельствуя, что эти два пиксела не являются вариациями спектральных отражений в пределах одного статистически однородного класса, а представляют два отдельных и однозначно идентифицируемых классов природных объектов местности. Следовательно, если координаты точки фотографирования наземного снимка будут определены с недостаточной точностью, результаты классификации будут интерпретированы некорректно.

Изобразительная детальность и достоверность наземного снимка, наряду с методом выполнения наземной съемки, должны обеспечивать максимальную адекватность визуального восприятия наземной фотографии реальному наблюдению на местности. Разрешение цифровой камеры, используемой для наземной съемки, должно быть достаточно высоким чтобы обеспечивать четкое и детальное изображение объектов, не оставляющих пользователю колебаний в опознавании объекта при рассматривании наземной фотографии. Несмотря на то, что большинство современных камер позволяют выполнять съемку в автоматическом режиме, балансируя выдержку и диафрагму для получения оптимальной экспозиции, фотографическое качество снимков все еще сильно зависит от восприятия фотографом сцены и освещения (особенно в случае яркого неба или фотографирования против света).

Детальность и корректность аннотации к изображению является ключевым аспектом, определяя ценность всей концепции использования наземных фотографии. Значимость фотографии существенно снижается, в случае недостаточно полной, или, что еще хуже, некорректного описание наземного объекта.

Выбранный метод интерпретации изображения определяет тот или иной подход к использованию наземных фотографий. В визуальном дешифрировании аэрофотоснимков и космических снимков высокого разрешения, наземные снимки могут быть непосредственно использованы как замена натурным наблюдениям. Количество фотографий, их пространственная ориентация и площадь покрытия наземного полигона должны создать визуальное окружение, наиболее близко соответствующее реальному восприятию сцены.

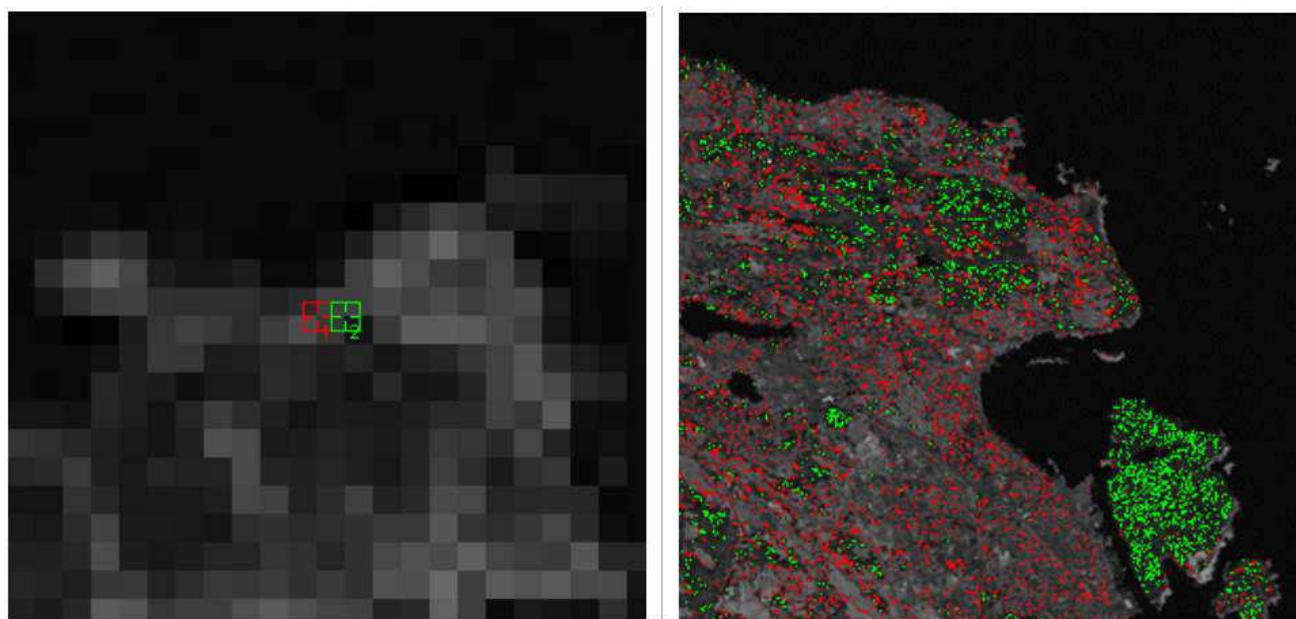


Рис. 2. Два смежных пиксела на снимке Landsat ETM+ (канал 5, с увеличением 16х) и соответствующие результаты автоматической классификации, наложенные на исходный снимок (канал 5, с увеличением 4х)

В случае автоматической классификации мульти- и гиперспектральных изображений координаты наземного тест-объекта могут быть использованы для вычисления координат конкретного пиксела (или группы пикселей) на цифровом снимке, который будет использован как стартовая точка для инициализации алгоритма классификации. Окончательное принятие решения о присвоении определенного класса выделенному кластеру пикселей изображения может быть сделано, как и в методе визуального дешифрирования, путем анализа всей сцены отображенной на наземном снимке.

Экспериментальная оценка эффективности наземных фотографий для интерпретации аэрокосмических изображений

Несмотря на интуитивно-очевидное представление полезности наземных фотографий для интерпретации аэрокосмических изображений, количественно оценить уровень этой полезности достаточно сложно. Прямое сравнение

результатов дешифрирования с использованием наземных фотографий и без них, может не быть полностью объективным вследствие сильной корреляции с опытом конкретного дешифровщика и знакомство с особенностями той или иной территории. Тем не менее, такой анализ может иллюстрировать общую тенденцию изменения степени уверенности дешифровщика в идентификации объектов на аэрокосмических изображениях – нижеприведенные результаты экспериментальных исследований могут служить вполне очевидным тому доказательством.

Для проведения экспериментов был подготовлен набор из 10 космических изображений различных регионов мира, отражающие различные географические зоны и природные ландшафты, – лесные массивы, сельскохозяйственные поля и угодья, а также пустынные области (табл. 1). Для сравнительного изучения влияния масштаба и пространственной генерализации были использованы снимки с различным пространственным разрешением – от 1 до 30 метров.

Таблица 1. Характеристики тестовых областей, космических изображений и наземных фотоснимков

Полигон	Регион	Широта	Долгота	Разрешение	Дата наземной съемки
A	Бенин	11N	01E	30 m	12-Мар-02
B	Филлипины	11N	125E	1 m	30-Дек-03
C	Индия	12N	76E	1 m	28-Фев-04
D	Египет	24N	28E	30 m	18-Ноя-07
E	Индия	29N	76E	1 m	10-Ноя-02
F	Аргентина	34S	65W	30 m	7-Авг-04
G	Теннесси, США	35N	85W	1 m	20-Фев-08
H	Новая Зеландия	42S	172E	1 m, 30 m	27-Окт-05
I	Монголия	49N	91E	1 m, 30 m	4-Сен-07
J	Швеция	59N	18E	1 m	29-Апр-07

Геопривязанные наземные фотографии были скачаны с сайта проекта The Degree Confluence Project (www.confluence.org); на каждом полигоне были получены снимки в четырех направлениях (север, восток, юг, запад); в дополнение, на некоторых тестовых участках была выполнена панорамная съемка. Для проведения экспериментальных исследований были сформированы три группы пользователей аэрокосмической информации:

1) Профессиональные дешифровщики изображений – 6 экспертов с опытом от 10 до 30 лет,

2) Слушатели курсов повышения квалификации на базе высшего образования (переквалификация на специальность ГИС и дистанционное

зондирование) – 18 слушателей курсов, имеющих общегеографическое образование, но без реального опыта дешифрирования снимков,

3) Студенты второго года обучения географического ВУЗа, изучающие семестровый курс «Аэрокосмические съемки» – 40 студентов, без достаточных знаний и опыта дешифрирования.

Эксперимент был выполнен в три этапа, на каждом из которых пользователям последовательно увеличивался доступ к дополнительной информации. Исходные данные включали:

Этап 1. Космические снимки без указания координат или какой-либо информации;

Этап 2. Название географического региона и координаты центра снимка (дополнительно к данным первого этапа);

Этап 3. Наземные фотоснимки (дополнительно к данным второго этапа).

Пользователи должны идентифицировать объект на космическом снимке (объект помечен маркером) последовательно на всех космических снимках и оценить уровень уверенности в идентификации объекта на каждом из трех этапов эксперимента. В табл. 2 показаны статистические результаты эксперимента; рис. 3 представляет их графическую иллюстрацию.

В то время как абсолютные значения степени уверенности должны быть интерпретированы с некой долей осторожности (к примеру, у новичков прослеживается явная тенденция переоценки степени уверенности, в то время как эксперты «осторожничают» и занижают эти значения), проведенный эксперимент подтверждает гипотезу о повышении уровня достоверности дешифрирования с использованием наземных фотографий. Предварительная количественная оценка показывает повышение уровня самоуверенности на 25–30 %.

Таблица 2. Динамика степени уверенности идентификации объектов

Уровень экспертизы	Количество участников	Уверенность и стандартное отклонение, %		
		1 этап	2 этап	3 этап
Эксперты	6	68.9	76.1	93.7
		8.5	6.9	6.1
Средний	18	52.4	62.4	89.9
		23.0	17.1	11.0
Новички	40	42.2	51.3	80.8
		23.6	23.3	16.7

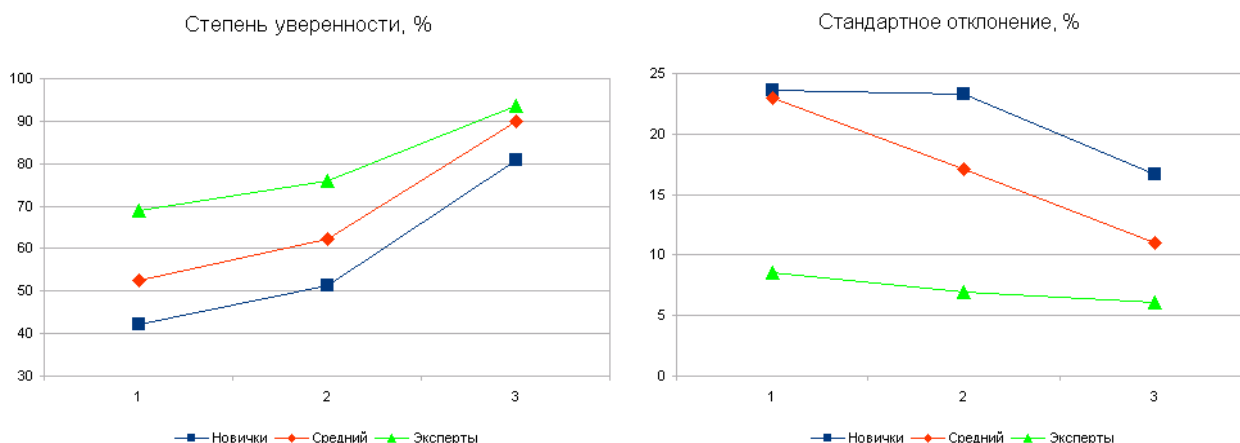


Рис. 3. Степень уверенности и стандартное отклонение идентификации объектов в зависимости от наличия географической информации о регионе и наземных фотографий объекта

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Backes, M., and J. Jacobi., 2006. Classification of weed patches in Quickbird images: verification by ground truth data EARSel ePROCEEDINGS 5, 2/2006, p. 173–178.
2. Buckland, S.T. and Elston, D.A. 1994. Use of groundtruth data to correct land cover area estimates from remotely sensed data. Int. J. of Remote Sensing, vol. 15, 1994, pp. 1273–1282.
3. Campbell, J. B. and Browder, J. O., 1995. Field data collection for remote sensing analysis: SPOT data, Rondonia, Brazil. International Journal of Remote Sensing, 16:2, 333–350.
4. Cherem, G.J., & Driver, B.L., 1983. Visitor employed photography: A technique to measure common perceptions of natural environments. Journal of Leisure Research, 15(1), 65–83.
5. Congalton, R. and K. Green. 1999, Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices. CRC/Lewis Press, Boca Raton, FL. 137 p.
6. Dahdouh-Guebas, F., A. Verheyden, J.G. Kairo, L.P. Jayatissa & N. Koedam, 2006. Capacity building in tropical coastal resource monitoring in developing countries : a re-appreciation of the oldest remote sensing method. International Journal of Sustainable Development and World Ecology 13(1): 62–76.
7. Gienko G., and Chekalin V., 2004, Neurophysiological features of human visual system in augmented photogrammetric technologies. Proc of XXth ISPRS Congress, Istanbul.
8. Gienko, G., Gienko, A., Govorov, M., Maguire, B., 2009, Terrestrial photographs to support aerial and satellite image interpretation. *Submitted to International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation.*
9. Gienko, G., Levin, E., 2007, A “sight-speed” human-computer interaction for augmented geospatial data acquisition and processing systems. In: Stilla U. et al

(Eds) PIA07. International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 36 (3/W49B), 2007, p. 41-46.

10. Henderson, J.M., 1992. Object identification in context: The visual processing of natural scenes. *Canadian Journal of Psychology*, 46, 319–341.

11. Herzog, T.R., 1989. A cognitive analysis of preference for field and forest environments. *Landscape Research*, 9, 10–16.

12. Hoffman R., Markman A., 2001. *Interpreting Remote Sensing Imagery: Human Factors*, Lewis Publishers, 289 p.

13. Hunt, M. E., 1984. Environmental knowing without being there. *Environment and Behavior*, 16, 307-334.

14. Johnson, B.C., Bruce, S.S., Early, E.A., Houston, J.M., O'Brian, T.R., Thompson, A.K., Hooker, S.B., and Mueller, S.L., 1996. "The Fourth SeaWiFS Intercalibration Round-Robin Experiment (SIRREX-4)," NASA Tech Memo 104566 37 (1996).

15. Lillesand, T.M. and Kiefer, R.W., 2004. *Remote sensing and image interpretation* 5th ed. John Wiley & Sons, New York, 766 pp.

16. Liu, C., Frazier, P and Kumar. L., 2007. Comparative assessment of the measures of thematic classification accuracy. *Remote Sensing of Environment*, Volume 107, Issue 4, April 2007, Pages 606–616.

17. Lowe, D.G., 1985. *Perceptual Organization and Visual Recognition*. Kluwer Academic Publishers, Boston, 1985.

18. McCoy, R.M., 2005. *Field Methods in Remote Sensing*, New York: Guilford Press.

19. Nishii, R., and Tanaka, S., 1999, Accuracy and Inaccuracy Assessments in Land-Cover Classification. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 37, No. 1, January 1999.

20. Paine, D., and Kiser, J., 2003. *Aerial Photography and image interpretation*. 2nd ed., John Wiley & Sons, Inc.

21. *Remote Sensing Guides by American Museum of Natural History* <http://biodiversityinformatics.amnh.org/>, last access Mar, 2008.

22. Shang, H. and I. D. Bishop, 2000. Visual thresholds for detection, recognition and visual impact in landscape settings. *Journal of Environmental Psychology* (2000) 20, 125–140.

23. Stamps, A. E., 1990. Use of photographs to simulate environments: A meta-analysis. *Perceptual and Motor Skills*, 71, 907–913.

24. Steven, M. D., 1987. Ground truth: An underview, *International Journal of Remote Sensing*, 8:7, 1033-1038.

25. Steven, M., Malthusb, T., and Baretc, F., 2007. Intercalibration of Vegetation Indices - an Update 10th International Symposium on Physical Measurements and Signatures in Remote Sensing, March 12 – 14, 2007, Davos, Switzerland (ISPMSRS07)

26. Stewart, T.R., P. Middleton, M. Downton, and D. Ely, 1984. Judgments of photographs vs. field observations in studies of perception and judgment of the visual environment *J. Environ. Psych.* 4:283–302.

27. Teillet, P.M., Markham, B.L. and Irish, R.R., 2006. Landsat cross-calibration based on near simultaneous imaging of common ground targets. *Remote Sensing of Environment*, 102, pp. 264–270.

28. Thu, P.M., and Populus, J., 2007, Status and changes of mangrove forest in Mekong Delta: Case study in Tra Vinh, Vietnam. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 71 (2007) p. 98–109.

29. Zion National Park: USGS - NPS Vegetation Mapping Program, Zion National Park, <http://biology.usgs.gov/npsveg/zion/>

© Г.А. Гиенко, А.Я. Гиенко, М.О. Говоров, 2009

УДК 528.946
С.С. Дышлюк
СГГА, Новосибирск

ПРИНЦИПЫ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ПРИРОДНО-ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

S.S. Dyshlyuk
SSGA, Novosibirsk

PRINCIPLES OF NATURAL AND TERRITORIAL COMPLEX SUSTAINABILITY MAPPING

The paper deals with the approach to natural and territorial complex sustainability mapping and the developed system of principles reflecting specific features of making maps of natural systems and their components sustainability.

Фактически проблема устойчивого развития России и ее регионов стояла давно. В настоящее время ее особая актуальность определяется имевшим место в 1990-е гг. длительным спадом экономики, тяжелой экологической ситуацией, ростом заболеваемости и необходимостью охраны окружающей среды. Все это означает, что стратегия устойчивого развития должна носить комплексный характер и включать в себя решение социальных, демографических и эколого-экономических проблем.

Понятие «устойчивое развитие» более точно переводится с английского языка как сбалансированное развитие, суть которого заключается в стремлении сохранить баланс. Иначе говоря, рассматривается равновесие, или устойчивость связи между экономической и экологической составляющей устойчивого развития. Удовлетворение человеческих потребностей немыслимо без эксплуатации природных ресурсов, которые являются частью общего природного потенциала ландшафта. При экологическом подходе природный потенциал ландшафта оценивается как совокупность условий, необходимых для жизни и воспроизводства. Для естественного ландшафта характерны процессы самоуправления, ведущие к устойчивости экосистемы, то есть сохранению внутренних и внешних связей, обеспечивающих их устойчивость. К оценке устойчивости природного ландшафта следует подходить как в целом к комплексу, так и к каждому компоненту комплекса в отдельности, учитывая его значимость и функцию. Одним из основных компонентов природного комплекса являются речные системы, проблема устойчивости которых в настоящее время особенно актуальна. Для решения этой проблемы необходимо картографическое отображение, являющееся неотъемлемой составляющей объективной оценки состояния территории.

Устойчивость природно-территориального комплекса (ПТК) и его компонентов – это способность сохранять свою структуру в пространстве и во времени при изменяющихся условиях среды или как свойство геосистемы активно поддерживать значения своих параметров в пределах, не превышающих неких критических величин, с сохранением определенного характера функционирования, проявляющегося при воздействии на нее возмущающих факторов. В современном представлении природно-территориальный комплекс является сложной динамической системой, характеризующейся разной степенью устойчивости. В зависимости от характера воздействия одна и та же система может быть более устойчивой, менее устойчивой и неустойчивой. На природно-территориальный комплекс действуют возмущения как естественные, так и антропогенные. Именно картографирование устойчивости природно-территориального комплекса в целом или его компонентов отражает степень их воздействия.

При картографировании устойчивости природно-территориального комплекса необходим расчет временных интервалов устойчивого функционирования его компонентов и соотношения динамики процессов, ведущих к преобразованию общей и покомпонентной структуры комплекса. При этом должна учитываться релаксационная способность наиболее значимых компонентов системы в зависимости от пространственного распределения, временной изменчивости, типа и интенсивности природных процессов, определяющих условия функционирования комплекса. В зависимости от выбранного критерия, возможно построение прямых и обратных шкал оценки устойчивости одних и тех же природных комплексов или их компонентов.

Проблема устойчивости природно-территориальных комплексов ставит перед современной картографией новые задачи. Существуют определённые проблемы картографирования устойчивости, а именно:

- Неопределённость самого понятия и концепции устойчивого развития;
- Отсутствие чётких общепринятых критериев устойчивого развития и, тем более, их системы;
- Недостаток пространственно локализованной информации, отсутствие соответствующих территориальных систем информации;
- Практическая невозможность составления ретроспективных карт территорий и сложности составления прогнозных карт по тематике устойчивости;
- Наличие разномасштабных процессов различной природы и многообразие границ интересующих объектов и явлений.

До сих пор на картах показывали фактическое состояние территории, теперь же для отображения устойчивости требуется как перспективное, так и ретроспективное картографирование. Необходимо учитывать природные условия и ресурсы, а также общие показатели устойчивого развития для каждого региона. Основой исследований по устойчивости является экологическое состояние территории, которое, наряду с экономическим и

социальным состоянием, является индикатором устойчивости. Существуют регионы, в которых ведущая роль при решении вопросов устойчивости отведена экологическому фактору, следовательно, картографирование устойчивости природно-территориального комплекса и его компонентов способствует этим решениям.

Задача картографии состоит в том, чтобы среди множества приёмов выбрать те, благодаря которым можно быстро прочесть и усвоить важную информацию.

В содержании современных тематических карт преобладает статичный аспект. Развитие геосистемного подхода усилило требование насыщения тематических карт динамическим содержанием. Такими картами являются карты устойчивого развития. В известных системах классификации тематических карт карты устойчивости отсутствуют. Однако, по нашему мнению, это неправильно, так как они необходимы для оценки состояния территории и динамики ее развития. Следовательно, для создания таких карт требуются новые подходы к отображению явлений и новые принципы, основанные на изучении динамики состояния явлений в пространстве и во времени. Карты устойчивого развития могут быть аналитическими, то есть отображать устойчивость одного из компонентов природно-территориального комплекса или комплексными – устойчивость всего комплекса. На картах устойчивого развития отображается состояние объекта картографирования, динамика состояния и интенсивность изменений.

Методологической основой создания карт устойчивости речных систем является системный подход. На его основе разработана система принципов, включающая известные базовые принципы картографирования, а именно:

принцип системности – рассмотрение объектов как целостного множества взаимодействующих компонентов со всеми их внутренними и внешними связями. Системное моделирование предполагает:

- Последовательное совершенствование моделей в процессе их использования соответственно задачам, охвату и детальности исследования;
- Моделирования взаимосвязей между компонентами и выделение специфических системообразующих связей;
- Моделирование структуры и организации системы;
- Моделирование функционирования системы, то есть процессов обмена веществом, энергией и информацией внутри и между системами;
- Рассмотрение модели данной системы как элемента более крупной системы, выявление соподчинённости моделей;

принцип абстрагирования – выделение главного, существенного в объекте и отвлечение от побочных второстепенных свойств, структур и отношений. Этот принцип проявляется двояко. Во-первых, те или иные специфические свойства и структуры объекта моделируют вне зависимости от других его свойств и структур, а во-вторых, на модели воспроизводят свойства и структуры, присущие множеству родственных объектов;

принцип математической формализации – обеспечивает переход от сферической поверхности земного шара к плоскости посредством особых картографических моделей;

принцип картографической формализации – использование системы условных знаков;

принцип картографической генерализации – отбор главного, существенного и его целенаправленное обобщение сообразно назначению, тематике и масштабу карты;

принцип выразительности – способ показать среди прочих деталей значение рассматриваемых вопросов, подчёркивая их важность и выделяя иерархические отношения, которые существуют между различными составляющими изучаемой системы. Показ наиболее важных явлений заключается в умелом сочетании графических методов, а также в их выборе;

принцип читаемости – возможность легко найти информацию, отличить её от других;

принцип эффективности – полное соответствие тематике, удобство использования, богатство информации и лёгкость чтения.

А также вновь сформулированные принципы, отражающие специфику создаваемых карт устойчивости:

– *Принцип динамичности* – отображение динамики состояния явлений в пространственном и временном аспекте. Данный принцип необходим при создании карт устойчивости природно-территориального комплекса или его составляющих компонентов, так как они подвержены постоянным изменениям во времени и пространстве. Соответственно и на картах устойчивости отображаются динамичные явления. Именно принцип динамичности позволяет дать объективную картину по ситуации устойчивости объекта исследования;

– *Принцип дифференциации природно-территориального комплекса по элементам для целей картографирования устойчивости* – устойчивость всех элементов природно-территориального комплекса в совокупности, на одной карте отобразить невозможно, так как каждый элемент ПТК имеет свой набор показателей, соответственно индивидуальный подход выбора способов картографирования.

– *Принцип унификации показателей* – это приведение разнополярных показателей характеристик для картографирования устойчивости природных комплексов к единообразной системе (шкале оценки).

Новые принципы позволяют наиболее объективно отобразить такую сложную характеристику природно-территориального комплекса и его компонентов, как устойчивость, и рассматривать следующие методические аспекты ее картографирования.

Переход к устойчивому развитию для большинства районов России связан с необходимостью оптимизации структуры природопользования, что требует создания карт. Поэтому разработка принципов и методов картографирования устойчивости природно-территориального комплекса является важной задачей.

© С.С. Дышлюк, 2009

УДК 528.9

Т.Е. Елшина

СГГА, Новосибирск

К ВОПРОСУ ОБ ОТОБРАЖЕНИИ ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ОБЪЕКТОВ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ НА ГЕОПОРТАЛЕ СГГА

T.Ye. Yelshina

SSGA, Novosibirsk

THE PROBLEM OF REPRESENTATION OF NOVOSIBIRSK REGION PROTECTED NATURAL OBJECTS ON SSGA PORTAL

The paper puts forward the problems of representation of the protected natural objects, particularly those of Novosibirsk region, and producing the map for hunters and fishers of Novosibirsk region and its placing in SSGA portal.

Получение всё больших объёмов информации, более оперативная её обработка, максимально наглядное отображение послужило стремительному развитию электронных картографических произведений. Картографические работы, в этом направлении, согласуются с современными требованиями получения информации. Современная картография, как область производственной и научной деятельности, развивается на основе информационных технологий, разрабатывая традиционные и новые карты и атласы, в том числе и для Всемирной глобальной сети Интернет. В отличие от традиционных видов картографической продукции, напечатанных на бумаге, электронные карты и атласы, в том числе и размещенные в сети Интернет, являются принципиально новыми по своей организации и представлению информации.

Современный уровень развития компьютерных технологий позволяет разрабатывать карты любой тематической направленности с последующей интеграцией и объединением их в атласы и электронные справочники, которые могут дать пользователю наиболее полную информацию об интересующих объектах.

В геопортале, помещенном на сайт Сибирской государственной геодезической академии, планируется представить карты Интернет-атласа на Новосибирскую область, снабженные большими базами данных и организующие поиск необходимой информации. Это электронные картографические произведения более высокого класса. Такой атлас является системой электронных (интерактивных) карт. Он должен производить поиск, давать исчерпывающую информацию о территории Новосибирской области по тематическим слоям с возможностью многопланового просмотра

изображения каждой отдельной карты, в сопровождении текстовой, фото, видео и аудиоинформации.

В состав карт мультимедийного атласа вошла «Карта для охотников и рыболовов» в масштабе 1:200 000.

Карта предназначена для охотников и рыболовов как для профессионалов, так и для любителей этого промысла. На карте так же будет представлена информация для административных и контролирующих организаций, частных владельцев земель и арендаторов, да и любой интересующийся читатель, найдет на ней много полезной и нужной информации.

Карта выполняется при поддержке Управления по охране объектов животного мира администрации Новосибирской области.

Учитывая требования заинтересованных организаций, а так же опыт подобного картографирования, на карте предполагается показать:

- Промысловые хозяйства и их номера;
- Спортивные охотничьи хозяйства обществ охотников и других организаций и их номера;
- Особо охраняемые природные территории: заказники и номера каждого вида хозяйства;
- Угодья Государственного резервного фонда;
- Промысловые виды зверей, птицы и рыбы.

Территории заказников имеют особое значение для сохранения или восстановления природных комплексов или их компонентов и поддержания экологического баланса.

На карте предполагается разместить информацию о животных занесенных в Красную книгу, а так же памятниках природы. Памятники природы – это особо охраняемые объекты, подлежащие охране в силу их научной и культурной ценности, своеобразные «жемчужины природы», заметно отличающиеся от окружающего ландшафта. Среди них можно выделить: комплексные; ботанические; ландшафтные; зоологические; палеонтологические; ландшафтно-биологические; дендрологические.

На территории памятников природы запрещена любая хозяйственная деятельности, угрожающая сохранности естественного состояния охраняемого природного комплекса.

Электронная карта, размещенная в Интернете на сайте СГГА, с постоянно обновляемой в режиме реального времени базой данных, может служить источником оперативной информации об охраняемых природных объектах Новосибирской области. Карту можно использовать в целях наглядной передачи информации широкому кругу пользователей имеющих компьютер.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Берлянт А.М. Картография; Учебник для вузов. – М.: Аспект Пресс, 2001. – 336 с.

УДК 528.9:004

Е.Л. Касьянова

СГГА, Новосибирск

СПОСОБЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ КАРТОГРАФИЧЕСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ В СЕТИ ИНТЕРНЕТ

Ye.L. Kasyanova

SSGA, Novosibirsk

MODES OF CARTOGRAPHIC REPRESENTATION IN INTERNET

The paper deals with the formats of geospatial data e-presentation and the modes of cartographic representation in internet.

Все данные в геоинформационных системах хранятся в виде набора тематических слоев, которые объединены на основе их географического положения. Это дает возможность пользователям работать как с векторными, так и с растровыми моделями данных, способствует принятию эффективных решений задач, касающихся пространственной информации.

Все картографические произведения, создаваемые в электронном виде, по формату их представления можно разделить на две группы: растровые и векторные.

Растровый формат представления является самым простым способом представления картографических произведений (карт, схем, планов и т. д.). Изображение хранится в форматах *.tiff, *.jpg, *.bmp, *.gif и представлено одним файлом. Показ таких растровых изображений в операционной системе Windows осуществляется посредством Html страниц и воспроизводится Internet Explorer.

По составу растровая карта представляет собой совокупность элементов растрового изображения – пикселей. Структурно цифровое картографическое изображение электронной карты представляет собой прямоугольную матрицу пикселей с характеристикой яркости и цвета каждого пикселя.

К определенным областям (площадным, линейным и точечным) растровый картографических изображений можно добавлять гиперссылки на отдельные Html страницы, с дополнительно размещенной информацией. Это делает растровую карту похожей на векторную, с той лишь разницей, что привязка дополнительной информации (в данном случае установление связи с Html страницей) идет к области пикселей.

Таким образом, растровую карту можно снабжать различной дополнительной информацией, что делает ее более полной и информативной.

Недостатком растрового изображения является большой, чем векторного изображения, объем памяти и большее время, необходимое на его вывод на экран монитора. Поэтому размер выводимого растрового изображения обычно не более

чем в 2-3 раза превышает размер экрана дисплея. При отображении больших территорий электронная карта «разрезается» на листы. Внесение изменений и редактирование растровых изображений – трудоемкая и не тривиальная задача. Кроме того, изменение масштаба изображения электронной карты сопровождается значительной потерей качества изображения.

Векторный формат представления картографических изображений является сложной структурой представления данных, когда каждая линия в изображении описана двумя составляющими: угол и направление.

Картографические векторные изображения отображаются специализированными ГИС программами и выверами. Объекты на таких картах могут быть представлены по локализации четырьмя типами: точками (точечные объекты), площадями (ареалы, полигоны, контура и т. д.), линиями (линии) и подписями.

Особенностью при работе с векторными картографическими изображениями в ГИС программах является то, что каждому объекту на карте соответствует своя запись в таблице, где хранится ID каждого объекта и вводимая пользователями дополнительная семантическая информация.

Достоинством векторного формата является: его малый размер по сравнению с растровым, высокое качество изображения при любом увеличении, удобная навигация по карте, возможность получения информации о каждом объекте по карте.

Векторная карта содержит три основных компонента:

- Формат представления информации;
- Классификатор информации;
- Правила цифрового описания объектов.

Формат определяет внутреннее устройство векторной карты. От него зависят такие характеристики, как объем файла векторной карты и время доступа к требуемому объекту. Производители программного обеспечения создают все новые и новые форматы, которые позволяют оптимизировать те или иные функции, поэтому в настоящее время существует несколько десятков форматов векторных карт. Единого стандарта в представлении векторных форматов пока нет. Классификатор информации представляет собой электронный структурированный список всех объектов, которые могут встретиться на карте, и всех атрибутов, которые производят векторные карты, и далее сопровождают эти карты при их использовании. Это необходимо ввиду того, что, как правило, в базе данных векторной карты хранятся цифровые записи типа: 31410000, 2, 15, 1.5, что означает: 31410000 – объект «река», 2 – тип объекты – линейный, 15 – глубина – 15 м, 1.5 – скорость течения – 1,5 м/с. Все вышеописанные расшифровки хранятся в классификаторе, поэтому без него векторная карта – бессмысленный набор цифр.

Правила цифрового описания определяют процесс создания геометрического образа объектов векторной карты. Например, объект «мост» может быть описан координатами центра моста и вектора, определяющего направление моста. Может быть и другое описание: координатами двух концов

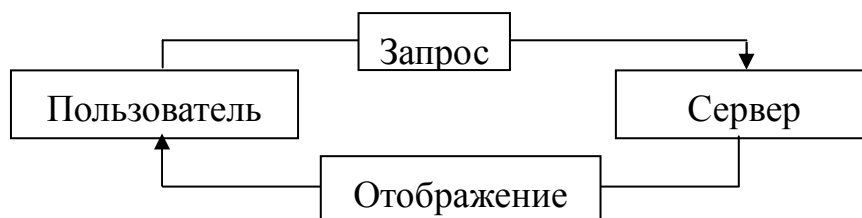
двух концов моста. Поэтому правила цифрового описания призваны установить единообразное описание однотипных объектов карты. Правила, так же как и классификатор, должны сопровождать саму векторную карту, ведь для того чтобы правильно нарисовать мост на экране, необходимо знать, по каким правилам он был создан.

Следует отметить, что производители векторных карт зачастую создают свои собственные форматы, классификаторы, и правила цифрового описания, поэтому векторные карты различных источников несовместимы между собой.

Основной недостаток векторных карт – существенные затраты на производство.

Однако неоспоримое преимущество векторных карт – возможность автоматической обработки ее компьютером, объясняет все большее и большее их распространение во всевозможных компьютерных приложениях, в том числе и для навигационных целей в авиации.

Представление растровых картографических изображений осуществляется по примерной схеме, приведенной ниже:



Пользователь открывает на своем компьютере растровое картографическое изображение (карту, схему и т. д.) и для каждого возможного дальнейшего действия пользователю открывается нужная Html страница. Преимущество такого способа отображения заключается в простоте создания Html страниц и их просмотра, так как не требуется дополнительных программных средств на компьютере пользователя. Таким образом в сетях Интернет/Интранет показывают схемы проезда, различные виды маршрутов, картографические изображения, где нет необходимости составления объемной базы данных об объектах карт.

Представление векторных картографических изображений в интернет-ГИС имеет сложную архитектуру и, как правило, состоит из нескольких основных блоков:

- Клиентская (демонстрационная) часть, предназначенная для просмотра и работы с картографической информацией;
- Серверная программа, используемая для объединения всей информации из многочисленных источников, ее приема и передачи по сети Интернет;
- Приложение, обеспечивающее настройку и управление.

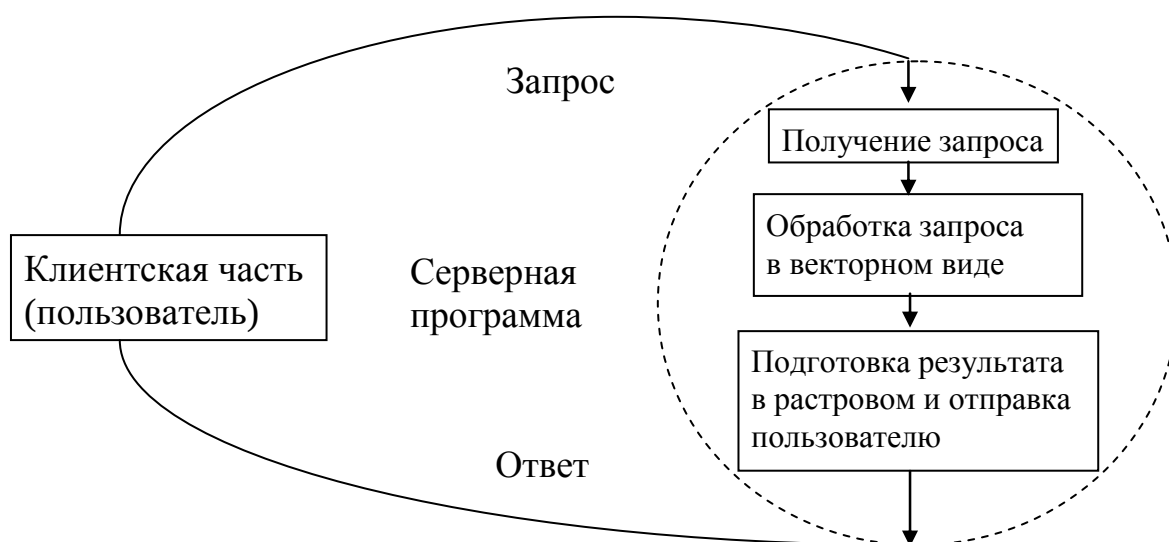
Клиентская часть обеспечивает доступ, визуализацию, формирование запросов и прием информации при анализе картографических данных. В качестве клиентских приложений могут выступать динамические HTML-

страницы, JAVA-приложения, ActiveX-объекты, требующие предварительной установки.

Серверная программа – многозадачное приложение, функционирующее на картографическом сервере и обрабатывающее приходящие запросы. В ответ на запросы формируется растровое (JPEG, GIF, PNG) или векторное изображение, отсылаемое клиентскому приложению. Одновременно выполняется функция выборки атрибутивных данных по табличному или пространственному запросу.

Настройка и управление осуществляется отдельным приложением, позволяющим определить тип, форму и вид выводимой информации, количество и тип доступных слоев карты. Также производится администрирование и разграничение прав доступа к картографической информации.

В общем виде работа с векторными картографическими изображениями по сети Интернет/Инtranет осуществляется по примерной схеме:



Пользователь формирует на своем компьютере запрос (открытие карты, увеличение, уменьшение) и это сообщение отправляется на сервер, где расположена векторная цифровая карта. На сервере происходит обработка этого запроса и формируется растровое изображение, которое затем отправляется пользователю.

Одним из наиболее важных вопросов успешного функционирования Интернет-ГИС проекта является система защиты информации. Как правило, безопасность обеспечивается механизмом закрытия информации на сервере, использованием протокола S-HTTP (Secure HyperText Transport Protocol), системой администрирования, то есть администратор определяет доступные клиенту слои и атрибутивные данные.

УДК 528

Е.В. Клевцов, В.С. Панкратов

ИрГТУ, Иркутск

НАВИГАЦИОННАЯ ГИС «ИНФОСИТИ»

E.V. Klevtsov, V.S. Pankratov

Irkutsk State Technical University (ISTU), 83 Lermontova Ul, Irkutsk, 664074,
Russian Federation

NAVIGATION GIS "INFOSITY"

In paper is featured operating navigation GIS of cities of Irkutsk, Angarsk and Shelekhov, providing monitoring of moved objects. At creation of maps of these cities the partial refusal from the character map and transition to the map photographic was used. Also to user the possibility is submitted to be «on a map», to come nearer to the selected object and in details him to consider.

Одной из наиболее современных инновационных технологий, ориентированной на широкий круг пользователей во многих сферах человеческой деятельности является технология спутниковых систем позиционирования (ССП) или навигационных систем. Под позиционированием мы понимаем процессы измерений, выполняемые с помощью спутниковых систем с целью определения координат нахождения наблюдателя или объекта в трехмерном земном пространстве [1].

Одной из сфер применения технологии СПП являются городские транспортные системы. В силу территориальной распределенности они становятся идеальным объектом автоматизации средствами ГИС, поскольку пространственная составляющая является естественной основой интеграции различных задач, имеющих отношение к транспорту. Рассмотрим некоторые из них [2].

Стандартные оптимизационные задачи транспортировки (задачи логистики). Самая простая задача – доставка груза из пункта А в пункт Б по кратчайшему маршруту (или маршруту с наименьшей стоимостью). Для ее решения необходимо иметь связную и топологически корректную дорожную сеть. Следующая задача – задача коммивояжера. Необходимо объехать заданное число пунктов за минимальное время (или при минимальной длине пути). В этой задаче учитываются те же факторы, что и в задаче поиска кратчайшего маршрута. И, наконец, классическая транспортная задача, требующая такую организацию маршрутов перевозок, при которой будет полностью удовлетворен спрос потребителей в перевозимом от поставщиков (производителей) продукте при наименьшей суммарной стоимости перевозок.

Геоинформационные технологии позволяют не только планировать перевозки, но и контролировать их: обнаруживать отклонения от графика движения, принимать меры к их устранению, прогнозировать время доставки и информировать заказчиков.

Вот некоторые из таких задач:

- Анализ транспортной нагрузки и состояния дорожного полотна;
- Мониторинг движения;
- Сбор статистики по функционированию подведомственной дорожной сети;
- Анализ аварий;
- Планирование и анализ маршрутной сети;
- Диспетчеризация;
- Увязка расписаний с другими видами транспорта.

С 2007 года кафедра инженерной геодезии и картографии Иркутского государственного технического университета (ИГиК ИрГТУ) совместно с компанией «Мэджик системс» разрабатывает проект, названный «Инфосити» [3]. Цель проекта – создание многоцелевой геоинформационной системы, объединяющей в себе большой спектр разнообразных геосервисов. «Инфосити» – бесплатный геоинформационный программный продукт, содержащий полноценную трёхмерную модель городов Иркутск, Ангарск, Шелехов, телефонный справочник, содержащий более 8 000 организаций и предприятий, геопривязанные виртуальные панорамы и фотографии города и организаций, а так же изначально встроенный полноценный онлайн-сервис мониторинга любых подвижных объектов.

Выполняемая работа заключалась в создании транспортной (автомобильной) навигационной системы для агломерации Иркутск – Ангарск – Шелехов, базирующейся на тщательно выполненной карте указанных городов в масштабе 1:10 000. Картографические работы выполнены сотрудниками ИГиК ИрГТУ. Карты составлены по данным ДЗЗ со спутников EROS-A и EROS-B с пространственным разрешением на местности 1.9 и 0.7 метра соответственно.

Предварительно были выполнены стандартные процедуры обработки космоснимков и высокоточная координатная привязка изображений к топографической основе. Затем произведено автоматизированное дешифрирование объектов космических снимков: строений, дорог, водоемов, участков древесной растительности с последующей векторизацией объектов и формированием базы данных (БД). Созданная БД позволяет информационной системе выполнять функции электронного справочника – поиск объекта по адресу, названию, номеру телефона.

При создании карт агломерации городов применялся подход, отличающийся от создания традиционных карт и атласов. Использовался частичный отказ от символического изображения и в ряде случаев выполнялся переход к изображению фотографическому, также была смоделирована возможность пользователю находиться «на карте», перемещаясь по ней [4]. Для

этого данные, размещаемые в базе, не ограничивались обычным текстово-цифровым представлением. В основу заложено размещение дополнительной информации в виде виртуальных панорам и виртуальных туров.

Виртуальные панорамы и туры – один из самых эффективных на данный момент способов представления информации, поскольку они позволяют совершать увлекательные виртуальные экскурсии и создают у пользователя полную иллюзию присутствия. Так, в ходе «путешествия» можно приблизить или отдалить какой-либо объект, оглядеться по сторонам, подробно рассмотреть отдельные детали объекта, обозревать панораму издалека, посмотреть вверх-вниз, приблизиться к выбранной точке или удалиться от нее, через активные зоны переместиться с одной панорамы на другую, например, «погулять» по отдельным помещениям и т. п. И все это можно делать в нужном темпе и в порядке, удобном конкретному пользователю.

Основу виртуального тура составляют сферические фотографии (панорамы), дающие возможность полного обзора «вокруг себя» (360х360 градусов).

Имеется возможность добавлять любые трёхмерные модели (при необходимости перемещающиеся в реальном времени). В текущей версии приведены примеры размещения зданий, мостов, стройплощадок, остановок, а также рекламных щитов, билбордов и банеров-растяжек (рис. 1).



Рис. 1. Фрагмент трехмерной карты (сквер им. Кирова, Иркутск)

В дальнейшем предполагается покрыть более половины площади городов реальными 3D моделями зданий и сооружений, работа в данном направлении ведётся постоянно. Для повышения производительности системы будет произведена коренная оптимизация загрузки и быстродействия программы,

переработаны поисковые возможности. Предполагается обновление системы 2 раза в год.

В геоинформационную систему «Инфосити» изначально встроен онлайн-сервис GPS/GSM мониторинга любых подвижных объектов (рис. 2).

Имеется возможность контролировать местоположение объектов в реальном времени, просматривать маршруты передвижений за любой период, а так же формировать отчёты передвижения за любой период.

В результате работы над проектом «Инфосити» также разработаны карты для использования в навигационных приборах фирм GARMIN, NAVIGATOR с установленной программой NAVITEL. Данные карты позволяет автоматически создать маршрут движения с учетом городской развязки, производить адресный поиск и другие функции, зависящие от программного обеспечения установленного в приборе (рис. 3).

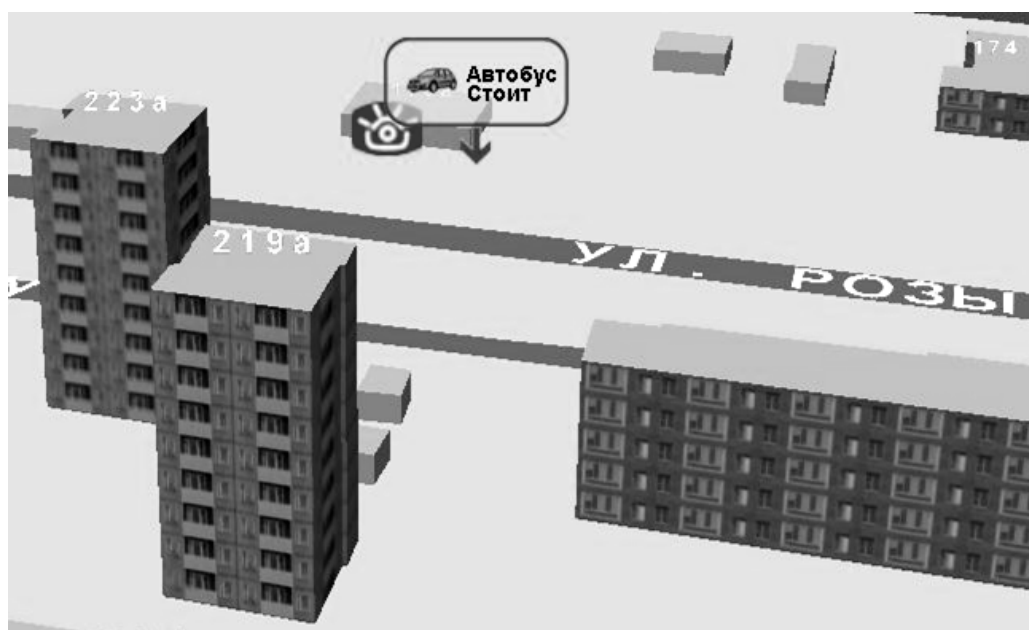


Рис. 2. Фрагмент карты с функцией мониторинга автотранспорта



Рис. 3. Фрагмент карты из навигационного прибора GARMIN с проложенным маршрутом движения

В финальном релизе программы будут добавлены все возможности охранного мониторинга, контроль топлива и контроль работы любых агрегатов и механизмов, снятие, просмотр и хранение фотографий с фотокамер подключенных к устройствам, а так же социальный сервис (возможность добавлять друзей и видеть их объекты на карте в своём доступе).

Таким образом, система «Инфосити» объединяет в себе электронную карту, функции электронного справочника, рекламного средства, средства мониторинга подвижных объектов.

Подведем итоги. В результате функционирования «Инфосити» мы получаем наборы данных – линейных объектов, отображающих траекторию движения всех транспортных средств, подключенных к системе и точечных объектов – узлов, отображающих места остановки автомобилей. Система регистрирует, в какой момент времени каждая из машин находится в данной точке на треке (или на «стоянке») и сохраняет траекторию движения автомобиля в БД диспетчерского центра.

Мы уже говорили, что в результате широкого спроса транспортная информация является ценным ресурсом, и ценность ее заключается, в том числе, в полнейшей объективности этой информации, что определяется способом ее получения.

Нетрудно увидеть, как имеющиеся данные можно использовать для решения перечисленных ранее задач. Очевидно использование данных нашей ССП в статистических и мониторинговых задачах – собственно система и предназначена для этого. В задачах логистики в основном используются точные

электронные карты и аналитические возможности ГИС с подключаемыми оптимизационными модулями. Для анализа аварий используются данные диспетчерского центра о траекториях движения, времени и скоростях участников ДТП. При проведении оценки транспортной нагрузки и состоянии дорожного полотна используем данные об общем количестве проходящих автомобилей, их технические характеристики (возможно, получаемые из БД предприятий – владельцев транспортных средств или ГИБДД), характеристики дорожного полотна, в том числе и нормативные (получаемые из соответствующих дорожных служб). Несложные статистические вычисления дают ответ на поставленные вопросы, кроме этого, постоянное и, на первый взгляд, немотивированное снижение транспортной нагрузки на некотором участке дороги может свидетельствовать об ухудшении состояния покрытия этого участка и т. д.

Реализация этих задач потребует некоторых дополнительных затрат:

- Организационных – допуск к базам данных заинтересованных ведомств с последующим предоставлением собственных результатов;
- Научных – отбор и анализ имеющихся разработок, адаптация их под поставленные задачи, определение необходимых запросов к системе и создание для них типовых шаблонов, а также создание новых алгоритмов и программ;
- Технологических – обеспечение совместимости ССП с получаемыми или создаваемыми модулями и, наверняка, другими затратами, предвидеть появление которых сейчас достаточно затруднительно.

Следует также отметить, что регулярное получение полноценной пространственной и атрибутивной информации дает возможность постоянной актуализации цифровых картографических материалов и семантических баз данных, возможность моделирования и «проигрывания» большого количества вариантов развития территорий, а также их наглядного представления, экологического мониторинга, создание картографической и семантической основы многофункциональной территориальной ГИС.

Ну и, наконец, важнейшее для нас направление – обучение студентов. Мы уже отмечали [5], насколько активней и с большим интересом относятся студенты к процессу обучения, когда у них в руках есть средства анализа и синтеза объектов изучаемого предмета. Использование ГИС в качестве образовательной технологии позволяет получить принципиально новые результаты. При использовании традиционной технологии обучения, например, географии (общегеографическая карта, географический атлас, статистические таблицы, тексты-описания и пр.) в качестве конечной цели рассматривается запоминание некоторого объема учебного материала. В лучшем случае – это усвоение учащимся неких закономерностей в пространственных явлениях, а при использовании ГИС-технологий обучающийся в первую очередь овладевает инструментом установления связей между этими явлениями – моделированием процесса формирования этих закономерностей. Именно на уровне современных методов познания (компьютерного моделирования) происходит сокращение

разрыва между современным состоянием науки с одной стороны и содержанием образовательных программ и, особенно, их реализацией, с другой. [6].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Б.Б. Серапинас. Спутниковое позиционирование, Информационный бюллетень, ГИС Ассоциация, № 3 (10), 1997, С. 50–51.
2. Владимир Андрианов, DATA+. ГИС и транспорт. ArcReview № 3 (42) 2007, С. 1–2.
3. Геоинформационная система «Инфосити». Электронный ресурс: www.3dirk.ru
4. Берлянт А.М. Теория геоизображений. – М.: ГЕОС, 2006, – 262 с. + 30 цветных иллюстраций.
5. В.С. Панкратов, Е.В. Клевцов. Комплексное использование дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и географической информационной системы (ГИС) в учебном процессе // Сб. научн. тр. 8-й вып. Пробл. освоен. мин. базы Вост. Сибири. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2008 с.
6. Н.В. Разумовская. Использование геоинформационных технологий в системе общего образования, Информационный бюллетень, ГИС Ассоциация, № 3 (10), 1997, С. 46.

© Е.В. Клевцов, В.С. Панкратов, 2009

УДК 528.91

М.Д. Козориз, П.А. Коноплев, А.В. Скрипников

ОАО «Газпромнефть-Ноябрьскнефтегаз», Ноябрьск

В.П. Лаврусъ

ОАО «Русснефть», Москва

КОМПЛЕКСНАЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА В ОАО «ГАЗПРОМНЕФТЬ-НОЯБРЬСКНЕФТЕГАЗ»

M.D. Kozoriz, P.A. Konoplev, A.V. Skripnikov

Joint Stock Company «Gazpromneft-NoyabrskNeft'egaz», 59/87 Lenina str.,

Noyabrsk, 629807, Russian Federation

V.P. Lavrus

JSC «Russneft», 69 Pyatnitskaya str., Moscow, 115054, Russian Federation

THE COMPLEX GEOINFORMATION SYSTEM IN JSC «GAZPROMNEFT- NOYABRSKNEFT'EGAZ»

In the article it is tendered an urgent complex corporate geoinformation system with differentiated access for effective managerial decision making (by example the oil-and-gas production enterprise). In the geoinformation system is inherently put the spatial approach to the collection, processing and analysis of the information of data bank. Also stages of the GIS' creation, its composition, functions, soft-component cells which are chargeable of the processing, storage and security of the information of data bank are examined.

С каждым днем компьютерные технологии, и отрасли производства базирующиеся на их основе, все более интенсивно развиваются, а сферы их применения и установочная база расширяются. Наиболее актуальными в настоящее время становятся корпоративные ГИС, интегрированные с системами управления ресурсами предприятия, а системы уровня одного управления (департамента) постепенно отходят на второй план. ГИС становится важной или даже ключевой составляющей целостной информационной системы, обслуживающей многих пользователей. Растет понимание и принятие ценных возможностей, которые предоставляет пространственный подход к сбору, обработке и анализу информации. Это особенно актуально для нефтегазодобывающих предприятий, инфраструктура которых включает в себя сотни и даже тысячи километров трубопроводов, автодорог, линий электропередач, огромное количество площадных объектов (кустовые площадки, ДНС, КНС, ЦПС, электроподстанции, базы промыслов). Рациональное природопользование – это не только оптимизация затрат на обустройство и эксплуатацию нефтегазовых месторождений, но и, в первую очередь, минимизация ущерба окружающей природной среде, обеспечение

охраны недр, недопущение разубоживания природных ресурсов. Эффективное управление ресурсами предприятия является главным аргументом выживания компании в сложной конкурентной борьбе. Эта задача является ключевой в системе управления компанией, поскольку она носит комплексный характер и тесно связана со всеми аспектами жизни компании.

Первоначально на нашем предприятии технология предоставления цифровой пространственной информации для расширенного круга пользователей выполнялась путем терминального доступа к электронным схемам месторождений [1].

Терминальный доступ – вариант сетевого доступа, позволяющий без установки специализированных программ и использованием сетевых каналов минимальной пропускной способности работать в полнофункциональном режиме со специализированными программными комплексами и большими объемами информации. В нашем случае обеспечивается работа с комплексом MapInfo Professional, который оперирует пространственными и табличными данными.

На основе маркшейдерских, топографо-геодезических материалов и базы геопространственных данных отдел ГИС подготавливает электронные схемы месторождений ОАО «Газпромнефть-Ноябрьскнефтегаз» и размещает их в формате MapInfo на терминальном ГИС-сервере с операционной системой Windows Server 2003 в ГИС MapInfo Professional. Сетевым клиентом является стандартная служебная программа связи Windows XP Professional «Подключение к удаленному рабочему столу». Технологическая схема организации информационных потоков, регламентирующая порядок ввода, обработки и адаптации, формирования материалов для печати, предоставления доступа к данным, внутреннего движения данных согласно этапу обработки, показана на рис. 1.

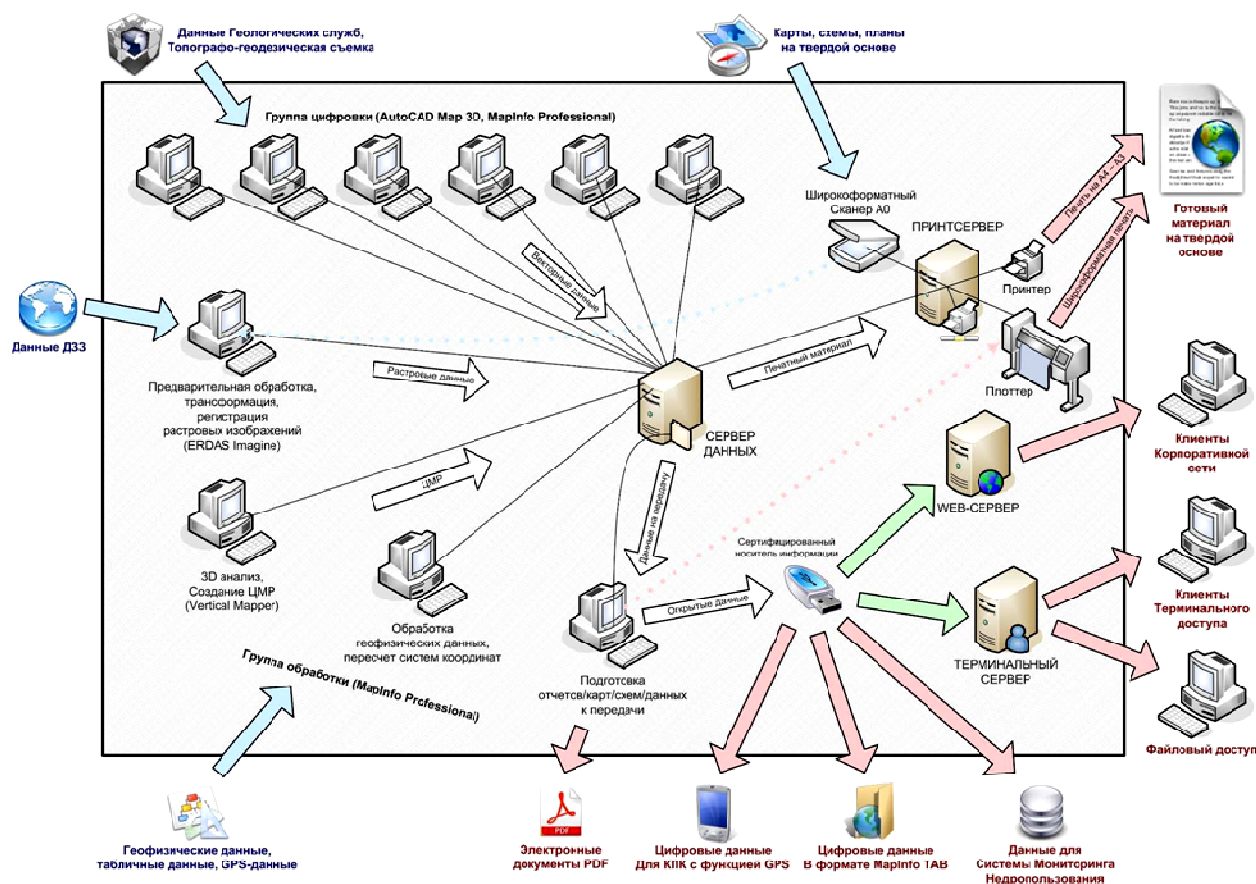


Рис. 1. Организация информационных потоков

Используя систему терминального доступа к электронным схемам месторождений ОАО «Газпромнефть-Ноябрьскнефтегаз», пользователь с помощью функций ГИС MapInfo Professional может [1]:

- Визуализировать схемы месторождений с промышленными площадками, автодорогами, трубопроводами, линиями электропередач (ВЛ), и иными объектами инфраструктуры нефтедобычи;
- Масштабировать схемы на экране;
- Регулировать отображение слоев (видимость, последовательность);
- Вводить тематические подписи;
- Запрашивать текстовую информацию по объекту;
- Измерять длину линейных коммуникаций, расстояние до объекта по дорогам, площади промышленных площадок;
- Создавать и редактировать таблицы на основе схем месторождений;
- Формировать тематические карты;
- Распечатывать схемы;
- Подготавливать электронные документы в формате Adobe PDF.

Работа терминального доступа показала недостаточность информационного наполнения базы данных объектов в части специализированной технической информации. Простое расширение

информационного наполнения привело бы к информационной перегруженности этой системы. Отсутствие единой обобщенной информационной базы об объектах инфраструктуры затрудняет управление бизнесом, а порой порождает некорректные управленческие решения.

В связи с этим была осуществлена разработка автоматизированной системы принятия управленческих решений «ЛЭП и ЭО» (на примере линий электропередач и электрооборудования). В основу системы легли формы отчетов, разработанные в формате EXCEL специально для контролирующих и эксплуатирующих организаций.

В настоящее время отдел ГИС внедряет новую технологию предоставления цифровой пространственной информации службам компании для принятия управленческих решений – разграниченный терминальный доступ к электронным картам и банку данных месторождений. В качестве пилотного проекта была внедрена информационная система управления объектами энергообеспечения «ЛЭП и ЭО».

Остановимся на основных этапах разработки информационной системы управления объектами энергообеспечения ОАО «Газпромнефть-Ноябрьскнефтегаз».

На первом этапе создавалась картографическая основа информационной системы управления. Исходной информацией для этих работ послужили различные данные:

- Материалы съемки с космических аппаратов (КА);
- 21 панхроматический снимок с КА SPOT 5с разрешением на местности 2,5м (лето, 2005 г.) [2];
- Топографические карты масштаба 1:25 000, 1:50 000 и 1:100 000 в совокупности с данными геодезической съемки масштабов 1:500 – 1:10 000 выполненных различными методами, в том числе и с использованием спутникового навигационного оборудования.

По материалам фотосъемки (на места техногенной нагрузки) были созданы цифровые ортофотопланы масштаба 1 : 18 000. На этом этапе также была сформирована цифровая модель рельефа местности (ЦМР) в формате USGS DEM с размером ячейки 100 м, полученная по картографическим материалам масштабов 1:25 000 – 1:200 000. Путем векторизации ортофотопланов и растровых топографических карт, а также обработки результатов геодезических съемок линейных (трубопроводы, автодороги, ВЛ) и площадных инженерно-технических объектов нефтедобычи (кустовые площадки, разведочные скважины, площадные технологические объекты) были созданы цифровые топографические карты на территорию каждого месторождения.

Второй этап включал полевое обследование территорий с целью уточнения данных об использовании и функциональном назначении объектов энергообеспечения, отображенных на цифровой карте, для формирования семантической информации, а также полевые наземные съемки масштабов 1:500 – 1:5 000 с координатной привязкой вновь построенных объектов энергообеспечения с помощью спутниковых навигационных приемников.

На третьем этапе разрабатывался банк данных, состоящий из ряда специализированных баз данных по каждому виду объектов инженерной инфраструктуры энергообеспечения с привязкой их к конкретным объектам цифровой топографической карты с помощью индивидуального ключа-идентификатора. Пользовательские базы данных включали следующие табличные формы на объекты ВЛ, КТПН, ЗРУ, подстанции [3]:

- Технический паспорт объекта;
- График планово-предупредительного ремонта (ППР);
- График капитального ремонта;
- Ремонтная карта оборудования и проведенных испытаний;
- Результаты тепловизионного обследования (ТВО).

В банк данных включались результаты обследований и графиков ремонтов за 2007, 2008, начало 2009 гг.

Также был разработан ряд специализированных приложений на MapBasic позволяющих [3]:

- Обеспечивать связь между элементами банка данных и объектами энергообеспечения на ЦТК;
- Вводить одновременно исходную информацию в банк данных нескольким пользователем, а также загружать в базы данных информацию в форматах «CDR», «JPG», «PDF»;
- Формировать отчеты по каждому из объектов (подстанции, ВЛ, ЗРУ, КТПН): ППР за год, за месяц; общий план текущего ремонта; фактически выполненные ремонтные работы за год, за месяц; фактически выполненный углубленный осмотр (ТВО) за год, месяц; план ППР, невыполненный в предыдущем периоде; план капитального ремонта на год; фактически сделанный капитальный ремонт за год; баланс объектов по количеству условных единиц трудозатрат и норм численности на обслуживание электрических сетей и сетевых предприятий с последующим сохранением их на компьютере пользователя.

Система обладает процедурой защиты от несанкционированного использования информации – доступ к чтению данных и их редактированию разграничен по категориям пользователей и осуществляется по паролю. Имя пользователя строго привязано к IP адресу удаленного персонального компьютера (автоматизированного рабочего места).

Четвертый этап состоял в отладке системы, внесении в нее изменений:

- Был разработан дополнительный модуль оформления отчетов из табличных форм (устанавливался на ПК пользователей) в программе Microsoft Excel, в связи с ограничением политики безопасности на терминальном ГИС-сервере, в целях сохранения целостности базы, было запрещено копировать и редактировать информацию;
- Была разработана процедура псевдовыделения выбранного объекта (окраска выбранного объекта в определенный цвет);

- Модернизированы специализированные процедуры открытия таблиц MapInfo, усечено основное меню и запрещены «горячие» клавиши MapInfo Professional;

- Была разработана процедура завершения работы сеанса при некорректном использовании ГИС MapInfo Professional при появлении сообщений об ошибках;

- Для сохранения конфиденциальности информации, а также для установления ответственности пользователей за изменение информации была введена модернизированная процедура регистрации пользователей с ведением специальных протоколов (LOG-файлов) по каждому из них, доступ к которым имеет только администратор системы.

- Была разработана процедура нанесения микротекстовой надписи в левом верхнем углу окна карты (название компании, имя пользователя и IP-адрес компьютера) предназначенная также для сохранения конфиденциальности информации.

Завершающий этап включал обучение специалистов и техническое сопровождение работы информационной системы управления объектами энергообеспечения.

Разработанные программные модули позволяют автоматизировать:

- Ввод семантической информации в базы данных по объектам;

- Быстрый поиск объекта по выбранному уникальному идентификатору, а также комбинация сложных критериев для поиска объектов энергообеспечения;

- Создание отчетов, технических паспортов, чертежей, графиков, карто-схем на основе хранящейся в базах данных графической и семантической информации;

- Формирование графика планово-предупредительного, текущего и капитального ремонта объектов энергообеспечения;

- Проектирование расположения новых элементов системы энергообеспечения;

- Интеграцию в ГИС-проект графических фрагментов объектов энергообеспечения, выполненных в графических редакторах Adobe Photoshop, CorelDraw, редакторе Adobe Acrobat.

Система технического обслуживания и ремонта (ТОиР) энергомеханического оборудования на территории месторождения представляет собой комплекс взаимосвязанных средств, документации для технического обслуживания (ТО), диагностирования и ремонта, необходимых для поддержания и восстановления работоспособности оборудования, входящих в эту систему. Основными объектами энергообеспечения, на которые распространяется система технического обслуживания и ремонта являются кабельные и воздушные линии электропередач (ВЛ) и различное электрооборудование.

Для учета оборудования, осуществления диспетчерского контроля работоспособности системы энергообеспечения, а также выполнения ремонтных работ разработана автоматизированная система технического обслуживания и ремонта. Основными элементами системы являются:

- Отдельные информационно-измерительные комплексы – ИИК точек измерения электроэнергии, точек измерения тепловой энергии;
- Информационно-вычислительные комплексы электрооборудования;
- Каналы связи и каналообразующая аппаратура;
- Информационно-вычислительные комплексы (сервер, автоматизированное рабочее место диспетчера, специализированное ПО «ЛЭП и ЭО» на основе ГИС «MapInfo» на базе архитектуры «клиент-сервер» и операционной системы Windows 2003 Server/XP);
- Компьютерные базы данных по объектам энергообеспечения;
- Цифровая модель территории месторождения нефти со всеми имеющимися инженерными коммуникациями и объектами энергообеспечения;
- Нормативно-техническая документация по проведению плановых и ремонтных работ на объектах энергообеспечения;
- Геоинформационная система MapInfo, для оптимизации работы с графической базой данных;
- Комплекс прикладных программ «ЛЭП и ЭО», позволяющий работать совместно с графической информацией и базами данных.

Сущность всех процессов управления системой электроснабжения и приемники электрической энергии основана на управляющих воздействиях (рис. 2). Основным из них является оперативно-производственное планирование ТО и ремонтов электрооборудования на основании разработанной выше стратегии ТОиР.

По существу рассмотренная схема управления (рис. 2) включает в себя все основные элементы обобщенной стратегии ТОиР нефтепромыслового электрооборудования и дает научно обоснованную базу для организации обслуживания электрических сетей и электрооборудования нефтегазодобывающих предприятий.

Система технического обслуживания и ремонта обеспечивает выполнение следующих функций:

- Хранение данных об измеренных величинах и служебной информации в специализированном банке данных, отвечающему требованию повышенной защищенности от потери информации и от несанкционированного доступа в ПО «ЛЭП и ЭО» на основе ГИС «MapInfo»;
- Передача коммерческой и контрольной информации в организации, обслуживающие энергомеханическое оборудование;
- Прием/передача коммерческой и контрольной информации в ОАО «Газпромнефть-ННГ» в ПО «ЛЭП и ЭО» на основе ГИС «MapInfo»;

- Диагностика (анализ функционирования технических средств и оборудования и фиксация факта неисправности с указанием времени, места, вида и причины возникновения нарушения);
- Регистрация, мониторинг событий в ПО «ЛЭП и ЭО» на основе ГИС «MapInfo»;
- Оценка ситуации и принятие управленческих решения;
- Составление и контроль баланса энергоресурсов по предприятию в ПО «ЛЭП и ЭО» на основе ГИС «MapInfo».



Рис. 2. Схема управления системой энергоснабжения

Основными достоинствами ПО «ЛЭП и ЭО» на основе ГИС «MapInfo» являются:

1. Повышение информативности, визуализации и наглядности для принятия управленческих решений.
2. Оперативная оценка ситуации и принятие решения в более короткие сроки, благодаря быстрому доступу к актуальным картам и информации из банка данных.
3. Единая база данных для хранения информации об объектах с возможностью ограниченного доступа, а как следствие сокращение затрат на:
 - Сбор данных и процедуры автоматизации, хранение данных;
 - Повышение надежности и безопасности хранения;
 - Возможность долгосрочного мониторинга событий;
 - Выявление динамики;
 - Моделирование и прогнозирование.

В заключение приводим перечень основных работ, выполняемых отделом ГИС:

1. Построение топографических планов горных отводов на территорию деятельности ОАО «Газпромнефть-Ноябрьскнефтегаз».
2. Построение схем водоохранных зон.
3. Уточнение границ лицензионных участков и горных отводов месторождений, подсчет их площадей.
4. Точное установление принадлежности территорий месторождений различным субъектам Российской Федерации (республикам, областям, краям, автономным областям и округам, городам).
5. Паспортизация (установление длины трубопроводов, линий электропередач, автодорог, площади кустовых площадок и площадок технологических объектов, числа объектов).
6. Обмен пространственными данными с различными анализирующими и моделирующими системами, включая глобальные корпоративные базы данных (например, модули OISMap и OISPipe OilInfoSystem), системами паспортизации трубопроводов и анализа текущего состояния трубопроводного фонда (например, системы «Экстра», OISPipe), системы управления электрическими цепями (например, SCADA).
7. Инвентаризация, мониторинг нарушенных и загрязненных земель (определение пространственного положения, размеров, возможность минимизации штрафных санкций за счет оптимизации площадей).
8. Прогнозирование защитных мероприятий на территории месторождений.
9. Оперативный выпуск тематических карт различной направленности, подготовка экспликаций и документации.
10. Предпроектная проработка геолого-разведочных работ и эксплуатационного разбуривания месторождений, капитального строительства на нем, включая строительство объектов связи (радиорелейные вышки, антенные мачты).
11. Поддержка принятия решений при вводе в эксплуатацию новых месторождений (оценка охранных зон магистральных нефте-, газо- и продуктопроводов, высоковольтных линий электропередач, федеральных авто и ж/д дорог, границ плановой застройки городов и поселков).
12. Составление структур линеаментного анализа, определение динамически напряженных зон с использованием дистанционных методов зондирования Земли.
13. Обработка и контроль топографо-геодезических материалов при сейсморазведочных работах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лаврусь В.П., Литус И.И., Коноплев П.А., Скок И.Г., Козориз М.Д. Геоинформационная система ОАО «Сибнефть-Ноябрьскнефтегаз» [Текст] // Информационный бюллетень ГИС-Ассоциации. – 2006. № 5 (57). – С. 42–46.

2. Лаврусь В.П., Беленов А.В., Коноплев П.А. Ориентирование блока космических снимков SPOT-5 по материалам сейсморазведки [Текст] // Геопрофи. – 2006. № 5. – С. 54–58.

3. Середович В.А., Дубровский А.В., Скрипников А.В. Разработка автоматизированной системы работы с базами данных объектов энергообеспечения месторождений нефти и газа [Текст] // Сборник научных трудов IV Международного научного конгресса «ГЕО-Сибирь-2008». Том 2, Ч.1. СГГА, Новосибирск. – 2008. № 5 (57). – С. 42–47.

© М.Д. Козориз, П.А. Коноплев, А.В. Скрипников, В.П. Лаврусь, 2009

УДК 528.94
Е.Ю. Колганова
ИрГТУ, Иркутск

КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ

E.U. Kolganova
Irkutsk State Technical University (ISTU), 83 Lermontova Ul.,
Irkutsk, 664074, Russian Federation

MAPPING OF HISTORICAL AND CULTURAL HERITAGE

The protection of cultural property in a modern world becomes more and more composite and acute problem. The studied objects can be rated on set of metrics: to location, size (expansion, square, size, height, depth), form (common outlines, oblongness, tortuosity), density (thickness, the concentration) down to engineering calculations – can be defined territory, in limits it is necessary by which one to save or to reconstruct the characteristic environment, bound with historical building, natural appearance of territory, architectural and planned in exposure.

Охрана культурного достояния в современном мире становится все более сложной и острой проблемой. Эта проблема требует постоянного внимания. Без преувеличения можно сказать, что об уровне развития культуры того или иного народа следует судить по тому, как он относится к своему культурному наследию, знает ли он о нем вообще. В изучении историко-культурного наследия важную роль играют карты. Еще в начале XX века известный ученый Н.Н. Баранский называл карты стимулом к заполнению пустых мест. То есть тогда уже было ясно, что процесс создания карты может стать стимулом к более пристальному изучению территории. При подготовке к созданию карты принцип достоверности наносимой на нее информации требует разностороннего глубокого краеведческого исследования. Таким образом, составление карты активизирует всестороннее изучение историко-культурного наследия (Берлянт, 2003).

Созданная же карта сама по себе становится источником получения ценной информации. Изучаемые объекты могут быть оценены по множеству показателей: местоположению, размеру (протяженность, площади, объема, высоты, глубины), форме (общие очертания, вытянутость, извилистость), плотности (густота, концентрация) вплоть до инженерных расчетов – может быть определена территория, в пределах которой необходимо сохранить или воссоздать характерную среду, связанную с исторической застройкой, природным обликом территории, архитектурно-планировочной экспозицией. В зависимости от территориального охвата, детальности, назначения

исследований их можно проводить на разных уровнях, соответствующих масштабам карт.

Для показа объектов историко-культурного наследия на карте города будут использованы условные знаки. Использование условных знаков – основное свойство, отличающее карту от многих других графических моделей, таких, например, как аэро- и космические снимки, панорамы, пейзажи.

Картографические условные знаки – это графические символы, с помощью которых на карте показывают (обозначают) вид объектов, их местоположение, форму, размеры, качественные и количественные характеристики.

На карте будут использованы три основных группы условных обозначений:

- Внемасштабные, или точечные, которые применяют для показа объектов, локализованных в пунктах; внемасштабность знаков проявляется в том, что их размеры на карте всегда значительно превосходят истинные размеры объектов на местности; при помощи точечных знаков на карте будет показано местоположение того или иного объекта историко-культурного наследия;

- Линейные, которые будут использованы для отображения линейных объектов: рек, дорог, границ. Они масштабны по длине, но внемасштабны по ширине;

- Площадные будут использоваться для изображения объектов, сохраняющих на карте свои очертания, такие как лесные массивы, озера.

Цвет на карте – одно из самых эффективных графических средств. Он существенно расширяет изобразительные возможности значковых, линейных и площадных обозначений, позволяет передать качественные и количественные характеристики объектов, усиливает различимость знаков, наглядность и читаемость карт, ее информативность, использует эффект цветовой и световой пластики, наконец украшает карту, повышает ее эстетические свойства.

При помощи цвета на карте историко-культурного наследия можно будет отобразить количественные данные, например, время возникновения памятников либо показать качественные характеристики, классифицировав памятники на восстановленные, впервые появившиеся или утраченные.

При помощи формы значка и штриховки мы сможем показать, к какому типу и виду относится объект.

Пиктограммами, значками напоминающие изображаемый объект, будут показаны церкви, часовни, усадьбы, общественные здания, жилые дома. Такие обозначения очень наглядны и чаще всего их используют на популярных туристических, рекламных, пропагандистских картах.

Дополнительно можно будет создать мелкомасштабную карту-схему, на которой при помощи точечного способа будет показана концентрация объектов историко-культурного наследия по районам города. Точечный способ нагляден и удобен для количественных определений. Точечные карты хорошо передают реальные особенности размещения объектов, их количество, локализацию, группировку.

При помощи качественного фона можно будет показать на карте особо охраняемые исторические зоны (кварталы) города (Берлянт, 2003).

На карте будут использованы знаки движения. Эти знаки используют для показа пространственных перемещений каких-либо явлений или объектов. С помощью знаков движения, а именно векторов движения на карте будут показаны тематические маршруты, например, «Иркутск – православный», «Иркутск – купеческий», «Иркутск – литературный».

В карте целесообразно будет применить создание специальных дизайнерских значков. Ими можно будет показать объекты или места, связанные с именами выдающихся людей, живших или посетивших наш город или, например, показать, к какому стилю архитектуры относится объект (древнерусский стиль, византийский, классицизм, барокко, готика, эклектика). Использование в картографии принципов художественного дизайна облегчает восприятие карт, способствует развитию хорошего эстетического вкуса, а в конечном счете повышает эффективность использования карт и атласов в науке, практике, образовании.

К дополнительным данным можно будет отнести фотографии наиболее интересных объектов, лиц, оставивших заметный след в истории города, диаграммы, графики (изменения количества памятников архитектуры по годам), текстовые и цифровые данные, которые не принадлежат непосредственно картографическому изображению, но тематически связаны с содержанием карты, дополняют и поясняют ее.

Таким образом, используемые картографические изображения помогут наиболее наглядно и выразительно показать важные и интересные объекты историко-культурного наследия города.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Берлянт А.М. Картоведение / А.М. Берлянт. – М.: Аспект Пресс, 2003. – 477 с.
2. Берлянт А.М. А.А. Лютый и картографирование наследия России / А.М. Берлянт. – М.: Институт Наследия, 2003. – 182 с.

© Е.Ю. Колганова, 2009

УДК 528.926:004

*Н.В. Котельникова**, *С.Ф. Мазуров***, *Л.А. Пластинин**

ИрГТУ*, ФГУП «ВостСиб АГП»**, Иркутск

НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ СТРУКТУР БАЙКАЛЬСКОГО РАЙОНА

*N.V. Kotelnicova**, *S.F. Mazurov***, *L.A. Plastinin**

Irkutsk State Technical University (ISTU)*, 83 Lermontova Ul.,

Irkutsk, 664074, Russian Federation

East Siberian aerogeodesic enterprise (ESAGP)**, 14 Nignyaya Naberegnaya Ul.,

Irkutsk, 664011, Russian Federation

RESEARCH AND PRODUCTION DIRECTIONS OF GEOINFORMATION MAPPING OF REGIONAL FRAMES OF THE BAIKAL DISTRICT

The Baikal locale takes a favourable geographical position and has a huge natural-resource potential. The effective handle of municipal derivations of any level guesses usage by complete and reliable information about space (geographical) and atributiv (descriptive) characteristics of different objects, socio economic and ecological processes happening on territories, and also about available resources (safe lifes), prognosis and other analytical data on a broad spectrum of problems.

Практическое геоинформационное картографирование – прикладная картография, занимающаяся автоматизированным составлением и использованием карт на основе геоинформационных технологий и баз географических данных, быстро развивается. Главным результатом геоинформационного картографирования является представление данных анализа природно-социальной обстановки той или иной территории в виде пространственно-координированных данных в компьютерной среде. Это открывает широкие возможности для изучения (сбора, систематизации, анализа, хранения, передачи) и использования пространственной информации в интересах оптимизации природопользования и развития хозяйства, то есть с точки зрения обеспечения устойчивого развития территорий. Особенно актуально геоинформационное картографирование тех территорий Сибири, на которых все углубляющаяся хозяйственная деятельность обостряет социально-экологическую ситуацию и требует комплексного подхода к использованию ресурсов. К ним, в частности, относится Байкальский регион.

Байкальский регион занимает выгодное географическое положение и обладает огромными природно-ресурсным потенциалом. Озеро Байкал внесено в список мирового наследия ЮНЕСКО, в связи с чем становится очевидной необходимость более жесткого регулирования природопользования в его

бассейне. Именно в этом регионе в последние столетия (особенно с середины XX века) в результате интенсивных хозяйственных процессов был задействован комплекс управленческих и хозяйственных мероприятий, реализация которых, наряду с гигантским наращиванием индустриализации, привела к существенной антропогенной трансформации природной среды. Сложившаяся ситуация требует пересмотра существующей концепции природопользования в направлении, обеспечивающем устойчивое и сбалансированное развитие территории. Этому будет способствовать геоинформационное обеспечение региона, предназначенное непосредственно для административно-хозяйственных органов и бизнес-структур различного уровня, принимающих управленческие и масштабные хозяйственные решения.

Эффективное управление муниципальными образованиями любого уровня предполагает использование полной и достоверной информации о пространственных (географических) и атрибутивных (описательных) характеристиках различных объектов, социально-экономических и экологических процессах, происходящих на территориях, а также об имеющихся ресурсах, прогнозных и других аналитических данных по широкому спектру вопросов. Такая информация, в частности, содержится в ГИС – географической информационной системе, обеспечивающей сбор, обработку, систематизацию, отображение и анализ данных в форме цифровых представлений координированных данных, то есть одной из важнейших функций ГИС является «пространственный анализ геопространства» в компьютерной среде (Карпик, 2004, с. 23).

Электронные карты отображаются на экране монитора и в принципе могут состоять из неограниченного набора тематических слоев, каждый из которых может корректироваться (обновляться) в зависимости от текущих изменений ситуации. Это облегчает работу оператора и позволяет пользователю (представителям органов власти, хозяйственных структур, бизнеса и предпринимательства) отслеживать пространственные характеристики территорий, степень трансформации природных геосистем в результате хозяйственной деятельности человека и других факторов, а также разрабатывать основные направления природоохранной деятельности. Практика показывает, что многие административные структуры региона, ответственные за сохранение природной среды как главного условия, обеспечивающего жизнедеятельность населения, не в полной мере используют инновационные технологии, базирующиеся на анализе космической информации и материалов электронного картографирования муниципальных образований. Так, особенно высокая степень загрязнения природной среды наблюдается в Иркутско-Черемховском районе вследствие выбросов предприятий топливно-энергетического комплекса, машиностроительной, угольной, нефтеперерабатывающей, химической и др. отраслей промышленности (Напрасникова, Воробьева, 2007). Известны факты сведения леса в прибрежной зоне Байкала, загрязнение его берегов в результате хаотического развития туризма. В приангарских административных районах Иркутской области предметом особого внимания органов власти должны быть неблагоприятные

ситуации, связанные с эксплуатацией (преобразованием и загрязнением) водных объектов и истощением лесных ресурсов. Продолжающаяся деградация природы свидетельствует о необходимости принятия дополнительных мер в области экологической политики в Байкальском регионе.

Районные муниципальные образования можно рассматривать как ограниченные геопространства, которые могут изучаться различными способами. Кроме натурного обследования территорий и анализа справочных, статистических и других аналитических материалов широко применяются картографический и дистанционный методы исследования; последние позволяют оперировать пространственной информацией, отнесенной к дате составления карты или производства дистанционной (аэрокосмической) съемки. Однако любая тематическая или топографическая (общегеографическая) карта в любом ее представлении является моделью и обладает рядом свойств, например, проекцией, масштабом, ограниченной смысловой нагрузкой, генерализацией содержания и др., которые необходимо знать и учитывать пользователю. Как и картографическое изображение, снимок также является моделью местности и обладает в той или иной степени вышеупомянутыми свойствами, но содержит дополнительную закодированную информацию о геопространстве (местности), требующую расшифровки. Объем и характер извлекаемой информации находятся в зависимости от технических и природных условий съемки, направления исследований и квалификации оператора. Но не всегда информативность дистанционного снимка связана с увеличением его масштаба (разрешения) – все зависит от характера исследований. При интерпретации снимка возможно применение автоматических систем анализа оптических плотностей и цветовой гаммы, то есть кроме визуального дешифрирования быстро развивается и автоматическое распознавание объектов с использованием инновационных компьютерных технологий.

Пространственные и атрибутивные характеристики локальных территорий и объектов местности в геоинформационных системах можно представить в виде набора следующих материалов:

- Аэрокосмические снимки;
- Карты;
- Текстовые и графические документы;
- Баз данных.

Технология геоинформационного картографирования (в компьютерной среде) по космическим снимкам включает 2 этапа, которые в общем виде можно представить на рис. 1.

Идентификация объектов картографирования, как и в классической (бумажной) картографии, использующей материалы дистанционной съемки, базируется на комплексном анализе как самих значений объектных характеристик, так и их пространственно-временной организации. Прямое определение характеристик геопространства дает более достоверные

результаты, поэтому в картографическом производстве присутствуют апробированные практикой полевые контрольные операции. В случае косвенного (дистанционного) измерения характеристик эта задача становится нетривиальной и переходит в разряд частично или полностью неопределенных. Примером таких задач может служить интерпретация изображений, полученных различными съемочными системами.

В соответствии с Федеральным законом «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации» № 131 от 6 октября 2003 г. муниципальные образования подразделяются на 2 уровня. К первому (базовому) уровню относятся городские и сельские поселения, ко второму, или верхнему уровню – муниципальные районы и городские округа (рис. 2). Характеристика и отличительные черты этих муниципальных образований рассмотрены в работах С.Ф. Мазурова и Л.А. Пластинина (Мазуров и др., 2006, 2007).



Рис. 1. Обобщенная схема технологии геоинформационного картографирования районных муниципальных образований с использованием космических снимков

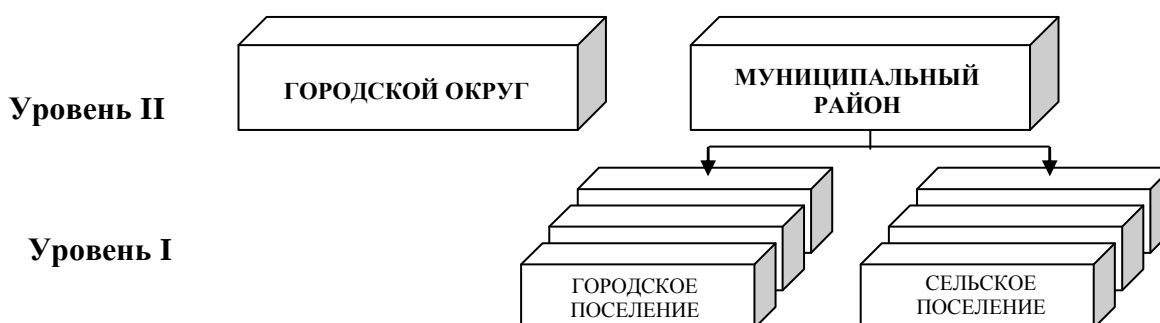


Рис. 2. Схема формирования муниципальных образований

Городской округ – это городское поселение, входящее в состав муниципального района.

Муниципальный район может состоять из нескольких поселений или поселений и межнаселенных территорий, в границах которых местное самоуправление осуществляется непосредственно населением или через выборные и иные органы местного самоуправления. Органы местного самоуправления функционируют в соответствии с федеральными законами и законами субъектов Российской Федерации.

Городское поселение – город или поселок с окружающей территорией в составе которых могут находиться сельские населенные пункты, которые в соответствии с действующим федеральным законом и законами субъектов Российской Федерации не относятся к категории сельских населенных пунктов.

Сельское поселение – один или несколько объединенных общей территорией сельских населенных пунктов (сел, деревень и других населенных пунктов), в которых местное самоуправление осуществляется населением непосредственно или через выборные органы местного самоуправления (www.amio.ru / Комментарии Департамента законодательства и правовой работы Конгресса муниципальных образований РФ).

Важным этапом работы по реализации указанного нормативного акта является установление статуса и границ муниципальных образований. Для решения данной задачи целесообразно использовать ГИС-технологии (формирование муниципальной ГИС). Внедрение ГИС позволяет сформировать представление о территории как о сложной, но единой системе и эффективно решать ряд вопросов управленческой деятельности, относящихся к:

- Стратегическому планированию (принятию решений относительно стратегий и изменения целей, использования ресурсов и др.);
- Управленческому контролю (получению ресурсов и их использованию);
- Оперативному контролю (обеспечение эффективных решений в сфере природопользования).

Внедрение геоинформационных технологий в управлении муниципальным хозяйством будет способствовать повышению качества управленческих решений за счет автоматизации процесса сбора, обработки и анализа пространственной информации, введения в документооборот материалов дистанционной съемки и картографической продукции.

Разработка муниципальной ГИС включает следующие этапы:

- Стратегическое планирование;
- Оценка сферы деятельности;
- Разработка системы;
- Создание системы.

Поскольку картографической основой электронных карт муниципальных образований является топографическая карта, элементы ее содержания являются надежным «каркасом» для привязки специального содержания, облегчают восприятие природно-ресурсной, социально-экономической и

экологической ситуации, а также динамические процессы и явления, связанные с развитием территории и эксплуатацией природных ресурсов. Кроме стандартного содержания топографических карт (топоосновы) к специальной тематической нагрузке относятся следующие элементы содержания:

- Лесохозяйственные объекты (количественные и качественные характеристики лесных ресурсов, интенсивность лесопользования, лесовосстановление, квартальная лесоустроительная сеть и др.);
- Земельные ресурсы;
- Водные ресурсы и водохозяйственные объекты;
- Минерально-сырьевые ресурсы;
- Границы (муниципальных образований, землепользователей, держателей лесного фонда и т. д.).

Таким образом, геоинформационные технологии на уровне муниципальных образований позволяют, в числе других, решать следующие задачи управления:

- Наблюдение за динамическими процессами и явлениями в режиме реального времени по данным дистанционного зондирования (расширение селитебных территорий, промышленных зон, мониторинг аквальных систем, размещение транспортных магистралей и др.);
- Анализ экологического состояния природных систем (загрязнение атмосферы по ранневесенним снимкам снегового покрова, выявление источников загрязнения водных объектов, оперативное слежение за лесосводкой и др.);
- Определение экологической комфортности территорий по данным о состоянии природной среды, размещение особо охраняемых территорий, обоснование и проектирование рекреационных объектов и т. д.

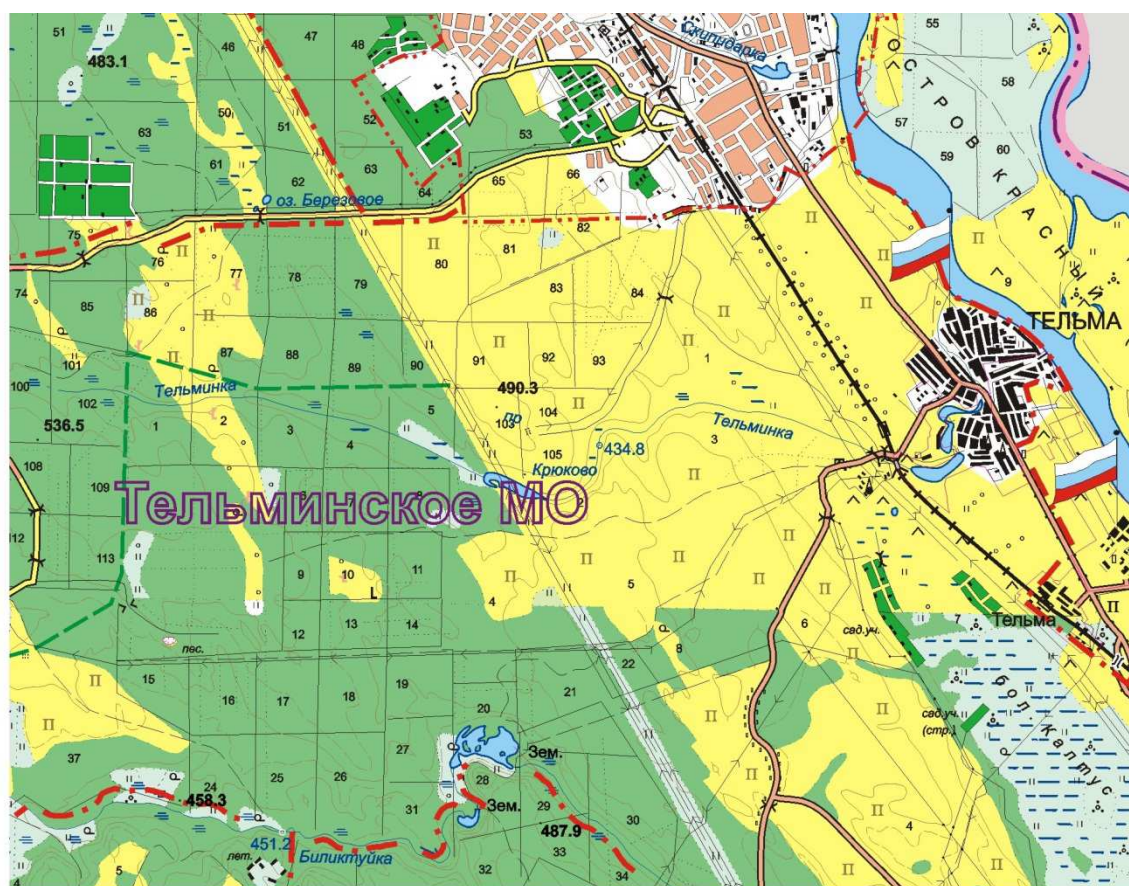
Комплексное отображение на административно-хозяйственной карте общегеографических элементов топографической карты, хозяйственных объектов (лесных и земельных ресурсов, водных акваторий, промышленных и социально-культурных объектов и других элементов) совмещено с отображением элементов административного деления муниципальных образований (МО) всех уровней (рис. 3). На карте показаны границы МО 2-го уровня – Усольский район, и городского округа – г. Усолье-Сибирское; а также границы всех муниципальных образований 1-го уровня (5 городских и 8 сельских поселений).

Для всех МО 2-х уровней на картах в виде таблицы «Перечень и состав муниципальных образований Усольского района» приведены статистические данные, подготовленные на период утверждения состава и границ МО 1-го и 2-го уровней губернатором Иркутской области, включающих:

- Наименование МО и его статус;
- Площадь МО, га;
- Наименование административных центров (Адм. ц.) МО;

- Численность населения административных центров, чел.;
- Число хозяйств в административном центре;
- Состав населенных пунктов (н.п.), входящих в МО;
- Численность населения в н. п., чел.;
- Число хозяйств в н. п.

На Административно-хозяйственной карте Усольского района Иркутской области все административные центры эффектно выделены условными знаками в виде триколорных флажков.



Условные обозначения



Административные центры муниципальных образований 1-го уровня



Границы

Административные границы районов



Административные границы МО 1-го уровня



Границы кадастровых кварталов



Граница г. Усолье-Сибирское

Хозяйственные объекты

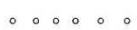
Лесохозяйственные объекты



Вырубленные леса



Горелые и сухостойные леса



Защитные лесонасаждения



Просеки и геологические профили



Границы и номера лесничеств



Границы и номера лесных кварталов

Сельскохозяйственные угодья и объекты



Пашни



Сенокосы



Пастбища



Животноводческие фермы

Рис. 3. Фрагмент твердой копии электронной «Административно-хозяйственной карты Усольского района Иркутской области»

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Карпик, А.П. Методологические и технологические основы геоинформационного обеспечения территорий: Монография / А.П. Карпик. – Новосибирск: Изд-во СГГА, 2004. – 260 с.
2. Напрасникова, Е.В. Подходы и основные результаты исследований урбанизированной территории в условиях Сибири / Напрасникова Е.В., Воробьева И.Б. // Материалы XIII научного совещания географов Сибири и Дальнего Востока (Иркутск, 27-29 ноября 2007 г.). – Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, – 2007. – Т. 2. – С. 89–90.
3. Мазуров, С.Ф. Геоинформационное обеспечение новых муниципальных образований Сибири / С.Ф. Мазуров, Л.А. Пластинин, Р.В. Корюгин // Геодезия и картография, – 2007. – № 9. – С. 56–61.
4. Мазуров, С.Ф. Инновационно-образовательные технологии геоинформационного обеспечения органов власти, хозяйственных структур, бизнеса и предпринимательства в Байкальском регионе Сибири / И.М. Головных, С.Ф. Мазуров, Л.А. Пластинин, В.П. Ступин // Геодезия и картография, – 2007. – № 4. – С. 55–58.
5. Мазуров, С.Ф. Электронная административно-хозяйственная карта районных муниципальных образований Прибайкалья / С.Ф. Мазуров, Л.А. Пластинин, Р.В. Корюгин // Геодезия, картография, кадастр в освоении природных ресурсов Байкальского региона: Материалы 2-й Региональной научно-практической конференции. 23-24 марта 2006 г. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, – 2006. – С. 63–68.

© Н.В. Котельникова, С.Ф. Мазуров, Л.А. Пластинин, 2009

К ВОПРОСУ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

M.A. Kreimer, S.A. Sukhorukova, S.S. Dyshlyuk
SSGA, Novosibirsk

PROBLEM OF NATURE MANAGEMENT

Nature management problem is considered here as a new important trend in thematic mapping. Land use categories which served as a basis for integration model are emphasized.

К настоящему времени в нашей стране накоплен немалый опыт разработки карт, предназначенных для изучения и решения проблем природопользования. В условиях усложнения социальных проблем и значительного ухудшения состояния окружающей среды актуальной становится разработка научного обоснования для сбалансированного их решения. Многоаспектные исследования, проводимые во всех областях науки, дают ответы на крупные проблемные вопросы. Среди них важное место занимают географические исследования проблем природопользования.

При этом в географических исследованиях интегрирующую роль играет картографический метод. Для рассмотрения природопользования как сложного комплекса явлений, возникающих при взаимодействии общества и природы, необходима разработка методологии, теории и методики его картографических исследований для долгосрочного планирования природопользования и природоохранных мероприятий.

Новое актуальное направление в тематической картографии – картографическое отображение природопользования. В основу отбора картографических показателей положены требования нормативных документов министерств и ведомств, осуществляющих использование тех или иных видов природных ресурсов.

Разработка всех типов карт по отдельным компонентам природы и природным комплексам, а также по территориальным единицам, в рамках которых осуществляется комплексное правление природоохранной деятельностью, обеспечит покомпонентное, суммарное и интегральное изучение различных аспектов проблемы природопользования и др.

Сложная тематическая структура систем карт, различные аспекты исследования и подходы к изучению природных процессов диктуют объем, характер и содержание работ, в которых должны сочетаться подготовительные, картосоставительские и редакционные процессы. На картах должны быть

изображены не только инвентаризационные характеристики природы и ее компонентов, но и разнообразные оценочные и прогнозные показатели изменения среды, а также рекомендации оптимальных направлений ее использования. Предусматривается тесное содружество исследователя-картографа со специалистами в области природопользования. Это обеспечивает эффективный и полный отбор картографических средств, приемов и прогрессивных технологических схем создания карт.

Необходимо сформулировать назначение карты и предъявляемые к ней требования, оценить заданный масштаб (в отдельных случаях обосновать его выбор), установить содержание(объекты, процессы, явления, показатели, характеризующие единицы картографирования, привлечь типологические и другие классификации и т.п.), принципы его отбора и обобщения, обосновать распределение показателей картографирования между основной картой и картой-врезкой(если она предусмотрена целевым назначением), разработать легенду карты, сформулировать общие принципы составления и оформления и т. п.

Обоснование масштабов карт составляет важную часть методических рекомендаций. В частности, рекомендованы: выбор единого ряда масштабов карт для всех природно-хозяйственных регионов, областей, районов, с тем, чтобы единый подход к отображению основного содержания, отбору и показу основных объектов картографирования всех географических элементов по границам.

Изучение карт природы разного назначения, опыт экспериментальных разработок по созданию отдельных типов карт, позволяет рекомендовать общую систему масштабов карт (например, административные районы – от 1:100 000 – 1:300 000; природно-хозяйственный регион, административная область – 1:300 000 – 750 000; Российская Федерация – от 1:2 500 000 и мельче).

Такая система масштабов для карт разных регионов в значительной мере облегчает их визуальное сравнение и получение на этой основе ценных научных обобщений.

Картографирование выполняет три функции. Во-первых, с его помощью создание программы обеспечивается необходимыми пространственными сведениями о регионе. Эту функцию картографирования можно назвать информационной. Во-вторых, картографирование выполняет роль метода исследования региональных систем и принятия решений по их развитию – алгоритмическая функция. В-третьих, картографирование выполняет языковую функцию, выступая в роли средства пространственного представления программных решений по развитию региональных систем.

Основная задача, которая ставится перед данным видом картографирования – помогать принимать обоснованные эффективные решения по развитию региональных систем и проводить эти решения в жизнь.

Важным видом практической деятельности человека является территориальное планирование (ТП). Объекты ТП следует рассматривать как целостные сложно-организованные системы. В их изучении, с целью

разработки основных направлений развития, особое значение имеет системное картографирование.

Основные показатели и особенности составления карт устанавливаются со строгим учетом вопросов, разрабатываемых в территориальном плане. На карте целесообразно сопоставить их со средним по стране, республике, области, району, что позволяет устанавливать отклонения в развитии хозяйства и природоохранной деятельности отдельных регионов.

При разработке содержания карт соответствующего уровня планов необходимо исходить из основного положения ТП, что план города является детализацией плана административного района, план района – детализацией плана области и т. д. Содержание карт для планов этих иерархических уровней будет отличаться от карт республики большей детализацией, а от карт территориального плана города напротив – обобщением объектов картографирования и характеризующих их показателей.

Комплексную характеристику природы целесообразнее всего давать на основе ландшафтной карты. Дополняя ее информацией по отдельным природным компонентам. Ландшафтная карта является одним из важнейших документов, отражающих современное состояние изученности природы конкретной территории. Масштаб карты находится в функциональной связи с ее назначением. Масштабы от 1:1 000 000 до 1:4 000 000 хорошо соответствуют региональному порядку геосистем.

Картографическая интерпретация показателей ведется на различных территориальных уровнях и в различных аспектах: от небольших территорий (например, заповедников, заповедно-охотничьих хозяйств), до значительных – области, края, республики, страны, всей планеты. Поэтому необходимо создавать карты разного назначения, масштабов и содержания с различной степенью обобщения показателей.

При установлении содержания комплексных карт необходимо учитывать состояние природно-территориальных комплексов, их элементов, происходящие в них процессы; взаимосвязи между объектами охраны, явлениями и процессами в природе; особенностями изменения окружающей среды под воздействием природных факторов, производственной и непроизводственной деятельности общества на разных этапах исторического развития; обеспеченность населения и производства отдельными видами природных ресурсов. Важно изучить результаты воздействия человека на природу, которые могут быть положительными или отрицательными и вызывать обратимые и необратимые изменения в окружающей среде, наносить прямой или косвенный ущерб природе. Необходимо выбрать систему показателей для оценки положительных и отрицательных воздействий человека на окружающую среду.

Анализ имеющейся информации по вопросам охраны окружающей среды позволяет определить следующую тематику основных общих карт: карты водного фонда, карты лесного фонда, карты особо охраняемых природных территорий, карты земель населенных пунктов, карты сельскохозяйственного назначения, карты промышленности, карты природно-климатических условий.

Все классификации природопользования условны относительно ландшафтного районирования, но в то же время необходимы для оптимизации расходов эффективного управления, в котором всегда рассматриваются вопросы собственности на основе категорий землепользования.

В Земельном кодексе выделено семь категорий землепользования, которые являются правовой основой определения форм собственности. С точки зрения административно-территориального деления можно выделить элементы картографирования. Расположенные на территории объекта, муниципального образования, субъекта федерации, Российской Федерации. Таким образом, мы имеем модель интеграции, состоящей из семи строк и четырех колонок. В них будут пересекаться системы природопользования и алгоритмы по их управлению. Например, водоохранная зона в целях управления отражена на уровне муниципального образования, субъекта федерации и Российской Федерации, а санитарно-защитная зона – на уровне объекта и муниципального образования (табл. 1).

Таблица 1. Модель интеграции

Категории землепользования	Российская Федерация	Субъект федерации	Муниципальное образование	Объект
Водного фонда	БО, ВОЗ	БО, ВЗ	ВОЗ, П.	П.
Лесного фонда	ЛП	ЛП	ЛП	
Особо охраняемые территории	КЗ	КЗ	КЗ	КЗ
Населенных пунктов		ЗСО	СЗЗ, ЗСО, ФЗ, Г	СЗЗ, ЗСО, Г
Сельскохозяйственного назначения				
Промышленности		ФЗ	ФЗ	СЗЗ
Природно-климатические условия	ОПВ, КР	ОПВ, КР	ОПВ, КР	ОПВ, КР

ОПВ – опасные природные воздействия; СЗЗ – санитарно-защитные зоны; БО – бассейновые округа; ЗСО – зоны санитарной охраны; КЗ – категории заповедных земель; ФЗ – функциональные зоны; ЛП – группы лесопользования; Г –гостиницы; ВОЗ – водоохранные зоны; КР – климатические районы; П – пляжи

Изучение территориальной организации природопользования можно считать одной из актуальных задач современной картографии, так как только при помощи карт можно рассмотреть в пространственно-временных пределах именно те связи и отношения между ее элементами, которые создают проблемы природопользования.

УДК 528.9:004

И.Е. Курбатова

Институт водных проблем РАН, Москва

ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РЕШЕНИЙ НЕКОТОРЫХ ЗАДАЧ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ «ВОДОСБОР – ВОДОЕМ»

I.E. Kurbatova

Russian Academy of Sciences, Water Problem Institute

3, Gubkin str., Moscow, 119333, Russia

GEO-INFORMATIONAL PROVIDING SOME PROBLEM DECISIONS OF ECOLOGICAL CONDITION ASSESSMENT FOR THE «WATERSHED – RESERVOIR» SYSTEM

The structure of GIS cartographical block for river basin has been described. Communicatory potentialities of remote sensing data and the most effective directions of their application have been appreciated. The series of basic and thematic maps has been charted for transboundary basin of the Hanka Lake. Ecological condition assessment for its particular catchments has been carried out.

К наиболее значимым природным ресурсам относятся пресные воды, которые не только представляют собой самостоятельную ценность для государства как важнейший источник жизнеобеспечения, но и являются чувствительным индикатором оценки благополучия всей окружающей среды. В последние годы все большее распространение находит бассейновая концепция природопользования, позволяющая рассмотреть систему «водосбор – река – приемный водоем» как единое целое, поскольку экологическое состояние вод напрямую зависит от явлений и процессов, происходящих на водосборе. Именно бассейн как геосистема должен служить ячейкой моделирования гидрологических процессов, водохозяйственного и водоохранного районирования. В модели оптимального управления природными ресурсами концептуальная роль также должна принадлежать речному бассейну как естественной единице природохозяйственного управления, что позволит оптимизировать задачи организации и контроля природопользования. Четкая иерархическая структура бассейнов определяет соподчиненность и последовательность принятия решений на разных управленческих уровнях (федеральном, республиканском, областном, местном административном). Для каждой единицы крупности может быть сформулирован свой круг задач и выделены конкретные проблемные блоки. Компьютерные системы поддержки принятия водохозяйственных решений разрабатываются на основе комплекса взаимосвязанных моделей, позволяющих отслеживать изменения природного и

хозяйственного характера, включая показатели состояния водных ресурсов. Особое место среди программного обеспечения математических моделей водопользования занимают геоинформационные системы (ГИС), которые обеспечивают систематизацию сбора, хранения и преобразования информации для получения новых данных и знаний о пространственно-временных явлениях и процессах в речных геосистемах. Наиболее часто встречаются ГИС водных ресурсов края или административной области. Комплексные ГИС экологического состояния единой системы «водосбор – водоток – приемный водоем» пока единичны. В данной работе рассматривается структура картографического блока ГИС и оцениваются реальные возможности использования данных дистанционного зондирования в качестве источника информации при составлении карт различной тематики и назначения.

Основными задачами ГИС речного бассейна являются: 1) информационно-справочное обеспечение потребителей; 2) анализ взаимосвязей системы «водосбор – водоем»; 3) моделирование и прогнозирование последствий природных и антропогенных воздействий на экологическое состояние бассейна и приемного водоема. База геоданных должна содержать разностороннюю и достоверную информацию для решения современных водохозяйственных и природоохранных задач – картографическую, спутниковую, атрибутивную, текстовую. В последние годы особенно сильно ощущается недостаток фактологической базы – регулярных гидрологических, гидрохимических наблюдений на стационарных пунктах и передвижных постах (речных, морских, устьевых, береговых, пойменных), результатов сезонных полевых обследований. В этих условиях возрастает роль аэро- и космической информации. Интеграция картографии, дистанционного зондирования и геоинформатики открывает новые возможности в применении этого метода, причем именно системные географо-картографические принципы познания окружающей среды способны гарантировать надежность принимаемых решений и составляют концептуальную основу ГИС.

На начальном этапе базовые карты служат для привязки и интерпретации материалов космической съемки (КС). По результатам дешифрирования составляются тематические карты на район исследований, отображающие современное состояние изучаемых водных и водохозяйственных объектов, специфику их развития, остроту экологической обстановки, экстремальные ситуации и пр. Совместный анализ фондовых космических изображений (за последние 30–40 лет) и архивных картографических материалов (за 40–100 лет) позволит оценить интенсивность происходящих изменений как на водосборе в целом, так и на отдельном объекте – например, водохранилище, созданном в середине XX века. Такой подход поможет составить наиболее вероятные варианты прогноза развития изучаемых процессов, к примеру, смену сукцессионных рядов растительности в прибрежной заболачиваемой зоне водохранилища.

Использование материалов космической съемки наиболее эффективно при исследованиях по следующим направлениям:

- Инвентаризации и оценки состояния водных объектов суши (гидрографической сети, береговых зон и акваторий озер и водохранилищ);
- Слежения за динамикой береговых зон морей (приемных водоемов), обусловленной природными и антропогенными факторами, в том числе приводящими к экстремальным ситуациям или вызывающими стихийные бедствия;
- Определения размеров и конфигураций областей смешения речных и морских вод как распресненных участков морских акваторий с повышенными мутностью и загрязненностью;
- Изучения циркуляции прибрежных вод как фактора переноса загрязняющих веществ;
- Установления структуры, характера землепользования и степени антропоизации речных водосборов (определения типов поселений и застроенности территории, развитости транспортной сети, наличия крупных промышленных зон, мест добычи полезных ископаемых, интенсивности сельскохозяйственного освоения, орошаемых территорий, залесенности, заболоченности и пр.).

Современная съемочная аппаратура, устанавливаемая на ИСЗ, позволяет получать фотоизображения земной поверхности с высокой степенью пространственного разрешения (от 1–2 до 10–15 м) в различных диапазонах спектра (с большими и средними временными интервалами) и цифровые сканерные изображения среднего разрешения, получаемые практически в реальном масштабе времени. Большое распространение в последние годы получила высокоинформативная всепогодная радиолокационная съемка. Постоянное совершенствование технических характеристик аппаратуры, приводящее к увеличению пространственного разрешения, делают этот вид съемки весьма перспективным.

Для решения задач каждой конкретной тематики целесообразно использовать различные типы КС. Так, при изучении быстропротекающих процессов, охватывающих значительные площади акватории, в том числе определяющих динамику береговой линии морей, больших озер и водохранилищ при изменении их уровня, штормовых нагонах, половодьях и паводках крупных рек, целесообразно использовать материалы спектрозональной сканерной и радиолокационной КС с разрешением 30–100 м, получаемые в реальном масштабе времени. Детальная инвентаризация водных объектов для их классификации и составления кадастра, изучение медленно развивающихся процессов на водосборе требуют привлечения крупномасштабных фотографических изображений с разрешением на местности от 2 до 20 м.

Вместе с тем следует отметить, что, используя только материалы КС, невозможно достоверно определить качественный состав водных масс, речных взвесей, получить количественные оценки загрязняющих веществ. Можно лишь косвенно судить (выявив местоположение точечных или площадных источников

загрязнения - промышленных, сельскохозяйственных и др. объектов) о наличии в сточных водах загрязняющих веществ, присущих тому или иному виду производства. Для установления достоверной зависимости между дистанционно регистрируемой яркостью водной поверхности (или водного столба) и количественными характеристиками основных оптически активных компонентов (взвешенных и растворенных минеральных веществ, фитопланктона и пр.) необходимо проведение ряда синхронных подспутниковых экспериментов на наземных полигонах, морских судах, морских гидрологических разрезах. Полученные сведения могут быть с высокой степенью достоверности интерпретированы и для остальных участков.

Таким образом, основным источником пространственных данных для ГИС являются карты, составленные с использованием КС, а одним из универсальных методов исследования, позволяющим в определенной мере восполнить дефицит данных натурных наблюдений и обеспечить новые подходы к их интерпретации, является картографический метод, представляющий строгую систему научно-технических приемов анализа картографических изображений и создания новых типов карт. Использование картографического метода позволяет с достаточной глубиной раскрыть сущность и динамику связей между водно-ресурс-ными, экономическими и экологическими подсистемами, что способствует разработке программ комплексного использования и охраны водных ресурсов.

Разработка бассейновой модели управления природными ресурсами требует особого картографического обеспечения исследований. Проблема создания таких карт необычайно сложна, большое внимание должно уделяться созданию комплексных и синтетических карт на базе карт традиционной тематики, а также разработке карт нового типа, позволяющих представить систему «водосбор-водоток-водоем» как единое целое. Тематическая программа карт должна состоять из двух разделов, характеризующих как влияние водохозяйственных объектов на окружающую среду, так и влияние окружающей среды на состояние и качество водных объектов.

Картографическая база данных должна иметь в основе цифровую топографическую карту необходимого исходного уровня (масштаба), и специализированную топографическую карту гидроэкологического назначения, дополненную тематическими, справочными данными о водных объектах и их характеристиках, их генетических, морфологических, динамических особенностях.

Информационно-справочный раздел блока ГИС включает карты, характеризующие:

а) Общие физико-географические особенности бассейна – его строение, ландшафт, почвы, растительность, гидрологическую изученность, характеристики поверхностных вод и их потенциала;

б) Социально-экономические – административно-территориальное деление, населенные пункты и плотность населения, транспортную сеть, гидротехнические сооружения и т.д.

Аналитический раздел блока раскрывает взаимосвязи системы «водосбор-водоем» с помощью карт, характеризующих:

а) Природный потенциал территории, сезонную и многолетнюю динамику природной среды водосбора, водотоков и приемных водоемов (гидрологические и морфометрические изменения); экологический каркас водосбора (природоохранные объекты, заказники и заповедники, водоохранные зоны пойменных и прибрежных территорий);

б) Антропогенные воздействия на природу водосбора (площадные и точечные) и характеристики водотоков: использования земель с дальнейшим более детальным рассмотрением конкретных для данного бассейна видов деятельности (сельское, лесное, коммунальное хозяйство, промышленность, рекреация и т. д.); использование водных ресурсов (водопотребление, водопользование, гидротехнические сооружения); демографическое давление; загрязнение водосбора (в целом, по компонентам, аварийное загрязнение);

в) Изменения наземных экосистем, обусловленных влиянием водохозяйственных комплексов на природу водосбора (затопление, подтопление, заболачивание, засоление, размыв берегов, трансформация фаций, урочищ водосбора; нарушение растительного покрова, изменение биоразнообразия экотонов, изменчивость пойменных экосистем и т. д.);

Раздел моделирования и прогнозирования последствий природных и антропогенных воздействий на экологическое состояние бассейна и приемного водоема включает группу карт, отражающих возможные последствия различных изменений интенсивности и характера хозяйственного воздействия на природу водосбора и водотоков:

а) Сценарии гидроэкологических ситуаций с различной степенью неблагополучия природных вод, концентрирующих оценку влияния природно - антропогенных факторов, отражающих как гидрологическую, так и общую экологическую безопасность территории водосбора в целом;

б) Опасные, кризисные и чрезвычайные ситуации в ряду «риск – кризис – бедствие» (наводнения при половодьях, паводках, заторах, зажорах, особые ледовые и наледные явления и др.); лавинная и селевая опасность; геолого-геоморфологические опасности (оползни, обвалы, карстовые и термокарстовые провалы и др.);

в) Прогноз состояния и динамики наземных экосистем при изменении воздействий водного фактора, отражающий возможную трансформацию почвенно-растительного покрова прибрежных зон как важного критерия влияния водного режима на состояние экосистем суши.

Следует отметить, что для водосборов с разными видами и интенсивностью хозяйственной деятельности набор тематических карт определяется спецификой ландшафтов водосбора, разной степенью их развития, устойчивостью к антропогенным воздействиям, остротой экологической обстановки, вероятностью возникновения экстремальных ситуаций.

Предложенная концепция картографического обеспечения будет способствовать накоплению научных знаний об экологических связях водных объектов с окружающей средой, их взаимодействиях и взаимовлияниях (в исторический период, на современном этапе развития, в прогнозируемом будущем), поможет определиться с поиском критериев, ограничивающих регулирование речного стока по экологическим показателям, обеспечит научную базу для принятия экологически обоснованных решений для перехода к оптимальному хозяйственному использованию водных ресурсов и сохранению природного потенциала.

В порядке практической реализации теоретических исследований разработана серия тематических электронных карт (в программном пакете Corel DRAW 11), отражающая комплексные характеристики трансграничного бассейна озера Ханка. Базовыми картами (масштаба 1 : 1 000 000) являются:

- «*Строение водосбора озера Ханка*», на которой показана гидрографическая сеть и границы частных водосборов рек, впадающих в озеро, как со стороны РФ, так и КНР;
- «*Ландшафтная карта*», на которой представлены основные виды ландшафтов межгорных и предгорных равнин, гор и низкогорий бассейна.
- «*Опасность наводнений*», где показаны области затопления, участки разливов рек, приведены таблицы с характеристиками крупных наводнений 1914–2005 гг.

В качестве примера аналитических карт можно привести следующие карты:

- «*Интенсивность использования земель*», на которой отображено антропогенное воздействие на территорию всего бассейна. Выделены: ненарушенные земли (леса, луга, заповедники, болота); земли с минимальным антропогенным воздействием (пастбища, сенокосы); земли с умеренным антропогенным воздействием (поселки сельского типа, огороды); земли с сильным антропогенным воздействием (пашни, рисовые чеки, вырубки, поселки городского типа); земли с интенсивным антропогенным воздействием (центры добычи полезных ископаемых, промышленные центры, пути сообщения и т. д.).
- «*Эколого-географическая карта бассейна озера Ханка*», на которой показаны результаты ранжирования территории частных водосборов бассейна озера по степени нарушенности природных ландшафтов – всего 5 категорий (ненарушенные, слабо нарушенные, умеренно нарушенные, сильно и максимально нарушенные).

Значимость экологического состояния водосбора для оценки состояния приемного водоема определяется суммой характеристик, отражающих его физико-географические, социально-политические и экономико-хозяйственные особенности. Наши расчеты показали, что наиболее благоприятная экологическая ситуация складывается на водосборе р. Комиссаровка (5 баллов),

соответствующая слабой степени нарушенности. Водосборы трех рек – Усачи, Мельгуновка и Спасовка, а также области местного стока можно отнести к категории территорий средней степени нарушенности (11–12 баллов). Наиболее сложная ситуация складывается на водосборах р. Илистая и рек КНР (соответственно 17 и 14 баллов), степень нарушенности ландшафтов которых оценивается выше средней и приближается к сильной. Полученные результаты можно использовать при выявлении наиболее экологически неблагоприятных участков береговой зоны озера и его акватории, при разработке и реализации совместных российско-китайских программ рационального природопользования и планирования мероприятий по охране водных ресурсов озера.

© И.Е. Курбатова, 2009

УДК 528:629.783

В.В. Щербаков, А.С. Пикалов

СГУПС, Новосибирск

ТЕХНОЛОГИЯ ПОСТАНОВКИ ПУТИ В ПРОЕКТНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ВЕРХНЕГО СТРОЕНИЯ ПУТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЛОНАСС/GPS

V.V. Shcherbakov, A.S. Pikalov

Siberian State University of Railway Engineering (SGUPS)

191 D. Kovalchuk Ul., Novosibirsk, 630049, Russian Federation

TECHNOLOGY OF TRACK ARRANGEMENT INTO DESIGN POSITION UNDER USING GLONASS/GPS FOR PERMANENT WAY RECONSTRUCTION

The existing technologies of track alignment in Russia are based on relative method of measurements. This method is easy to apply, and therefore it is widely used by RZD. The disadvantages of this method and the technology of track arrangement into design position have been known as a problem for a long time. They are directly related to the relative methods of track alignment. The principal disadvantages of this method are related to the alignment of the long curves in horizontal and vertical planes, curve nonlinear variation, direct visual availability.

The recent development of coordinate metrology methods and creation of control system for track alignment has been possible due to the evolution of the Global Navigation Satellite Systems GPS and GLONASS. The experience of creation of these technologies and control systems for track alignment was obtained in Siberian State University of Railway Engineering. This result has a beneficial effect and is of great scientific and practical interest.

В настоящее время постановка пути в проектное положение выполняется с использованием проектных данных в относительных величинах, как правило, это расстояние между осями проектируемого и соседнего пути, превышение относительно исходной точки. Методика постановки пути в проектное положение заключается в расчете сдвижек и подъемов относительно соседнего пути и с использованием специальной рейки с делениями для определения фактического положения и сдвижки пути на расчетную величину. Данная методика проста в реализации и организации работ и поэтому является наиболее распространенной в настоящее время в ОАО «РЖД». Недостатки данной методики и технологии постановки пути в проектное положение давно известны и являются проблемой, напрямую связанной с использованием относительных методов выправки пути. Основные проблемы связаны с выправкой длинных неровностей в плане и вертикальной плоскости,

нелинейные изменения кривизны, наличие прямой оптической видимости при использовании специальных оптических приборов типа ПРП-1М, ограничение работы в ночное время и т. д. Кроме того, временной интервал между изыскательскими работами и реконструкцией пути может достигать нескольких месяцев, что приводит, из-за динамических нагрузок, к смещениям пути, как в плане, так и по высоте. В совокупности данные недостатки ограничивают дальнейшее развитие относительных методов при постановке пути в проектное положение. Для уменьшения влияния приведенных недостатков разрабатываются лазерные построители плоскости, осевой линии и т. д. В России рационализаторы Приволжской дороги разработали и успешно применяют систему управления выправкой пути СУПРМ. В Австрии и Италии используется система EM-SAT. На базе лазерных измерительных систем разработаны десятки различных конструкций, приборов, предназначенных для постановки пути в проектное положение, включая системы управления выправкой пути. Эти системы позволяют исключить некоторые недостатки относительных методов за счет длинной базы измерения, включая длинные неровности. В целом, все недостатки относительных методов решить с использованием приборов создающих опорную базовую линию нельзя без жесткой привязки к реперным геодезическим пунктам опорной сети или другим пунктам с известными координатами. Для того чтобы использовать геодезические координаты для выправки пути необходимо иметь проектные данные в какой-либо системе координат. До последнего времени координатный метод позволял при проведении геодезических работ получить более качественный проект, при этом автоматизированных средств для управления выправкой пути с использованием координат не существовало. Создание систем управления выправкой пути в последние годы стало возможным благодаря развитию Глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) GPS и ГЛОНАСС. Таким образом, наличие проекта в геодезических координатах и функциональная возможность автоматизированного определения координат с использованием ГНСС в реальном времени на протяжении до 10 км с точностью приемлемой для постановки пути в проектное положение являются главными предпосылками для создания СУВП принципиально нового класса. Системы управления строительной техникой, в частности для планировочных работ на базе ГНСС известны и широко применяются при строительстве и ремонте дорог. Эффективность этих систем управления заключается в сокращении затрат на перемещение грунта и строительных материалов на строительной площадке, повышении качества планировочных работ и повышении производительности работ. Постановка железнодорожного пути в проектное положение принципиально не отличается от планировочных работ. При этом наибольший эффект может быть достигнут при использовании ГНСС на наиболее трудоемких работах на скоростных магистралях при постановке пути в проектное положение с использованием координатных методов (пространственного положения пути).

Использование координат при создании проекта позволяет исключить длинные неровности в плане и по высоте. Выставка пути в проектное

положение с использованием координат значительно эффективнее по сравнению с использованием относительных методов. Повышается точность выставки пути в проектное положение, упрощается организация подготовки разбивочных работ.

Изыскательские работы при использовании координатных методов проектирования выполняются с использованием тахеометров и спутниковых приемников позиционирования (ГНСС) и специализированных средств типа АПК «Профиль».

Структура данных включает пространственно-временные данные (координаты X , Y , H), по которым вычисляются линейная координата S (путь) и геометрические параметры. Главным достоинством структуры данных является однозначное определение местоположения любой точки пути при многократных проходах выправочно-рихтовочных машин, вагонов-путеизмерителей и другой техники с погрешностью 1–2 см. Это позволяет использовать для получения исходных данных АПК «Профиль», а машины типа ВПР, электробаластер, «Доуматик» оснастить спутниковым приемником позиционирования (ГНСС). Такой подход позволяет использовать опорную сеть специальной реперной сети, пункты государственной геодезической сети или работать в условной системе координат, предварительно закрепив на местности временные репера. Эффективность данного подхода к выправке пути заключается в исключении разбивочных работ и сведению к минимуму затрат на геодезические работы.

Анализ результатов опытно-методических работ, выполненных на Октябрьской и ЗСЖД, по оценке состояния рельсовой колеи по геометрическим параметрам показал наличие длинных неровностей в плане и вертикальной плоскости (продольном профиле). Длинные неровности характерны для всей сети ОАО «РЖД», их появление связано с применением технологии машинной выправки пути (метод сглаживания), а также влиянием динамики движения поездов, методами проектирования и т. д. При этом длинные неровности являются препятствием для скоростного движения, кроме того, влияют на взаимодействие «рельс-колесо». Длинные неровности выявляются на хордах более 100 метров. Таким образом, координатный способ (патент № 2261302) позволяет в широком диапазоне определять геометрические параметры рельсовой колеи и использовать их для расчета сдвижек и подъемов.

СГУПС впервые в России разработал и изготовил опытный образец измерительной системы, в основе которого лежит координатный метод.

Измерительная система выправкой пути с условным названием «Курс» разрабатывается для определения (расчета) величины параметров выправки пути по координатам в реальном времени, визуализации проектного положения пути и текущего положения измерительной тележки выправочных машин.

Система «Курс» может быть установлена на электробаластер ВПР, и другие выправочные машины. Изготовлен один экспериментальный образец. Основным отличием системы «Курс» от аналогичных систем отечественных и зарубежных фирм является расчет параметров выправки по геодезическим координатам. Принцип работы системы «Курс» основан на сравнении в

процессе движения геодезических текущих координат измерительной тележки выправочно-рихтовочной машины с проектными координатами, расчет отклонения текущего положения измерительной тележки от проектного и визуализации отклонений. Для выполнения работ с данной измерительной системой необходимы проектные координаты, при этом не требуется каких-либо разбивочных работ. Устройство измерительной системы «Курс» включает спутниковый приемник позиционирования (ГНСС), систему линейных перемещений СЛП состоящую из 2 лазерных измерителей расстояний, системы ориентации лазерных датчиков, акселерометра, контроллера и компьютера.

Проектные координаты могут быть получены различными средствами, при этом одним из условий выправки пути является трансформирование проектных координат, в систему координат измерительного комплекса выправочной машины «Курс». Методика выправки пути по текущим координатам с использованием измерительной системы «Курс» заключается в совмещении траектории движения с проектной линией в плане и профиле. После прохода сохраняются координаты X, Y, H фактического положения пути. Данные о фактическом положении пути могут быть использованы при повторном проходе или других целях.

Проектно-изыскательские работы в РФ с применением координатных методов, в настоящее время, выполняют Иркутскжелдорпроект и Ленжелдорпроект.

Технология выправки пути при наличии геодезических координат остается традиционной. Качество выправочных работ повышается за счет исходных данных, применения АПК «Профиль» на подготовительном этапе и последующих этапах.

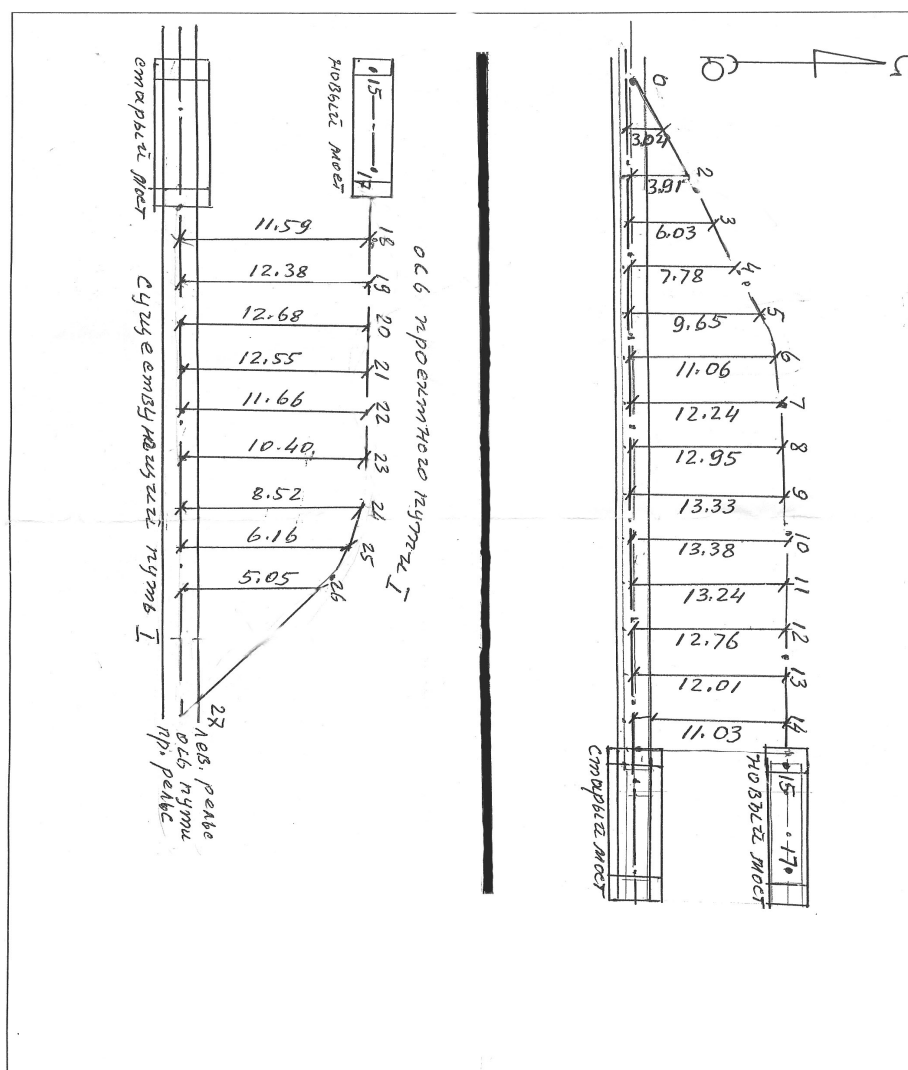


рис 39

Схема разбивочных работ

Рис. 1. Пример разбивочной схемы

Для устранения недостатков относительных методов, примененных при изысканиях, наиболее эффективным способом является дополнительная натурная съемка непосредственно перед выправкой пути. Для этих целей целесообразно использовать АПК «Профиль», так как производительность составляет 4 км/час, при этом в результате выполнения натурных съемок получаем продольный профиль, характеристики кривых, плановое положение оси пути, геометрические параметры ширины колеи, возвышение рельса, положение рельсовых нитей в плане и вертикальной плоскости. Исходными проектными данными в данном случае являются схема разбивочных работ и продольный профиль (рис. 1).

С использованием программного комплекса «ЖЕЛДОРПУТЬ» по формулам:

$$\left. \begin{aligned} X_{i_{пр}} &= X_{i_{изм}} + l_i \cdot \cos(\alpha_i + 90^\circ); \\ Y_{i_{пр}} &= Y_{i_{изм}} + l_i \cdot \sin(\alpha_i + 90^\circ); \end{aligned} \right\}$$

где $X_{i_{np}}$, $Y_{i_{np}}$ – координаты проектного пути в i -ой точке; $X_{i_{изм}}$, $Y_{i_{изм}}$ – координаты соседнего пути в i -ой точке АПК «Профиль»; l_i – проектное расстояние между осями; α – курсовой (дирекционный) угол в i -ой точке;

рассчитываются координаты оси проектного пути. Учитывая, что фактическое положение пути на момент съемки АПК «Профиль» будет отличаться от пространственного положения на момент проведения проектно-изыскательских работ в проектные данные вносятся поправки в сдвиги.

Выправка может выполняться с использованием существующих путевых машин с наличием штатных систем управления выправкой. Для этого по формулам:

$$\left. \begin{aligned} \Delta X_{i_{np}} &= X_{i_{np}} - X_{i_{изм}}; \\ \Delta Y_{i_{np}} &= Y_{i_{np}} - Y_{i_{изм}}; \end{aligned} \right\}$$

$$l'_{i_{np}} = \sqrt{\Delta X_{i_{np}}^2 + \Delta Y_{i_{np}}^2}.$$

где $l_{i_{np}}$ – расстояние между осями проектного и соседнего пути;

рассчитываются откорректированные расстояния между осями соседнего и проектного пути. Данные пикетажных значений и расстояний между осями соседнего и выправляемого пути, позволяют, не нарушая сложившейся практики, выставлять путь в проектное положение с более высоким качеством. Данную методику необходимо рассматривать как переходную от относительных методов выправки пути к координатным методам.

Выправка пути при этом выполняется от соседнего рельса с использованием откорректированной разбивочной схемы. Анализ длинных неровностей выполняется с использованием программного комплекса «ЖЕЛДОРПУТЬ». После каждого этапа выправки с использованием АПК «Профиль» определяет фактическое положение пути в плане и профиле параметры кривых. Испытания, проведенные в сентябре 2008 года показали высокую эффективность разработанной технологии. На 2009 год запланированы широкомасштабные испытания на 5 участках в объеме 60 км.

© В.В. Щербаков, А.С. Пикалов, 2009

УДК 528.2/.4.02:551.24+ 528.06:51-7

Н.В. Шестаков, Г.Н. Герасимов, М.Д. Герасименко

ИПМ ДВО РАН, ДВГУ, Владивосток

УЧЕТ СЕЗОННЫХ ВАРИАЦИЙ КООРДИНАТ GPS/ГЛОНАСС ПУНКТОВ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ СОВРЕМЕННЫХ ДВИЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ

N.V. Shestakov^{1,2}, G.N. Gerasimov^{1,2}, M.D. Gerasimenko^{1,2}

¹Institute of Applied Mathematics Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences

(IAM FEB RAS)

²Far Eastern National University (FENU)

Bld.7, Radio st., Vladivostok, 690041, Russian Federation (IAM FEB RAS)

Bld.27, Oktyabrskaya st., Vladivostok, 690000, Russian Federation (FENU)

UTILIZATION OF SEASONAL VARIATIONS OF COORDINATES OF GPS/GLONASS SITES FOR DETERMINATION OF RECENT CRUSTAL MOVEMENTS

At a present day, GPS/GLONASS observations are widely used for investigation of recent crustal movements. It is proved, that results of such observations undergo seasonal variations from a few millimeters up to 1.5 centimeter. In case of small amount of GPS/GLONASS measurements ignoring of these variations can lead to incorrect estimates of annual velocities of geodynamic site's movements. We are suggesting to use the «averaged» values of amplitudes and phases of seasonal variations as a-priori information for velocity estimation on geodynamic sites with small amount of geodetic data. Such «averaged» values can be obtained by utilizing data of global and regional GPS/GLONASS networks. Efficiency of suggested method demonstrated by using simulated and real data of GPS observations.

В настоящее время GPS/ГЛОНАСС наблюдения широко используются для исследования современных движений земной коры. Установлено, что результаты таких измерений испытывают сезонные вариации в пределах от нескольких миллиметров до полутора сантиметров. При малом количестве спутниковых наблюдений, игнорирование таких вариаций может привести к некорректной оценке среднегодовых скоростей смещений геодинимических пунктов. Мы предлагаем использовать «усредненные» величины амплитуд и фаз сезонных вариаций, оцененных по данным глобальных и региональных GPS/ГЛОНАСС сетей, в качестве априорной информации при определении скоростей смещения пунктов геодинимических сетей с малым количеством измерений. Эффективность предлагаемого метода демонстрируется с использованием искусственно сгенерированных и реальных данных GPS наблюдений.

© *Н.В. Шестаков, Г.Н. Герасимов, М.Д. Герасименко, 2009*

УДК: 528.344:629.783

Н.К. Шендрик

СГГА, Новосибирск

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДИКИ ПСЕВДОСТАТИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ GPS-ИЗМЕРЕНИЙ В РЕЖИМЕ СТАТИКИ

N.K. Shendrik

SSGA, Novosibirsk

PSEUDOSTATIC SURVEY APPLICATION FOR GPS-MEASUREMENTS PROCESSING IN STATIC MODE

The author offers using «pseudostatic» survey techniques for transformation and processing of GPS-measurements files, produced in «static» mode. Typical examples of this method application are shown. File conversion is made in format RINEX by algorithmic program developed by the author.

Методика псевдостатической съемки («реокупация») предполагает, чтобы измерения на определяемых точках производились в течение примерно 10 минут и не менее двух раз в каждом пункте сети с приблизительно 1–3 часовым интервалом между ними [1, 2]. Все измерения должны быть записаны в один файл. Принципиальная схема спутниковых измерений в этом режиме для пары приемников BASE-ROVER показана ниже на рисунке 1, где Т – ось времени:

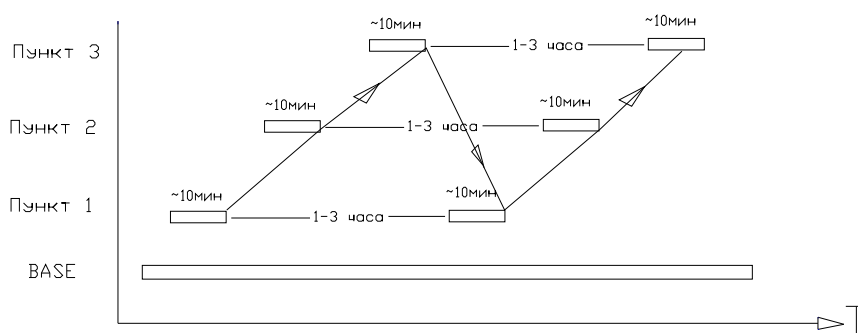


Рис. 1. Принцип измерений в режиме псевдостатики

Преимущество такого режима измерений определяется, во-первых, возможностью гибкого выбора наиболее благоприятных условий измерений и, во-вторых, исключением, по сравнению с кинематикой, срывов циклов фазовых измерений при перемещении с точки на точку. К недостаткам относится более низкие производительность и экономичность полевых работ за счет дополнительных временных и транспортных издержек. В современных руководствах по спутниковой аппаратуре описание псевдостатической съемки отсутствует.

Тем не менее, данная методика остается актуальной и может быть адаптирована к другим вариантам своего применения, в частности, при обработке файлов статических измерений, например, в следующих случаях:

- а) Предоставление данных базовой станции одним файлом с двумя и более детерминированными интервалами измерений для одного заказчика;
- б) Исключение некачественных интервалов измерений, в том числе, вызванных неблагоприятными условиями или иными причинами;
- в) Обеспечение условий независимости базовых линий по составу спутниковых «созвездий».

Структура таких файлов, формально, будет соответствовать требованиям псевдостатической съемки, но с более произвольным временным распределением измеренных интервалов в зависимости от требований и условий использования.

Важным отличием предлагаемой методики применения аналогов «псевдостатических» файлов является то, что они могут быть образованы в камеральных условиях из файлов обычной статики и могут быть более гибко адаптированы в соответствии с требованиями к условиям обработки или в процессе анализа качества полученных измерений.

Преобразование статических файлов измерений к виду «псевдостатических» осуществляется в формате RINEX с помощью модифицированной алгоритмической программы [3]. Структура преобразованных файлов принципиально имеет вид, изображенный на рис. 2.

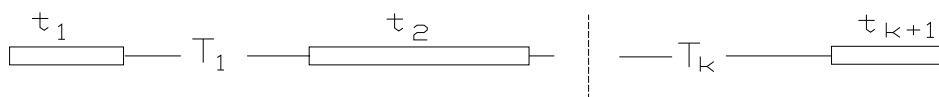


Рис. 2. Структура «псевдостатического» файла, преобразованного из статического

Временные интервалы t и T должны соответствовать требованиям «псевдостатической» съемки (для «роверных» файлов), то есть обеспечивать условия для связи («склейки») фрагментов фазовых наблюдений в единое целое в обрабатывающей программе (ПО).

Данная методика апробирована автором в практической работе при выполнении хоздоговорных НИР, в том числе, при определении пунктов геодезического обоснования, при работе на пунктах триангуляции с сохранившимися наружными сигналами, при привязке к пунктам международной геодинамической сети.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Trimble Navigation. Model 4000SST GPS Surveyor. Operation Manual. Part Number 14907. April 1991. Revision C.
2. Антонович, К.М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии [Текст]: монография. Т. 2. ГОУ ВПО «СГГА». – М.: Картгеоцентр, 2006. – С. 65, 145–146.

3. Шендрик, Н.К. Контроль GPS-измерений с использованием формата RINEX [Текст] // Геодезия, Геоинформатика, Картография, Маркшедерия. Т. 1. Ч. 2. Третий Междунар. конгр. «Гео-Сибирь-2007». – Новосибирск: СГГА, 2007. – С. 225–227.

© Н.К. Шендрик, 2009

УДК 681.783.25

В.М. Тиссен, А.С. Толстиков, А.Ю. Балахненко

СНИИМ, Новосибирск

ПРИМЕНЕНИЕ ГАРМОНИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ВРАЩЕНИЯ ЗЕМЛИ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ВЫСОКОТОЧНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВСЕМИРНОГО ВРЕМЕНИ В ИНТЕРЕСАХ ГНСС ГЛОНАСС

V.M. Tissen, A.S. Tolstikov, A.Yu. Balakhnenko

Siberian State Metrology Research Institute

APPLICATION OF EARTH ROTATION HARMONIC MODEL FOR ACCURATE FORECASTING OF UNIVERSAL TIME IN THE INTERESTS OF GNSS GLONASS

The problems, arising when developing the methods for accurate forecasting of astronomical universal time, are considered. The authors show the way of solving these problems through the development of an adequate harmonic model of Earth rotation. Forecast evaluation made by the Siberian State Metrology Research Institute is compared with that of IERS.

Изучение процесса вращения Земли играет первостепенную роль для многих наук о Земле. В геофизике это позволяет избавляться от ложных гипотез при построении моделей ее внутреннего строения. В метеорологии уточнять модели глобального изменения климата; в задачах геодинамики и геодезии определять параметры ориентации земной системы координат относительно инерциальной звездной.

С появлением на околоземных орбитах космических аппаратов (КА) навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS еще более возросла потребность в высокоточном определении и прогнозировании параметров вращения Земли (ПВЗ) – координат полюса x_p , y_p и разностей $dUT1 = UT1 - UTC$ между всемирным временем $UT1$ и координированным временем UTC существенно возросли. Однако, несмотря на высокий уровень современных научно-технических разработок в области прогнозирования ПВЗ получение 15-суточных прогнозов поправки часов ($dUT1$) к координированному времени с интегральной среднегодовой погрешностью не более 1 мс остается сложной проблемой. Потребность в таких результатах, прежде всего, возникает в задачах совершенствования эфемеридно-временного обеспечения (ЭВО), которые решаются в рамках модернизации ГНСС ГЛОНАСС.

Существующие методы прогнозирования $dUT1$ основаны на учете трендовых и периодических составляющих изменений в скорости вращения Земли за последние 4–6 лет [1]. Периодические составляющие возникают вследствие сезонных изменений климата и приливов в океане. Сезонные

вариации, обычно аппроксимируются суммой годовой и полугодовой волны, параметры которых, как и параметры тренда, находятся эмпирическим путем с помощью Фурье анализа или МНК по известным значениям $dUT1$. В то время как параметры приливных вариаций рассчитываются на основе физико-математической теории движения Луны и Солнца. Окончательный прогноз, частично учитывающий стохастическую составляющую рядов ПВЗ, обычно формируется с помощью методов авторегрессии, проинтегрированного скользящего среднего или простого экспоненциального сглаживания. В последние годы, также нашли применение методы средней квадратической коллокации (СКК), сингулярного спектрального анализа, искусственные нейронные сети [1].

Главным недостатком, которым обладают перечисленные методы, являются ограничения, накладываемые на массивы выбираемых интервалов исходных данных, на которых оцениваются коэффициенты модели. Вследствие этого прогнозирование даже с помощью самых современных методов всегда требует от исследователя помимо опыта работы с реализацией конкретного процесса в виде временного ряда, некоторого неформального, по сути, эмпирического подхода по выбору того или иного количества тех или иных параметров модели. Так, например, в работе [2] метод авторегрессии и скользящего среднего (АРСС) применяется с разным количеством параметров для прогноза разной длины: на 30 дней – 1 параметр авторегрессии и 5 скользящего среднего, до 90 дней – 1 параметр авторегрессии и 2 скользящего среднего, а для более продолжительного прогноза экстраполируется детерминированная составляющая.

Использование массивов данных только за последние 4–6 лет не позволяют с нужной точностью учитывать нерегулярные длительные вариации астрономического всемирного времени, вызываемые рядом нестационарных природных факторов.

В Сибирском НИИ метрологии разработана методика прогнозирования всемирного времени, в которой трендовые нерегулярные изменения аппроксимируются с помощью многокомпонентной гармонической модели на интервале не менее 75 лет [3]. Такой подход противоречит доминирующей в настоящее время точке зрения о непредсказуемости поведения тренда.

Представление о том, какой относительный вклад в погрешность прогнозирования $dUT1$ на год вносит изменение тренда в существующих детерминированных моделях (модель IERS), можно получить из данных табл. 1, заимствованной из [4].

Таблица 1. Составляющие погрешностей прогнозирования dUT_1 на 1 год

№ п/п	Источник погрешности	СКП экстраполяции M (мс)	m^2 (мс ²)	Вклад в полную погрешность в %
1	Вариация параметров годовой волны	4,9	24,01	0,4
2	Вариация параметров полугодовой волны	2,6	6,76	0,1
3	Вариация параметров тренда	82,1	6 740,41	99,3
4	Неучет 18-летней приливной волны	4,2	17,67	0,2
5	Полная погрешность	8,2	6 788,82	100,0

Из анализа данных табл. 1 следует, что погрешности, возникающие из-за отличия принятых гармонических параметров в модели прогнозирования от действительных, пренебрежимо малы по сравнению с погрешностями, возникающими из-за вариаций параметров тренда.

Таким образом, построение многокомпонентной динамической модели вращения Земли, чувствительной к последним изменениям тренда, оказывается, пожалуй, единственным способом решения проблемы высокоточного прогнозирования ПВЗ и других временных рядов на различные сроки. В частности, результаты прогнозирования всемирного времени, полученные в СНИИМ в 2006–2009 гг. по оценкам независимых экспертов из ГАО РАН Пулково и 4 ЦНИИ (г. Москва) оказались лучше аналогичных результатов в ГСВЧ России и Международной службе вращения Земли (МСВЗ). Это указывает на справедливость подхода к тренду в виде его разложения в гармонические ряды. В спектре таких рядов на фоне главных периодических составляющих: годовой и полугодовой волны, выделяются гармоники с периодами близкими к 22 и 14 годам, а также кратные периоду Чандлера (1.2 года) – 2,4; 3,6; 4,8 и 6 лет, а также с периодами менее года – 320; 305; 260; 212 и 192 суток.

Необходимо отметить, что создание, такой гармонической модели вращения Земли, с помощью которой можно было бы получать длительное время высокоточные прогнозы без ее периодических корректировок крайне затруднительно по двум основным причинам: во-первых из-за ограниченности известных данных UT_1 (точные с 1962 г., приближенные с 1900 г., очень приближенные с 1650 г.); во-вторых, из-за невозможности выполнения полной формализации поставленной задачи. Так при создании гармонической модели априорно предполагается присутствие во вращении Земли только регулярных составляющих. Однако известно, что существуют природные факторы, приводящие к нерегулярным вековым и десятилетним изменениям. К ним в частности относятся: вековое замедление скорости вращения Земли, происходящее из-за действия тормозящих сил от Луны и Солнца; глобальные изменения климата и уровня солнечной радиации; перераспределение масс в

земных недрах после землетрясений и вулканической деятельности, вариации геомагнитного поля, турбулентные движения в ядре, конвективные течения вещества в мантии, процессы перекристаллизации в подкорковом слое и др. Нерегулярные изменения в скорости вращения Земли сильно влияют на рассчитываемые эмпирическим путем параметры принятой прогностической модели, а следовательно приводят к необходимости внесения в нее корректировок и уточнению согласующих условий.

Программная реализация данной методики выполнена на языках программирования Фортран-90 (расчетные модули) и С++ (интерфейс пользователя, программа PVZ). Время, затрачиваемое на получение одного прогноза, в зависимости от режима расчета составляет от 20 с до 2 мин. СКП прогнозирования на 15 дней составляет около 1 мс и 10–15 мс на срок до одного года.

На рис. 1 приведено главное окно программы PVZ с прогнозами МСВЗ и СНИИМ на 90 дней, помеченные соответственно светлыми и темными кружочками.

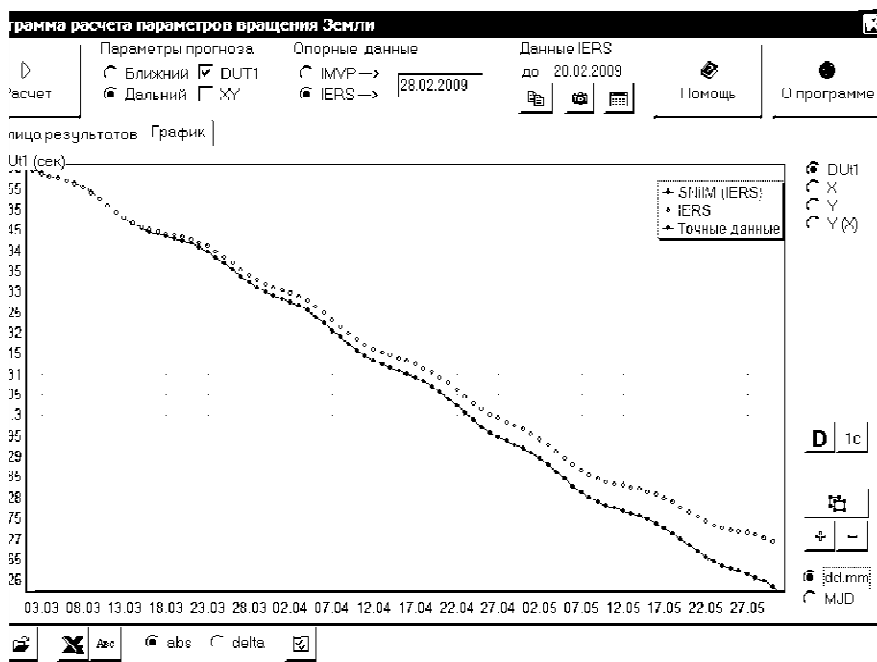


Рис. 1. Главное окно программы PVZ с прогнозами dUT1 на 90 дней, полученными в МСВЗ и СНИИМ от 28 февраля 2009 г.

Для оценки качества прогнозирования всемирного времени по представляемой методике прогнозы, вычисляемые в СНИИМ дважды в неделю и передаваемые по электронной почте в 4 ЦНИИ и ВНИИФТРИ, сравнивались с прогнозами, вычисленными, в те же дни в ГСВЧ (ВНИИФТРИ) и Международной службе вращения Земли и опорных систем координат (МСВЗ, USNO). Прогнозы ГСВЧ и МСВЗ доступны в Интернет по адресам <ftp://ftp.imvp.ru/> и <ftp://maia.usno.navy.mil/> соответственно. Результаты сравнения за период с 30 июня 2008 г. по 16 февраля 2009 г. приведены на рис. 2. Полученные данные показывают, что точность прогноза, вычисленного по

методике, разработанной в СНИИМ, выше, чем точность прогнозов ГСВЧ и МСВЗ. Такой же результат был получен в 2007 г. [3], что показывает устойчивое преимущество методики прогнозирования всемирного времени на основе гармонической модели вращения Земли.

Представляемая разработка предназначена на применение в задачах совершенствования ЭВО ГЛОНАСС и в ближайшем будущем (март, апрель текущего года) ее планируется принять в ГСВЧ России в качестве базовой при составлении прогнозов «Всемирное время» для еженедельных бюллетеней серии «А». Она также может быть полезна при решении задач координатно-временного обеспечения различных подвижных объектов, находящихся продолжительное время в местах недоступных для приема сигналов ГНСС.

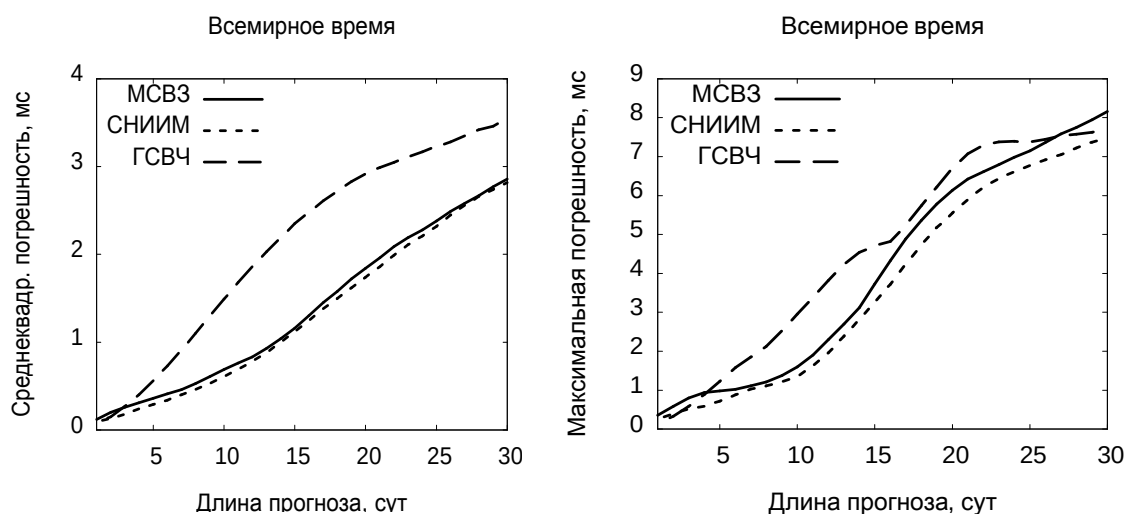


Рис. 2. Сравнительные оценки точности прогнозов dUT1 СНИИМ, ГСВЧ и МСВЗ на 30 дней за период с 30 июня 2008 г по 16 февраля 2009 г., мс. Слева – приведены среднеквадратические погрешности прогнозов, справа – максимальные погрешности за исследуемый интервал

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Горшков, В.Л. О методах прогнозирования в геодинимике / В.Л. Горшков // Изв. ГАО, 2005. – Вып. 214. – С. 143–158.
2. Малкин, З.М. On prediction of EOP / З.М. Малкин, Е.В. Скурихина // Communications of IAA. – СПб., 1996. – Вып. 93.
3. Тиссен, В.М. Опыт краткосрочного и долгосрочного прогнозирования параметров вращения Земли / В.М. Тиссен, А.С. Толстиков, З.М. Малкин // ГЕО-Сибирь-2007: сб. материалов науч. конгресса. Т. IV, ч. II. – Новосибирск: СГГА, 2007. – С. 92–95.
4. Белоцерковский, Д.Ю. Оценка точности предвычислений разностей между всемирным и координированным временем с заблаговременностью до года / Д.Ю. Белоцерковский, М.Б. Кауфман // Исследования в области измерений времени и частоты. – М: Труды ВНИИФТРИ, 1977. – Вып. 35.

УДК 629.783:528.2

А.Г. Прихода, А.П. Лапко, Г.И. Мальцев, А.Х. Мелеск

ФГУП «СНИИГГиМС», Новосибирск

ФОРМИРОВАНИЕ БОРТОВЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СПУТНИКОВЫХ РАДИОСИГНАЛОВ

A.G. Prikhoda, A.P. Lapko, G.I. Maltsev, A.H. Melesk

Federal State Unitary Enterprise Siberian research Institute
of Geology, Geophysics and Mineral Resources

SPACEBORN INTELLIGENCE SATELLITE RADIOSIGNALS GENERATION

The paper presents a brief description of a global navigation field formed by satellite radiosignals radiated by MEOS antenna systems. GLONASS and GPS satellite signals features are given as well as the methods for their generation, navigation message and range codes frequency nominals. The flow chart of GPS satellite radiosignals generation is also presented.

Глобальное навигационное поле, которое используется для пространственного определения местоположения (плановых координат и высот) пунктов геолого-геофизических наблюдений и других стационарных и подвижных объектов образуется совокупностью спутниковых радиосигналов. Для движущихся объектов, например при высокоточных крупномасштабных аэрогеофизических съемках посредством глобального навигационного поля, кроме координат определяется вектор скорости носителя аппаратуры (скорость и направление движения), а также осуществляется жесткая временная синхронизация всего съемочного комплекса, т.е. измерительной части каналов геофизической и навигационно-геодезической аппаратуры.

Основные технические характеристики сигналов передаваемых спутниковыми антеннами глобальных систем позиционирования ГЛОНАСС и GPS обобщены в табл. 1.

Таблица 1. Технические характеристики спутниковых сигналов

Параметры	ГЛОНАСС	GPS
Поляризация радиоволн	Правая круговая	Правая круговая
Несущие частоты диапазона L1	1598,06 – 1605,38 МГц	1575,42 МГц
Несущие частоты диапазона L2	1242,94 – 1238,62 МГц	1227,6 МГц
Несущая частота диапазона L5	-	1176,45 МГц
Разделение сигналов	Частотное	Кодовое
Объем посылки данных	7500 бит	37500 бит
Длительность посылки данных	2,5 мин	12,5 мин
Скорость передачи	50 зн/с	50 зн/с
Повторение меток времени	2 с	6 с
Период обращения спутников	11 ч 16 мин	11 ч 58 мин

Рассмотрим формирование и объединение спутниковой информации. Рассматривать будем применительно к системе GPS, которая получила наиболее широкое распространение во всех странах, включая Россию.

Высокостабильный опорный (эталонный) генератор, расположенный на борту спутника вырабатывает частоту 10,23 МГц, из которой формируются несущие частоты, тактовые частоты C/A и P-кодов и символы навигационного сообщения, которые после технических программно-аппаратных преобразований излучаются через антенно-фидерную систему в окружающее пространство. На рис. 1 показана структурная схема формирования спутникового сигнала, а в табл. 2 – способы получения и номиналы несущих частот, дальномерных кодов и навигационного сообщения. Более подробно этот материал доступный для понимания всем интересующимся вопросами спутниковой навигации изложен в учебно-технических геодезических изданиях [1, 2, 3, 4].

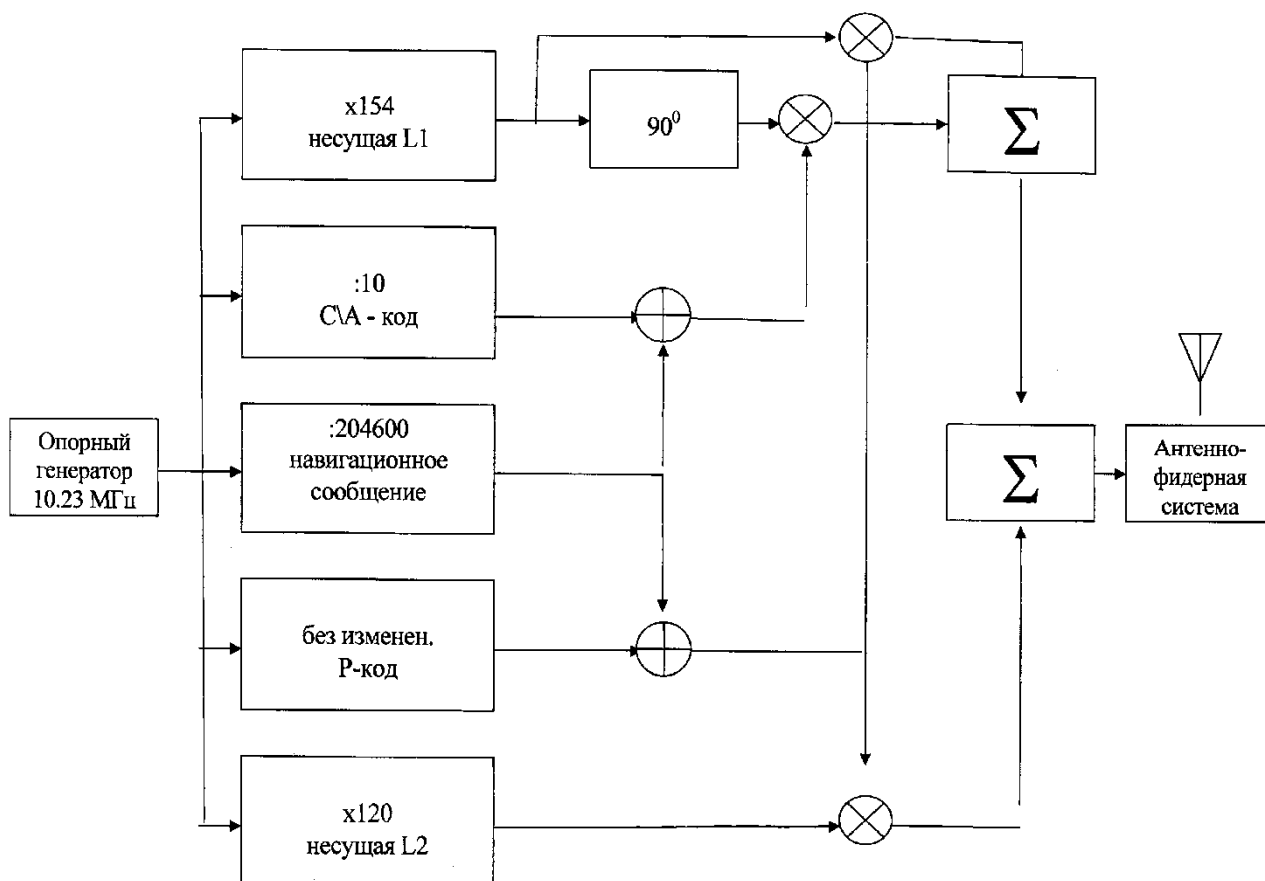


Рис. 1. Структурная схема формирования спутникового радиосигнала

Таблица 2. Способы получения и номиналы несущих частот, дальномерных кодов и навигационного сообщения

Элементы сигнала	Номинал частоты	Способ получения
Несущая L1	1575,42 МГц	10,23 МГц x 154
Несущая L2	1227,60 МГц	10,23 МГц x 120
C/A-код	1,023 МГц	10,23 МГц : 10
P-код	10,23 МГц	10,23 МГц – без изменения
Сообщение	50 Гц	10,23 МГц : 204600

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Антонович, К.М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии. В 2 т. Т. 1 [Текст] / К.М. Антонович. – М.: Картгеоцентр, 2005. – 334 с.
2. Антонович, К.М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии. В 2 т. Т. 2 [Текст] / К.М. Антонович. – М.: Картгеоцентр, 2006. – 360 с.
3. Голубев, А.Н. Глобальные спутниковые навигационно-геодезические системы. Основные принципы устройства и работы: учеб. пособие [Текст] / А.Н. Голубев. – М.: МГУГиК, 2003. – 66 с.
4. GPS-технология геодезического обеспечения геологоразведочных работ [Текст] / А.Г. Прихода, А.П. Лапко, Г.И. Мальцев, И.А. Бунцев. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 2008. – 274 с.

© А.Г. Прихода, А.П. Лапко, Г.И. Мальцев, А.Х. Мелеск, 2009

УДК 528:629.783

Е.В. Михайлович

СГГА, Новосибирск

ОБРАБОТКА GPS ИЗМЕРЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА «ОРБИТА-СГГА-2»

Ye.V. Mikhailovich

SSGA, Novosibirsk

GPS MEASUREMENTS PROCESSING, USING PROGRAM COMPLEX «ОРБИТА-СГГА-2»

The results of measurements processing are presented concerning coded pseudoranges for nine GPS satellites using the program complex «ОРБИТА СГГА-2».

Программный комплекс «ОРБИТА-СГГА-2» предназначен для обработки спутниковым динамическим методом результатов траекторных измерений (дальности, псевдодальности) с целью оценивания параметров расширенного вектора состояния, включающего: параметры модели движения; коэффициенты разложения геопотенциала в ряд по шаровым функциям; координаты наземных измерительных пунктов (НП); параметры вращения Земли (ПВЗ). Основные характеристики программного комплекса (ПК) были приведены в [1].

В данном случае программный комплекс был использован для обработки кодовых псевдодальностей, измеренных для девяти GPS-спутников. Измерения проводились с четырнадцати наземных пунктов в период времени с 20.09.2004 г. по 10.10.2004 г. Данные о наземных пунктах, выполнявших измерения, приведены в табл. 1

Таблица 1

Номер НП	Название НП	Координаты наземных пунктов (WGS-84)		
		X(м)	Y(м)	Z(м)
0001	ARTU	1843956.970	3016202.970	5291261.684
0002	IRKJ	968328.625	3794426.250	5018167.500
0003	IRKT	968332.161	3794425.441	5018167.797
0004	KSTU	174281.625	3571334.656	5264196.524
0005	MDVJ	2845458.250	2160955.800	5265992.500
0006	NRIL	64537.293	2253782.854	5946363.481
0007	NYA1	1202439.000	252640.000	6237758.000
0008	NYAL	1202431.000	252627.000	6237771.000
0009	POL2	1239971.451	4530790.088	4302578.795
0010	SELE	1046816.355	4540297.004	4342927.348
0011	TROM	2102940.000	721569.000	5958192.000

0012	URUM	193031.285	4606855.947	4393315.734
0013	NOVJ	452288.732	3635913.820	5203399.244
0014	NVSK	433597.373	3655487.741	5191186.331

Расчёт траектории движения КА осуществлялся с учётом следующих возмущающих факторов:

- Влияние притяжения Луны, Солнца, восьми планет солнечной системы;
- Несферичность геопотенциала (до гармоник 16-го порядка);
- Влияние прямого и отражённого солнечного излучения;
- Влияние инфракрасного излучения Земли;
- Действие лунно-солнечных приливов для КА и НИП;
- Прецессия и нутация оси вращения Земли;
- Полярное движение и неравномерность вращения Земли.

Известно, что среда распространения радиосигнала существенно влияет на получаемые результаты измерений. Так, измеренную кодовую псевдодальность можно описать следующей формулой[2]:

$$P_A^i = \rho_A^i + cdt_A - cdt^i + I_A^i + T_A^i + d_A + d^i + dm_A^i + e_A^i.$$

Здесь нижний индекс A относится к пункту наблюдений, а верхний индекс i – к спутнику, $i = 1, 2, \dots, s$, где s – количество наблюдаемых спутников. В правой части формулы находятся: геометрическая дальность ρ_A^i , сдвиги шкал часов dt_A и dt^i (поправки часов), соответственно, для приёмника и для спутника, ионосферная I_A^i и тропосферная T_A^i задержки, задержки сигналов в аппаратуре приёмника d_A и спутника d^i , влияние многопутности dm_A^i и случайная ошибка измерений e_A^i . Скорость распространения радиоволн в вакууме обозначена через c.

В данном случае, при обработке измерений, учет факторов влияющих на измеренную псевдодальность осуществлялся следующим образом: поправки часов ($dt_A - dt^i$) были включены в число оцениваемых параметров; для исключения влияния ионосферы использовались измерения псевдодальности, выполненные на частотах L_1 и L_2 . Псевдодальность свободная от влияния ионосферы была вычислена по формуле:

$$P^* = \frac{f_{L1}^2}{(f_{L1}^2 - f_{L2}^2)} P_{L1} - \frac{f_{L2}^2}{(f_{L1}^2 - f_{L2}^2)} P_{L2} = 2.546 P_{L1} - 1.546 P_{L2}.$$

Здесь P_{L1} и P_{L2} – измеренные псевдодальности соответственно на L_1 и L_2 , $f_{L1} = 1575.42 \text{ МГц}$ и $f_{L2} = 1227.60 \text{ МГц}$ – соответствующие частоты несущих.

Для учета влияния тропосферной задержки использовалась модель Саастмойнена, описываемая следующими формулами[2]:

$$\Delta\rho = T_{z,d} \cdot m_d(E) + T_{z,w} \cdot m_w(E),$$

где $\Delta\rho$ – поправка в наклонную дальность; $T_{z,d}$ и $T_{z,w}$ – соответственно сухая и влажная зенитные задержки, определяемые следующим образом:

$$T_{z,d} = 0.002277(1 + 0.026\cos 2\varphi + 0.00028H) \cdot P_0 \quad ,$$

$$T_{z,w} = 0.002277\left(\frac{1255}{T_0} + 0.05\right) \cdot e_0 ,$$

где φ – широта; H – высота антенны над уровнем моря(км); T_0 – температура (в кельвинах); P_0 – полное давление и e_0 – парциальное давление паров воды (в миллибарах); $m_d(E)$ и $m_w(E)$ – соответственно тропосферные функции отображения для сухой и влажной задержек.

$$m_d(E) = \frac{1}{\sin(E) + \frac{0.00143}{\operatorname{tg} E + 0.0445}}; \quad m_w(E) = \frac{1}{\sin(E) + \frac{0.00035}{\operatorname{tg} E + 0.017}} ,$$

где E – угол возвышения спутника над горизонтом.

При обработке измерений мерный интервал для каждого из девяти GPS – спутников был разбит на 24-часовые орбитальные дуги. Таким образом, было обработано порядка 10 – 21 орбитальных дуг для каждого космического аппарата. В состав оцениваемых параметров были включены координаты наземных пунктов, начальные условия движения КА, поправка часов. По результатам обработки была проведена оценка точности по внутренней сходимости. В табл. 2 приведены значения оценки дисперсии невзвешенных остаточных невязок μ , вычисленных при обработке орбитальных дуг различных GPS-спутников.

Таблица 2

Номер КА (PRN)	Длина мерного интервала (час)	Количество орбитальных дуг	Количество наблюдавших наземных станций	Среднее значение μ (метр)
01	360	15	13	4.28
03	480	20	13	9.80
07	480	20	14	3.20
08	504	21	14	1.30
09	480	20	13	5.60
10	240	10	14	3.41
14	480	20	13	1.95
15	360	15	14	9.55
23	240	10	12	2.62

Таким образом, значения μ находятся в пределах от 1,3 до 9,8 метров, что в целом соответствует погрешности кодовых псевдодальностей. Видно, что значения μ существенно отличаются для различных КА GPS. Следует отметить, что при обработке измерений не было известно точных данных о размерах и массе каждого GPS-спутника. Возможно, это и оказало влияние на полученные результаты.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Восстановление и испытание программного комплекса «ОРБИТА-СГГА-2» для решения задач космической геодезии динамическим методом [Текст] / Ю.В. Сурнин, В.А. Ащеулов, Е.В. Михайлович, Н.К. Шендрик // III Международный научный конгресс «ГЕО-Сибирь-2007». Т. 1, ч. 2. – Новосибирск: СГГА, 2007. – С. 52–58.
2. King R.W. Surveying with Global Positioning System(GPS) [Text] / R.W. King, E.G. Masters, C. Rizos, a. Stolz, J. Collins// Bonn Ferd. Dummler Verlog. 1987. – 128 p. – Англ.

© *Е.В. Михайлович, 2009*

УДК 656.13.08
А.В. Косолапов
КузГТУ, Кемерово

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ ПАРАМЕТРОВ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ В ГОРОДАХ

A.V. Kosolapov
Kuzbass State Technical University
28 Vesennyaya Ul., Kemerovo, 650000, Russian Federation

GEOINFORMATION MONITORING TRANSPORT FLOWS PARAMETERS IN CITIES

The modern system of traffic control in big and biggest cities of Russia is impossible without application of information technologies. Into architecture of a traffic control and regulation system should enter both subsystems of monitoring, and subsystem of estimation and forecast of levels of service road traffic on separate elements city's street network. Now it is just insufficiently advanced, and in many cases simply is absent, an opportunity of data gathering about conditions of movement in real time scale. With introduction in the beginning of XXI century of satellite navigation systems, used on any ground objects, the opportunity not only site definitions of separate vehicles, but also creations concepts of identification of parameters of transport flows and managements of loading city street network has appeared. It is offered on the basis of current speeds values of buses on the regular city's routes received at geoinformation monitoring, to carry out congestions identification. Using GLONASS/GPS-technologies it is possible to create traffic control centre in city, included in Intelligent transportation system (ITS).

Современная система организации дорожного движения в крупных и крупнейших городах России невозможна без применения инфо-коммуникационных технологий. В архитектуру системы управления и регулирования движения должны входить как подсистемы мониторинга, так и подсистемы оценки и прогноза состояния движения на отдельных элементах улично-дорожной сети (УДС) города. В настоящее время недостаточно развита, а во многих случаях просто отсутствует, возможность сбора данных об условиях движения в масштабе реального времени. С широким внедрением в начале XXI века спутниковых систем навигации, используемых теперь на любых наземных объектах, появилась возможность не только определения местоположения отдельных транспортных средств, но и создания системообразующей концепции идентификации параметров транспортных потоков и управления загрузкой УДС.

Такая возможность ГЛОНАСС/GPS-технологий лежит в основе всё более распространяющихся по всему миру национальных интеллектуальных транспортных систем (ИТС). «Интеллектуальная» терминология используется в таких системах как признак, выводящий устаревшую систему управления дорожным движением в городах на новый уровень управляющего воздействия на транспортный поток. Применяемые сегодня системы регулирования основаны на принципе использования статических средств регулирования движения, в лучшем случае позволяющих изменить параметры управления после возникновения сбоев в движении по УДС (к ним можно отнести, например, светофорные объекты), либо вообще не изменяющих свои параметры управления в течение всего периода работы (к ним можно отнести практически все дорожные знаки).

ИТС позволяют не только «наблюдать» текущую ситуацию практически на любом элементе УДС – перегоне улицы или перекрёстке – но и количественно оценивать и классифицировать как уровень сложности дорожного движения, так и уровень предполагаемых управляющих воздействий. И если в реальной практике применения в нашей стране ещё не нашло широкое применение технических средств регулирования дорожного движения динамически изменяющих своё семантическое содержание, то это происходит только потому, что ещё не налажена работа по систематическому мониторингу различных параметров транспортных потоков из-за отсутствия современной технической базы. Геоинформационные технологии в сочетании со спутниковыми системами навигации открывают такую возможность.

ИТС должна быть интегрирована в архитектуру управления всем городским движением, как общественным транспортом, так и транспортными средствами, выполняющими грузовые перевозки и, в большей мере, транспортными средствами индивидуальных владельцев. Такие системы позволяют управлять движением в городе с позиции научного сопровождения в масштабах всего города, а не в режиме авральной компенсации локального исправления заторовых ситуаций на отдельных фрагментах УДС города.

Общим недостатком всех существующих систем сбора информации о дорожном движении является статичность, прежде всего, дислокации аппаратуры получения данных – будь то транспортный детектор любого принципа действия или появляющиеся в последнее время видеокамеры наблюдения за транспортным потоком. Какие бы технологии не использовал приёмник информации всё равно он был ограничен либо радиусом действия, либо расположением точки съёмки, неизбежно снижающими его возможности по получению глобальной информации по всему городу. В любом случае, могла получиться только разрозненная картина условий движения в локальных точках города. При этом идея всё большего развёртывания подобных детекторов на всю территорию города непрактична из-за роста в геометрической потребности затрат на их установку, а также потребности в линиях связи и коммутационном оборудовании центров управления движением. Ещё один существенный недостаток стационарных методов мониторинга – возможность получения и тем более обработки информации только в режиме off-line. В то время как

использование грамотно созданных ИТС позволяет не только получать информацию в режиме on-line, но и прогнозировать развитие ситуации как на отдельных улицах и перекрёстках, так и на всей УДС города.

Можно привести укрупнённую классификацию методов сбора данных о дорожном движении (рис. 1). В правой части рисунка приводятся начальные элементы ИТС, называемые по устоявшейся терминологии в организации дорожного движения «плавающими» автомобилями.

Именно на таких источниках базируется система сбора информации в ИТС при сохранении всех имеющихся возможностей и преимуществ стационарных детекторов. Подсчёт интенсивности движения такими детекторами может вестись непрерывно, но только в ограниченном числе пунктов учёта в масштабах города, при этом данные обычно группируются в часовые значения. С применением ИТС может проводиться не только учёт интенсивности движения, но и других основных параметров транспортных потоков – скорости движения, уровня загрузки перегона улицы и темпа движения по этому перегону. Причём это будет производиться непрерывно на каждом участке УДС (с детализацией до 1 км), а данные будут передаваться через 20–30-секундные интервалы в зависимости от требуемой точности оценки условий движения.

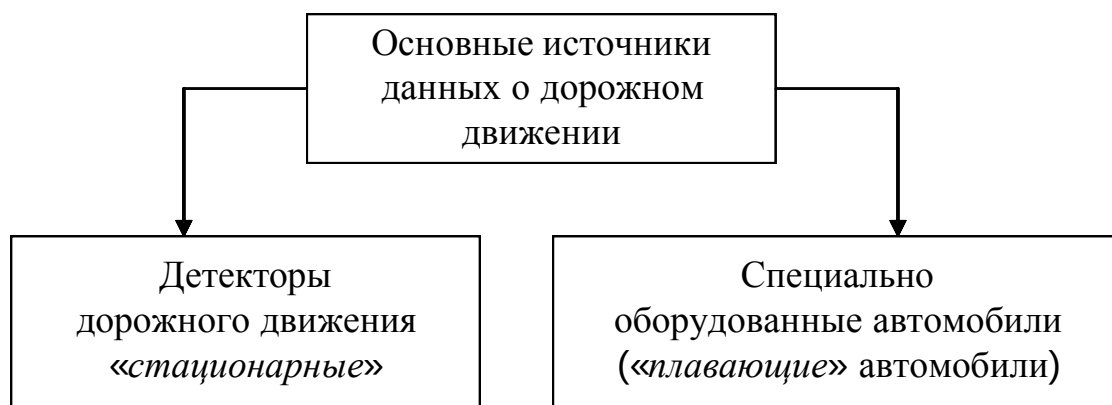


Рис. 1. Классификация источников сбора данных о дорожном движении

К недостаткам традиционных методов сбора информации также можно отнести и то, что среднюю временную скорость транспортных средств (используемую для расчёта темпа движения по участку УДС) позволяют определить далеко не все типы оборудования, поэтому замеры скорости можно проводить гораздо реже, чем подсчёт интенсивности. С применением ИТС скорость измеряется непосредственно (также как и характеристики интенсивности) как и географические координаты «плавающего» автомобиля. Можно отметить, что при применении стационарных видеокамер наблюдения за транспортным потоком появляется возможность использования метода записи номерных знаков с применением технологии распознавания образов. Но такие технологии требуют строго определённого подхода в расположении таких камер и в любом случае позволяют только фрагментарно оценивать уровень функционирования УДС.

Традиционными методами обычно не возможно определить очереди на УДС, так как дискретность расположения детекторов не позволяет замерить длину собственно очереди, возникающей при транспортном заторе. Обычно не определяются по тем же причинам и задержки транспортных средств. С применением ИТС можно идентифицировать условия движения и состояния транспортного потока, приводящие к задержкам.

Таким образом, применение сбора информации о транспортных потоках, основанного на ГЛОНАСС/GPS-технологиях, приводит к решению многих системных проблем организации дорожного движения, всё более усложняющихся из-за роста уровня автомобилизации страны при недостаточной протяжённости и малой развитости УДС.

Являясь ведущей в мире космической державой, Россия пока не повсеместно по всей территории страны, но уже успешно использует автоматизированные радионавигационные системы диспетчерского управления и обеспечения безопасного функционирования пассажирского и городского электрического транспорта, основанные на спутниковой навигации. Более чем в 15 городах России уже развёрнуты подобные системы и накоплен многолетний опыт их эксплуатации. В частности, такая система, начиная с декабря 2003 г., успешно функционирует в г. Кемерово. Именно такие системы позволят проводить геоинформационный мониторинг параметров транспортных потоков в городах.

В основу практического создания городских ИТС закладывается идея использования в качестве «плавающих» автомобилей автобусов, выполняющих перевозки на регулярных городских маршрутах. Такие «плавающие» автомобили, включённые как в подсистему сбора информации об их местоположении и текущей скорости движения, так и в подсистему анализа текущей ситуации на УДС, позволят при налаживании упорядоченного и регулярного сбора данных не только фиксировать отклонения маршрутных автобусов от графиков движения, что является прямым назначением этой системы, но и предоставят возможность проводить мониторинг уровня загрузки маршрутной сети города. В любом городе маршрутная сеть общественного транспорта совпадет с основными магистралями и улицами общегородского значения. На других категориях улиц даже не всегда допустимо организовывать движение такого подвижного состава по ограничению числа и ширины полос движения, но и транспортные заторы возникают именно на тех высших категориях улиц, которые используются общественным транспортом. Регулярность движения по маршруту уже заложена в работу маршрутного автобуса, а значит, регулярность получения навигационной информации будет обеспечена автоматически. Согласно маршрутному расписанию транспортное обслуживание пассажиров в городах происходит на протяжении длительного периода, как правило, с 6 часов утра до 23 часов вечера. Это позволит проводить постоянные наблюдения за транспортными потоками. Таким образом, уже применяемые системы спутниковой навигации можно использовать не только в целях совершенствования организации пассажирских

перевозок, но и для решения оперативных задач организации движения в городе.

Концепция общегородского центра управления дорожным движением (ЦУДД) может быть создана в следующем виде (рис. 2). В ней используется, основанная на примере г. Кемерово на базе местной диспетчерской системы управления работой общественного транспорта, получившей название «Центральная диспетчерская служба Управления единого заказчика транспортных услуг» (ЦДС УЕЗТУ), служба сбора навигационной информации о движении всех автобусов и троллейбусов, обслуживающих муниципальные маршруты. Конечно, маршрутные автобусы и, тем более, троллейбусы занимают, как правило, крайнюю правую полосу и, получая навигационные данные только о движении по этим полосам нельзя делать выводы об условиях движения на других, соседних полосах проезжих частей улиц. Но, если при движении «плавающих» автобусов будут идентифицироваться заторовые ситуации на крайних правых полосах, то это будет означать, что и на других полосах режим движения не будет свободным.

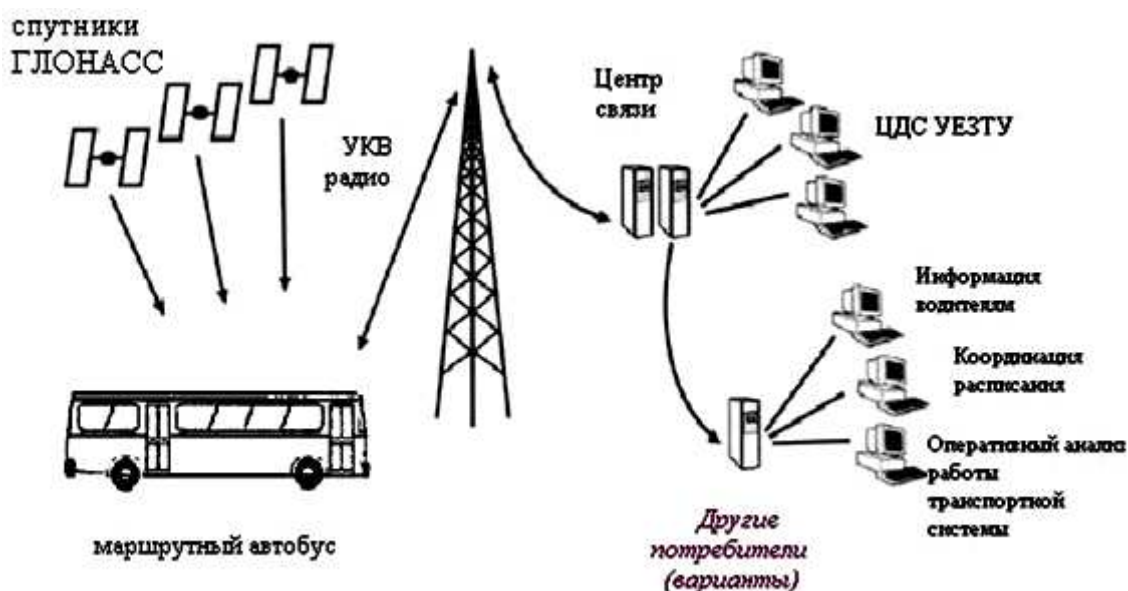


Рис. 2. Принцип работы центра управления дорожным движением

Накопив достаточную библиотеку данных о таких параметрах транспортных потоков, как скорость и темп движения, выраженные через навигационные отметки «плавающих» автобусов в разные периоды суток по различным улицам города можно прогнозировать условия движения (вплоть до заторовых ситуаций), сравнивая архивные данные с текущими, используя простой алгоритм, помещённый на рис. 3.

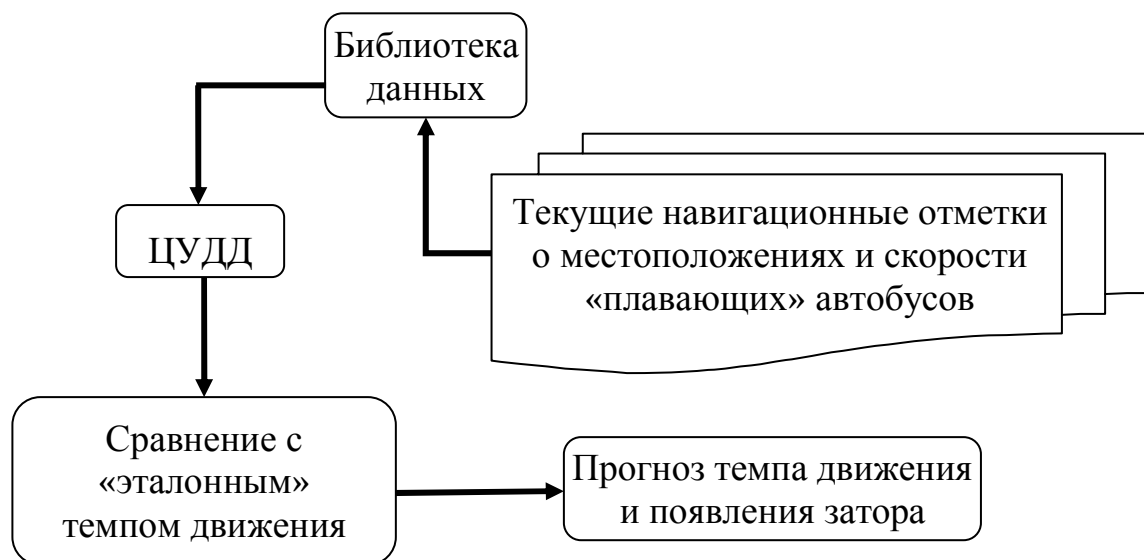


Рис. 3. Алгоритм использования навигационных данных

© А.В. Косолапов, 2009

УДК 528:629.783

С.В. Гришко

ПГТУ, Пермь

ПРИМЕНЕНИЕ GPS-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

S.V. Grishko

The Perm State Technical University (PSTU)

Komsomolskiy prospekt 29, Perm, 614990, Russian Federation

PRACTICAL APPLICATION OF GPS-TECHNOLOGIES FOR GEODYNAMIC MONITORING OF NATURAL-TECHNICAL SYSTEMS

Research of displacements of a terrestrial surface in regions with intensive technogenic loading with the use of global positioning systems on the example of Verhnekamsky region and the Astrakhan gas field.

Современные движения земной поверхности достаточно широко распространены в регионах с интенсивной техногенной нагрузкой на недра. Наряду с геодинамическими процессами природного происхождения, характеризующимися среднегодовыми скоростями движений в первые миллиметры, во многих нефтегазоносных бассейнах мира надежно регистрируются многочисленные сильные, и даже катастрофические геодинамические события техногенно-индуцированного генезиса, связанные с разработкой месторождений нефти и газа. Последние проявляются в виде просадок земной поверхности, горизонтальных сдвигов, поверхностного разломообразования, сейсмических событий, и приводят к различного рода ущербам – от производственных и социальных до экологических.

Мониторинг деформационных процессов при разработке месторождений является обязательной нормой эксплуатации природных ресурсов. О чем достаточно жестко регламентировано в соответствующих нормативных документах – «Положение о порядке выдачи разрешения на застройку площадей залегания полезных ископаемых. РД-07-309-99. Госгортехнадзор России, 1999 г.», «Инструкция по производству маркшейдерских работ. Охрана недр и геолого-маркшейдерский контроль. (РД-07-603-03). Госгортехнадзор России, 2003 г.», «Инструкция по созданию наблюдательных станций и производству инструментальных наблюдений за процессами сдвижения земной поверхности при разработке нефтяных месторождений в регионе Верхнекамского месторождения калийно-магниевого солей (ВКМКС), Пермь, ПГТУ, 2003г» и др.

Одним из способов контроля и предотвращения негативных проявлений при освоении недр является геодезический мониторинг подрабатываемых

территорий с использованием спутниковых навигационных систем – способа позволяющего в короткие сроки и малой трудоемкостью контролировать обширные площади, как в плане, так и по высоте.

В настоящее время локальные геодинамические сети строятся в большом количестве, в основном стратегией кампаний. Их технологии достаточно хорошо отработаны, обработка наблюдений выполняется как на профессиональном, так и на коммерческом программном обеспечении, поскольку длины базовых линий не превышают нескольких десятков километров. Для повышения надежности и точности таких сетей в проектах предусматривается большое число избыточных связей и продолжительные сеансы наблюдений.

Примерами успешного мониторинга обширных территорий с использованием спутниковых навигационных систем, осуществляемого сотрудниками кафедры Маркшейдерского дела, Геодезии и ГИС (ПермГТУ) являются:

Верхнекамский геодинамический полигон (Пермский край)

Расположен на территории индустриально развитой части Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей. Назначение сети – контроль деформаций земной поверхности в процессе эксплуатации уникального калийного месторождения и залежей углеводородов территориально совмещенных с ним. Начало наблюдений – 1999г. Частота наблюдений составляет 1 раз в год. Размер сети – 76 х 42 км, длины векторов от 3 до 22 км. Количество пунктов – 42. Сеть наблюдается четырьмя приемниками GX1230 (Leica, Швейцария). Обработка сети выполняется в программе LGO, для контроля опорных пунктов относительно станций глобальной референцной сети IGS применяется программный комплекс Bernese. Погрешность определения координат пунктов по внутренней сходимости в плане – 2 мм, по высоте – 4 мм. Погрешности определения смещений находятся в диапазонах (2σ): план – 5÷10 мм, высота – 8÷20 мм.

Достигнутый уровень точности и надежности координатных определений позволил вести комплексный мониторинг обширнейшей территории с оценкой влияния геомеханических составляющих на геодинамику региона (см. рис. 1). При этом круг решаемых в настоящее время задач сводится к следующим:

1. *Оценка природной тектонической активности территории.* Наличие большого числа пунктов, расположенных по периметру сети за пределами влияния инженерной деятельности человека, позволяет исследовать естественную активность недр, что и было продемонстрировано, когда в период 2000–2006 гг. фиксировался общий подъем наблюдаемого района, относительно группы опорных пунктов.

2. *Оценка влияния различных техногенных составляющих на геодинамику региона.* Сочетание мест расположения пунктов, как на месторождениях нефти и газа, так и на подрабатываемых территориях калийных рудников позволяет оценить степень влияния того или иного вида техногенной нагрузки на геодинамику региона. Результаты наблюдений Верхнекамского геодинамического полигона за весь период мониторинга однозначно показали,

что на территории индустриального развитого Верхнекамья происходят значительные локальные планово-высотные подвижки земной поверхности в районах Березниковского и Соликамского калийных рудников. В остальных местах, и в частности над эксплуатируемыми нефтяными месторождениями, геодинамическая обстановка остается стабильной без существенных изменений.

3. *Оперативная оценка геомеханических последствий техногенных аварий.* Авария на калийном руднике БКРУ-1 (г. Березники) в августе 2006 года и последующее его затопление привело к активизации геомеханических процессов. В последующие периоды по результатам GPS-мониторинга здесь было зафиксировано интенсивное оседание земной поверхности, которое ранее не отмечалось (рис. 1).

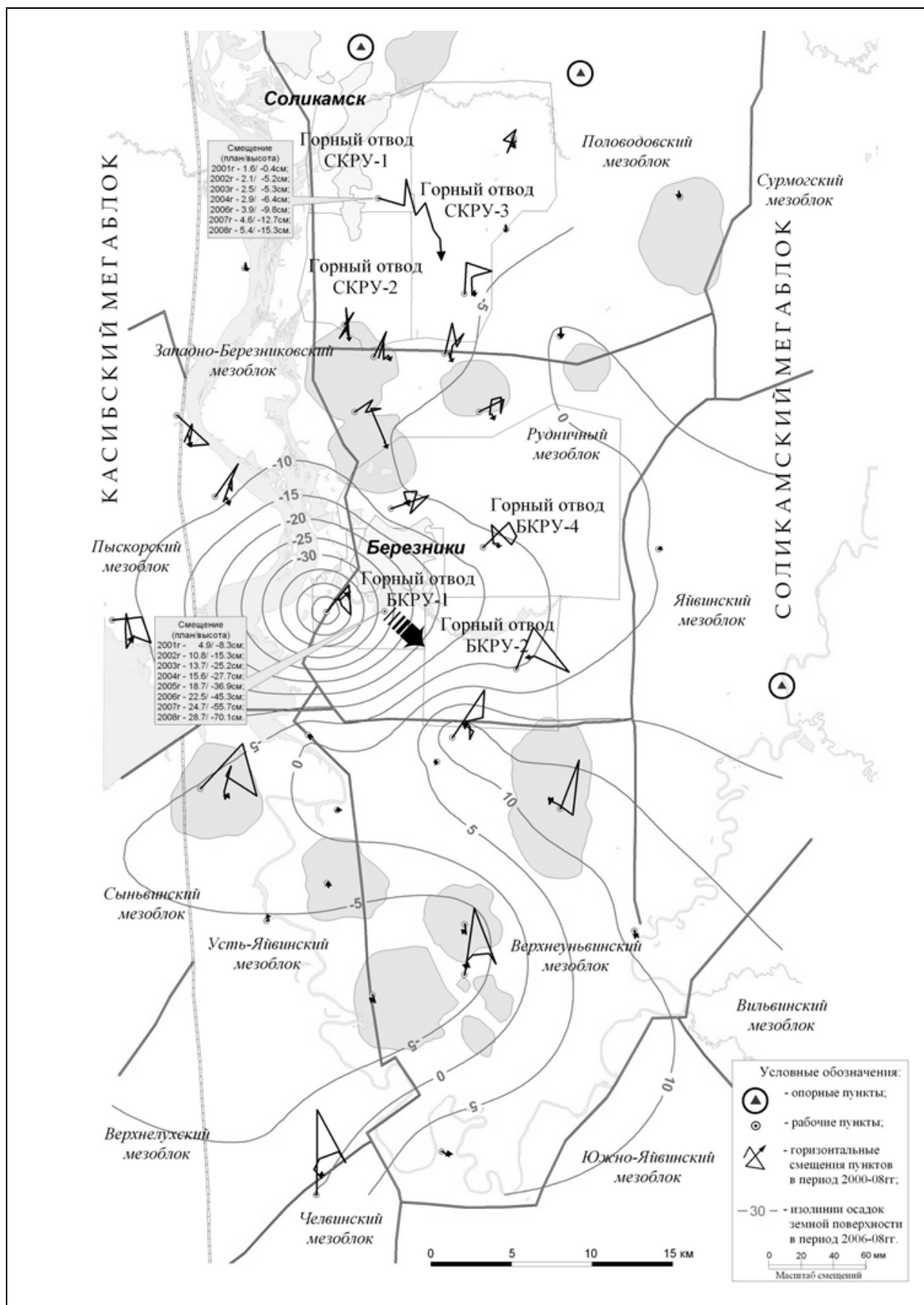


Рис. 1. Результаты мониторинга Верхнекамского геодинамического полигона

Геодинамический полигон АГКМ (Астраханская область)

Расположен на территории Астраханского газоконденсатного месторождения (АГКМ). Назначение сети – контроль деформаций земной поверхности в процессе эксплуатации месторождения. Начало спутниковых наблюдений – 2003г. Частота наблюдений составляет 1 раз в год. Размер сети – 43 x 41 км, длины векторов от 4 до 17 км. Количество пунктов – 27. Сеть наблюдается девятью двухчастотными приемниками Trimble (Trimble, США). Обработка сети выполняется независимо в программах LGO и Bernese. Погрешность определения координат пунктов в плане – 2 мм, по высоте – 4 мм. Погрешности определения смещений находятся в диапазонах (2σ): план – $4\div 9$ мм, высота – $7\div 14$ мм.

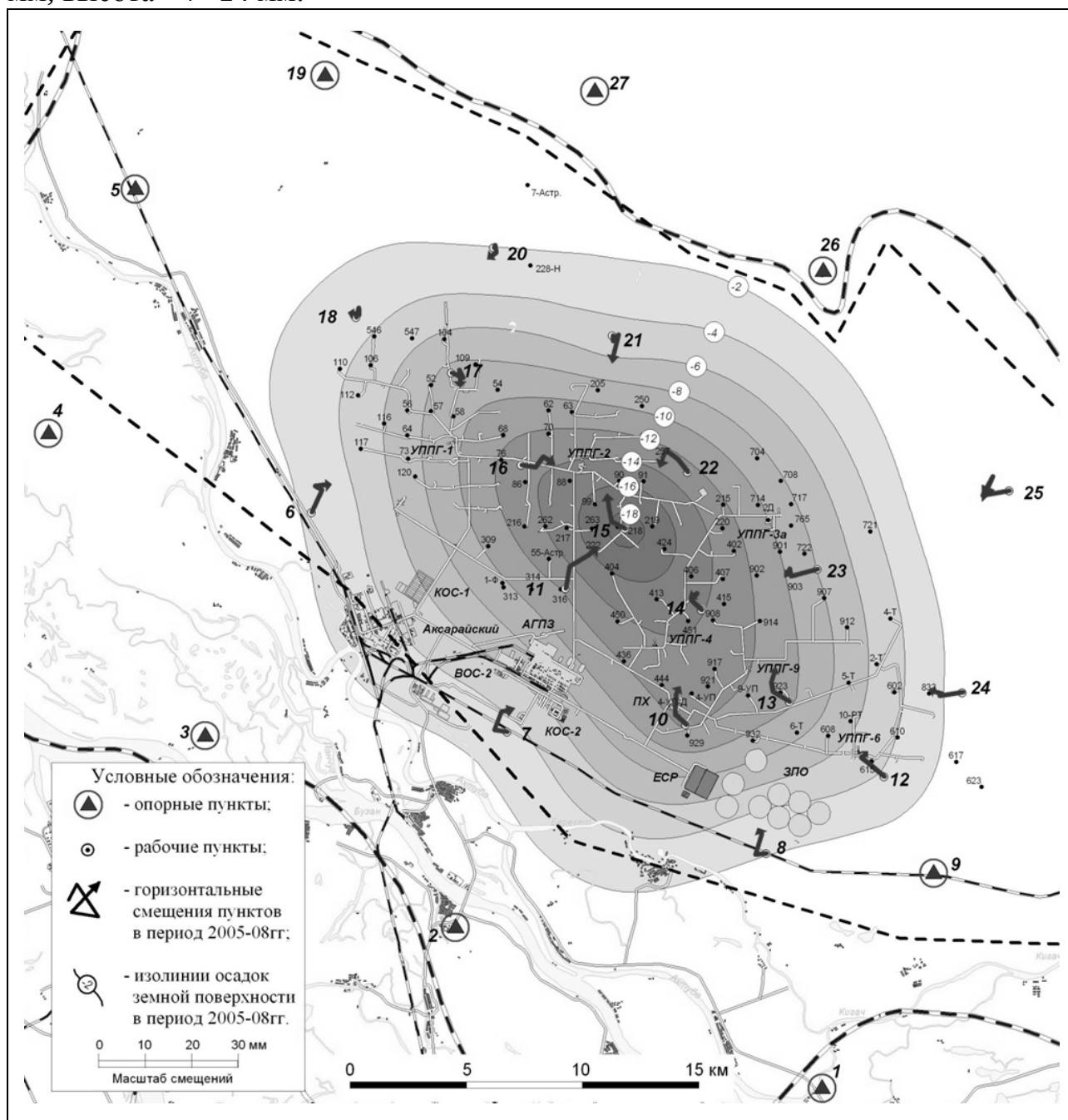


Рис. 2. Результаты мониторинга геодинамического полигона АГКМ

Одной из основных задач данного полигона является выявление концентрированных горизонтальных деформации и наклонов земной поверхности, которые могут привести к нарушению в данных местах нормальной эксплуатации приповерхностных инженерных сооружений, газодобывающих скважин и объектов АГПЗ.

За весь период мониторинга результаты спутниковых наблюдений уверенно показывают здесь устойчивую картину присутствия и развития деформационных процессов в ходе разработки месторождения (см. рис. 2), а также постепенное расширение площади оседаний с включением в зону просадок территорий АГПЗ и жилого поселка Аксарайский. При этом характер фиксируемых подвижек вполне закономерен – так максимум мульды оседаний постоянно отмечается в центральной части исследуемого объекта, куда преимущественно направлены и горизонтальные подвижки.

Выполнение на геодинатическом полигоне ежегодного высокоточного нивелирования по методике II класса позволило оценить достоверность спутниковых определений. На рис. 3 приведено сравнение осадок пунктов, полученных в результате обработки спутниковых измерений (пакеты LGO и Bernese) с данными традиционных наблюдений. Откуда можно видеть, что результаты спутниковых определений, в общем, отражают те же тенденции и величины, что и традиционные измерения.

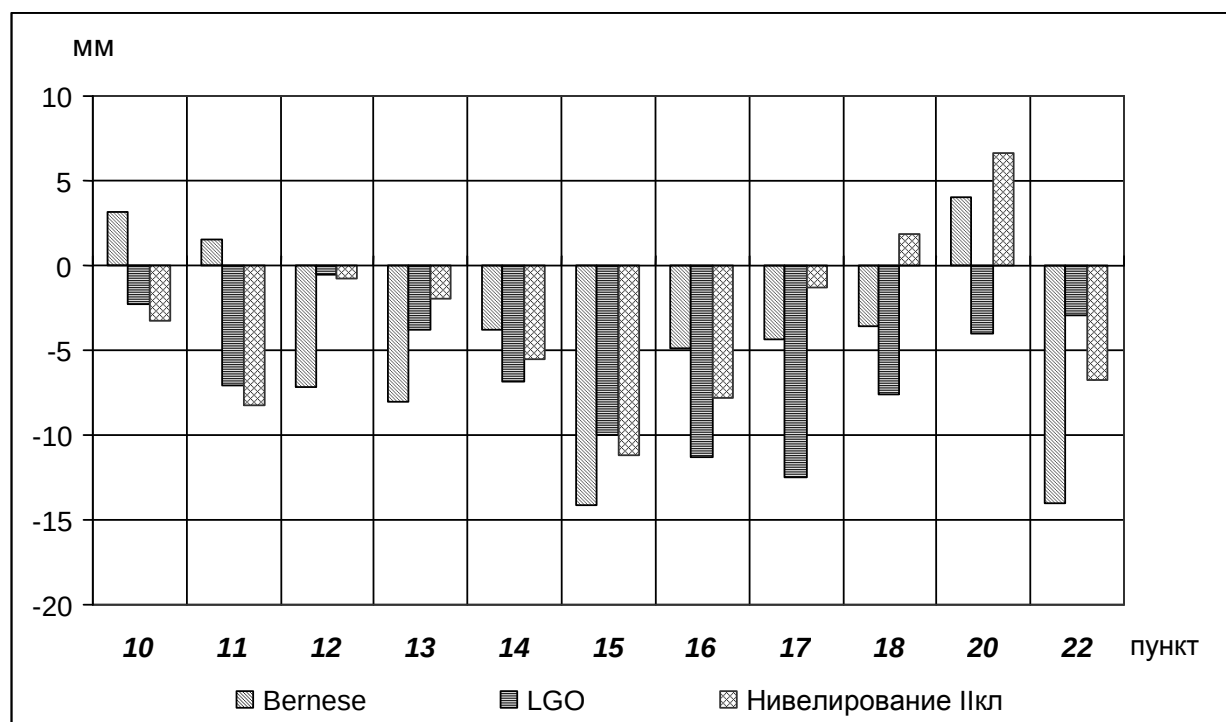


Рис. 3. Вертикальные смещения пунктов полигона АГКМ, полученные разными способами за период 2005–2007 гг.

Рассмотренные выше примеры показывают реальную возможность мониторинга деформаций земной поверхности при использовании спутниковых навигационных систем с точностью практически не уступающей, а иногда и значительно превосходящей традиционные методы.

УДК 658.62.052.4

Г.С. Гридасов, А.Н. Гламаздин

НГАВТ, Новосибирск

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИИ НА ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ

G. Gridasov, A. Glamazdin

Novosibirsk State Academy of Water Transport (NSAWT)

33 Shetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russian federation

USING OF SATELLITE NAVIGATION ON WATER TRANSPORT

Vessel's manual operation on the predetermined path obtained by means of satellite navigation equipment is described.

С появлением и развитием глобальных спутниковых навигационных систем (СНС) «Navstar» GPS и ГЛОНАСС, они взяли на себя решение навигационных задач практически всех земных транспортных систем (автомобильного, железнодорожного, морского, авиационного транспорта), а также систем проектирования и строительства дорог, трубопроводов, линий электропередач и т.п. Тем самым СНС взяли на себя роль надсистемы.

Сначала использование СНС в гражданских отраслях было чем-то вроде полезной экзотики, которую могли позволить себе достаточно состоятельные судовладельцы, яхтсмены, авиаторы и автолюбители. Но со вступлением в силу V главы СОЛАС-74/78 наличие СНС на морских судах стало обязательным, и надсистема стала оказывать давление на морское судоходство. В качестве возможных спутниковых систем к настоящему времени ИМО одобрены американская GPS и российская ГЛОНАСС. В соответствии с международными нормами, морские суда, включая суда под флагом Российской Федерации, обязаны иметь спутниковые средства определения места систем ГЛОНАСС или GPS. Суда под иностранным флагом также оснащаются аппаратурой, работающей с ГЛОНАСС. Таким образом, на морском транспорте уже в конце прошлого столетия созданы нормативные и технические предпосылки и условия для развития и использования системы ГЛОНАСС. Необходимо отметить, что ИМО разработаны и технические требования к навигационной аппаратуре, использующей спутниковые системы, на морских судах.

До некоторых пор это не затрагивало интересов судоходства на внутренних водных путях (ВВП), где по-прежнему использовались традиционные методы судовождения. Однако надсистема уже своим существованием и полезностью в морском судоходстве оказывала давление на внутреннее судоходство. Кроме того, новая среда применения – ВВП – породила новый круг задач, не возникавших в морском судоходстве. Так, с помощью СНС и также новой

надсистемой технической системы ГМССБ (глобальной морской системой связи при бедствии) на ВВП некоторыми судовладельцами организована система непрерывной диспетчеризации и текущей отчетности.

В классе совершенно новых задач появилась задача управления судном по отклонениям от заданной линии пути (ЗЛП) [1]. Вычисление и графическая индикация отклонений от ЗЛП является обычной функцией судовой аппаратуры СНС, но управление судном по отклонениям представляется интересной задачей именно для ВВП. Это обусловлено отсутствием на судах ВВП гироскопов, незаменимых на морских судах, которые дают аналог отклонения судна от ЗЛП – отклонение от заданного курса.

Решение задачи управления судном по отклонениям от ЗЛП открывает пути для ведения судна по оси судового хода в любых условиях видимости, с любым состоянием судоходной обстановки, в любых погодных условиях, а в перспективе позволит отказаться от дорогостоящего содержания плавучей обстановки. В качестве такой подсистемы может выступать ГБУВПиС, функциями которого должны быть непрерывный контроль за положением оси судового хода и постоянное оповещение судоводителей средствами связи.

Задача управления судном по отклонениям от ЗЛП активно развивается сотрудниками и студентами СВФ НГАВТ. Получены интересные материалы по управлению морским судном в море при воздействии ветра и течения [2], по управлению судном смешанного плавания в речных условиях [3, 4], по управлению одним и тем же судном разными судоводителями. Для объективной оценки результатов найдены способы статистического описания процесса и точечных статистических оценок этого процесса, среди которых достаточно удобной оценкой выступает дисперсия отклонений. Опираясь на дисперсию отклонений, удалось установить влияние судоводительского опыта на точность управления судном [5].

Поскольку опыт оказался важным фактором точности управления судном, была поставлена задача наработки опыта путем тренажерной подготовки судоводителей. Для этой цели оказалось достаточно имеющегося в НГАВТ радиолокационного тренажера с электронной картографической системой. Используя тренажер, была выяснена степень обучаемости судоводителей методу управления судном по отклонениям от ЗЛП [6]. На судах с разной степенью управляемости в разных гидрометеорологических условиях общий объем тренировок, приводящий к достаточной на ВВП точности управления судном, составляет 45 проходов по заданному маршруту, а на одном и том же хорошо управляемом судне их достаточно 15, что позволяет создать программу подготовки судоводителей продолжительностью 5 дней.

Необходимо отметить, что метод управления судном по отклонениям от ЗЛП зависит от точности наблюдений по СНС ГЛОНАСС/GPS, наличия электронных навигационных карт для внутреннего судоходства (ЭНК ВС), установки дорогостоящего оборудования на суда.

Точность определения координат потребителя, которую обеспечивают системы ГЛОНАСС и GPS, составляет около 10 метров. Однако для судоходства на ВВП подобная точность недостаточна. Для повышения

точности обсерваций был предложен метод дифференциальной навигации, который обеспечивает точность до нескольких десятков сантиметров, к тому же он может внедряться поэтапно, начиная с участков наиболее сложных в навигационном отношении.

Электронные карты создаются Бассейновыми управлениями в рамках государственной программы «Концепция развития внутреннего водного транспорта РФ». Компания Транзас занимается оснащением Бассейновых управлений современной технологией производства карт, средствами проведения изыскательских работ в интересах картографии, участвует в разработке нормативно-технических документов для картографии и др. В данный момент имеются в наличии электронные карты единой глубоководной системы России, созданные в рамках подготовки ВВП для международного судоходства. Реки Сибири и Дальнего Востока, к сожалению, оказались неохваченными. Однако метод управления судном по отклонениям от ЗЛП может быть реализован без наличия ЭНК ВС. Эта задача решается за счет предварительного прохода судном обрабатываемого маршрута (ЗЛП) и записи его с помощью судовой спутниковой навигационной аппаратуры.

Метод управления судном по отклонениям от ЗЛП, является удобным в применении, дает наглядное понимание развивающейся картины движения судна и является полезным для повышения безопасности плавания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сичкарев, В.И. Проблема спутниковой навигации на ВВП [Текст] / В.И. Сичкарев // Судовождение – 2002: сб. науч. трудов / НГАВТ. – Новосибирск: НГАВТ, 2002. – С. 5–18.
2. Южаков, Р.Ю. Первые опыты практического управления судном по отклонениям, вырабатываемым ССНА [Текст] / Р.Ю. Южаков, В.И. Сичкарев // Судовождение-2004: сб. науч. трудов / НГАВТ. – Новосибирск: НГАВТ, 2004. – С. 12–24.
3. Гридасов, Г.С. Первые опыты практического управления судном на реке по отклонениям от заданной линии пути и вектору пути, с использованием функций ЭКС [Текст]: / Г.С. Гридасов // Судовождение – 2006: сб. науч. трудов / НГАВТ. – Новосибирск: НГАВТ, 2006. – С. 129–133.
4. Гридасов, Г.С. Практика управления движением судна по отклонениям от заданной линии пути [Текст] / Г.С. Гридасов // Материалы конференции профессорско-преподавательского состава ФГОУ ВПО «Новосибирской академии водного транспорта» и научно-технических работников речного и других отраслей. Часть II. – Новосибирск: НГАВТ, 2007. – С. 5–7.
5. Гридасов, Г.С. Статистика отклонений судна от заданной линии пути по различным параметрам, влияющим на управление судном [Текст] / Г.С. Гридасов // Материалы конференции профессорско-преподавательского состава ФГОУ ВПО «Новосибирской академии водного транспорта» и научно-технических работников речного и других отраслей. Часть II. – Новосибирск: НГАВТ, 2007. – С. 5–7.

6. Сичкарев, В.И. Тренажерная подготовка судоводителей к управлению судном по ЭКС и СНС [Текст] / В.И. Сичкарев, Г.С. Гридасов // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2007. – № 1. – С. 55–57.

© Г.С. Гридасов, А.Н. Гламаздин, 2009

УДК 528:629.783

Т.И. Горохова

СГГА, Новосибирск

ПОИСК ПРОПУСКОВ СЧЕТА ЦИКЛОВ В РЕЗУЛЬТАТАХ ФАЗОВЫХ ГНСС ИЗМЕРЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ЛИНЕЙНЫХ КОМБИНАЦИЙ

T.I. Gorokhova

SSGA, Novosibirsk

SEARCH OF CYCLE-SLIPS IN THE RESULTS OF GNSS PHASE MEASUREMENTS BY LINEAR COMBINATIONS

The article presents a brief of linear combinations of satellite measurements. The possibility of using them for the search of cycle - slips is analyzed. The results of the experiment are presented as regards comparison of cycle-slips search efficiencies made by means of different linear combinations under the same conditions. The data taken as an example were modeled by program complex Bernese 5.0.

При слежении за спутником приемник измеряет разность фаз сигнала спутника и сигнала, сгенерированного приемником, то есть так называемую дробную часть фазы. Как только дробная фаза изменяется с 0 на 2π , показания специального счетчика приемника (счетчика циклов) изменяется на 1. Таким образом, для каждой эпохи измерений накопленная фаза является суммой непосредственно измеренной дробной фазы и целого числа циклов. Начальное целое число циклов n_A^i между спутником i и приемником A (начальная неоднозначность) неизвестно, и остается постоянным, пока не произойдет потеря захвата сигнала. Потеря захвата вызывает скачок в накопленной фазе на целое число циклов, т.е. возникает пропуск счета циклов фазы сигнала. Если разность между начальной неоднозначностью на эпоху t_1 и числом циклов, подсчитанным счетчиком на эпоху t_2 не равна нулю ($n_A^i(t_2) - n_A^i(t_1) \neq 0$), то говорят, что между эпохами t_1 и t_2 произошла потеря счета циклов. Причинами возникновения потерь счета циклов являются:

- 1) Радионепроницаемые препятствия на пути сигналов спутника (деревья, здания, рекламные щиты и т. д.);
- 2) Низкое соотношение «сигнал-шум» в приемнике из-за эффекта многопутности, быстрого перемещения приемника, или малой высоты спутника над горизонтом;
- 3) Ошибки в работе программного обеспечения приемника;
- 4) Сбои в работе частотного генератора спутника.

Один пропуск цикла приводит к ошибке в измеренной псевдодальности в размере 19 см для частоты L1, или 24 см для частоты L2.

Чтобы восстановить пропущенное число циклов фазы сигнала, необходимо определить разность $n_A^i(t_2) - n_A^i(t_1)$ и исправить на эту разность все результаты измерений, следующие за эпохой t_1 .

Решению задачи поиска и восстановления пропусков счета циклов посвящено много программных и конструкторских разработок. Производители спутниковых приемников стремятся решить проблему на аппаратном уровне, повышая надежность приборов и встраивая специальные микросхемы. Однако это приводит к удорожанию аппаратуры.

В программном обеспечении (ПО) возможности обнаружения потерь счета циклов намного шире. Алгоритм ПО реализует одну из основных методологий: формирование и анализ линейных комбинаций, статистический анализ с использованием фильтра Калмана – Бьюсси или «сглаживание» ряда измеренных величин методом полиномов. В данной статье рассматривается только метод линейных комбинаций.

В общем виде линейную комбинацию фазовых измерений (в циклах) можно представить уравнением:

$$L_x = k_{1,x} \cdot L_1 + k_{2,x} \cdot L_2, \quad (1)$$

$$\text{где } k_{1,x} = \frac{f_1}{f_1 - f_2}, k_{2,x} = \frac{f_2}{f_1 - f_2};$$

f_1, f_2 – несущие частоты ГНСС-сигналов L1 и L2;

L_1 и L_2 – результаты измерения фаз по соответствующим частотам.

В настоящее время разработано и используется множество различных комбинаций фазовых и кодовых ГНСС-наблюдений. Рассмотрим четыре основные линейные комбинации и оценим их эффективность для поиска пропусков циклов.

Ионосферно-свободная комбинация, обозначаемая как L3 – эта линейная комбинация позволяет исключать влияние ионосферной задержки на результаты наблюдений:

$$L_3 = \frac{f_1^2}{f_1^2 - f_2^2} L_1 + \frac{f_2^2}{f_1^2 - f_2^2} L_2 \quad (2)$$

Комбинация L3 применяется в основном для длинных базовых линий (более 10 км). Выявление пропусков циклов при использовании ионосферно свободной комбинации осложняется тем, что, хотя исключается влияние ионосферной рефракции, шум комбинации в три раза больше шума отдельных измерений по частоте L1. Начальная неоднозначность, получаемая в этой комбинацией, n не является целым числом, поэтому L3 не используется для разрешения неоднозначности.

Широкополосная комбинация L5 представляет собой разность фазовых измерений по частотам L1 и L2:

$$L_5 = \frac{f_1}{f_1 - f_2} L_1 - \frac{f_2}{f_1 - f_2} L_2 \quad (3)$$

Длина волны этой комбинации составляет 86,2 см, что в четыре раза больше чем λ_1 и λ_2 .

Эта комбинация используется не только для поиска пропусков циклов, но и для разрешения неоднозначности, поскольку L5 позволяет получить неоднозначность в виде целого числа.

Для сравнения эффективности поиска пропусков циклов линейными комбинациями L3 и L5 был проведен ряд экспериментов. С помощью программного пакета Bernese 5.0, разработанного в Бернском институте астрономии (Швейцария), были смоделированы «идеальные» безошибочные GPS-наблюдения продолжительностью 1 час с интервалом записи 30 секунд, в которые затем вводилось различное количество пропусков циклов, и варьировался их размер. При моделировании наблюдений не вводились атмосферные задержки, многопутность и другие погрешности измерений, кроме пропусков счета циклов. В качестве пунктов были выбраны станции геодинамической сети г. Новосибирска.

В первом случае в каждый файл наблюдений вводилось 17 разрывов в измерениях по обеим частотам, размером не более 20 циклов. Результаты обнаружения пропусков счета циклов комбинациями L3 и L5 приведены в табл. 1.

Таблица 1. Количество пропусков циклов, выявленных в первом эксперименте

Базовая линия (файлы измерений)	Количество обнаруженных пропусков циклов	
	L3 (по L1/ по L2)	L5 (по L1/по L2)
NSK1	17/15	17/16
NSKN	16/17	17/17
NSKN	16/17	17/17
TULI	17/16	17/17
KAIN	15/17	17/17
NSKN	16/17	17/17

Во втором случае в каждый файл наблюдений вводилось 5 разрывов в измерениях по обеим частотам, размером не более 5 циклов. Результаты обнаружения пропусков счета циклов комбинациями L3 и L5 приведены в таблице 2.

Таблица 2. Количество пропусков циклов, выявленных во втором эксперименте

Базовая линия (файлы измерений)	Количество обнаруженных пропусков циклов	
	L3 (по L1/ по L2)	L5 (по L1/по L2)
NSK1	5/4	5/4
NSKN	4/3	5/4
NSKN	4/3	5/4
TULI	5/5	4/5
KAIN	5/5	4/4
NSKN	4/3	5/4

Как видно из результатов экспериментов, линейная комбинация L5 при прочих равных условиях эффективнее, чем комбинация L3.

Для обнаружения пропусков циклов также используются линейная комбинация фазовых измерений, свободная от влияния геометрии спутникового созвездия (L4) и широкополосная комбинация Мельбурна-Вюббена (L6).

Комбинация L4 не содержит ошибок орбиты спутника, ошибок часов спутника и приемника. Таким образом, изменение значения комбинации фаз L4 зависит только неоднозначности фазы и влияния ионосферы.

$$L_4 = L_1 - L_2 \quad (4)$$

Ионосферная задержка изменяется медленно, соответственно, значение комбинации L4 плавно изменяется в процессе измерений. Так происходит до тех пор, пока нет потери счета циклов на L1 (т.е. n_1 становится не постоянной) или на L2 (n_2 становится не постоянной) – в этом случае происходит внезапный «скачок» в значении L4. Поэтому, комбинация L4 очень эффективна для выявления потерь счета циклов. Уравнение (4) не содержит геометрическое расстояние между спутником и приемником, поэтому комбинация L4 не используется при вычислении координат пункта. Этим же объясняется название комбинации – «свободная от геометрии».

Комбинация Мельбурна-Вюббена (L6) представляет собой разность широкополосной фазы и узкополосной псевдодалности. В этой комбинации исключается влияние ионосферы, геометрии спутникового созвездия, ошибок часов спутника и длины базовой линии и содержится только широкополосная неоднозначность:

$$\begin{aligned} MW &= L_w - P_w \\ &= \frac{1}{f_1 - f_2} (f_1 L_1 - f_2 L_2) - \frac{1}{f_1 + f_2} (f_1 P_1 + f_2 P_2) = \\ &= \lambda_{MW} (n_1 - n_2) \end{aligned} \quad (5)$$

где P_1, P_2 – кодовые измерения по частотам L1 и L2.

Шум этой комбинации получается по формуле:

$$\sigma(MW) = \sqrt{\left(\frac{f_1}{f_1 + f_2}\right)^2 + \left(\frac{f_2}{f_1 + f_2}\right)^2} \sigma(P_1) \approx 0,71 \sigma(P_1), \quad (6)$$

где $\sigma(P_1)$ – шум кодовых измерений.

Из-за высокого уровня шума в кодовых измерениях, с помощью комбинации Мельбурна-Вюббена могут быть выявлены только пропуски циклов, не меньшие, чем $\pm 4L_1$ -цикла.

Как уже упоминалось, с помощью линейных комбинаций можно не только выявить пропуски счета циклов, но и определить их размер и разрешить начальную неоднозначность. Поэтому в дальнейшем планируется сравнить не только количество пропусков циклов, найденных разными комбинациями, но и возможности по их восстановлению.

УДК 528: 658+[629.783

А.П. Голубева

СГГА, Новосибирск

ГОЛУБЕВА А.П. УСТАНОВЛЕНИЕ НОРМ ТРУДА НА ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЛОБАЛЬНЫХ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ

A.P. Golubeva

Siberian State Academy of Geodesy (SSGA)

10 Plakhoynogo st., Novosibirsk, 630108, Russian Federation

ESTABLISHMENT OF NORMS OF LABOUR ON GEODETIC JOBS WITH USE OF GLOBAL SATELLITE SYSTEMS

Norms of time and output for geodetic works an Research Institute of Geodesy Airshooting and Cartography established. Using of satellite technologies develops in geodetic industrial, work with use of hardware of new generation generally have no developed norms of work. There aren't a new norms of labor for present technologies of execution works. A now-day instruments and now-day technologies, which use in geodesy industry require a new norms of labor.

Развитие новых технологий в геодезическом производстве связано с разработкой и внедрением различных типов спутниковых радионавигационных систем (СРНС). Глубокие преобразования технологии открываются с применением систем глобального позиционирования GPS типов NAVSTAR и ГЛОНАСС. При построении геодезических сетей используется измерения, проводимые с помощью Глобальной навигационной спутниковой системы GPS, отнесенной к общеземной системе координат. Данная система также используется при создании локальных геодезических сетей и для учета деформаций параметров координат объекта.

На сегодняшний день нормы труда на все виды геодезических работ разрабатывает и устанавливает Научно-исследовательский институт геодезии, аэросъемки и картографии (ЦНИИГАиК) в сборниках СУСН, ЕНВР.

Сейчас действует справочник сметных укрупненных норм (СУСН-2002). В нем установлены нормы затрат труда на полевые и камеральные работы. На технологии работ применением спутниковых навигационных систем приведены нормы затрат труда специалистов лишь на некоторые виды работ. К ним относятся:

- Рекогносцировка пунктов спутниковых геодезических сетей;
- Спутниковые определения координат;
- Определение геодезических координат и высот пунктов съемочного обоснования;

- Определение геодезических координат отдельных вспомогательных пунктов;
- Съёмка существующих границ землепользования.

Нормы времени и выработки установлены на топографо-геодезические работы, выполняемые с помощью следующих приборов: двухчастотные спутниковые приемники 4000 SSE (Trimble, США) и SR 399 (Leica, Швейцария), одночастотные приемники 4000 SE (Trimble, США), Землемер-Л1 (Россия), STEP1 (Ashtech, США) и SR 9400 (Leica, Швейцария).

При этом нормы установлены на работы по определению координат пунктов геодезических сетей ФАГС (фундаментальная астрономо-геодезическая сеть), ВГС (высокоточная геодезическая сеть), спутниковая геодезическая сеть СГС-1, государственные геодезические сети ГСС-3, ГСС-4, ГСС-1Р, ГСС-2Р, создание топографических карт и планов масштабов 1:25000, 1:10000, 1:5000 и 1:2000.

При разработке норм на топографо-геодезические работы ЦНИИГАиК совместно с Роскартографией создали ЕНВ. В сборнике Единые нормы выработки (времени) на геодезические и топографические работы (ЕНВ) указаны содержание работ на каждый раздел. В нормируемом процессе перечислены наиболее характерные операции, входящие в состав работ. Рассчитаны численность бригад, нормы времени и выработки на выполнение работ по категориям трудности. На процессы работ, которые указаны в ЕНВ, можно определить нормы времени по сборнику «Единые нормы времени и расценки на изыскательские работы» (ЕНВР).

В топографо-геодезическом производстве действуют сметные укрупненные расценки (СУР) и сборник сметных укрупненных норм (СУСН-2002), включающие нормы труда по видам работ и категориям трудности.

При установлении норм труда необходимо собрать полную информацию о составе работ, определить нормы производительности оборудования, рассмотреть характеристики нормируемых технологий, учитывать требования к точности геодезической аппаратуры.

Согласно ст.160 ТК РФ нормы труда могут быть пересмотрены по мере совершенствования или внедрения новой техники, технологии и проведения организационных либо иных мероприятий, обеспечивающих рост производительности труда, а также в случае использования физически и морально устаревшего оборудования.

Современная спутниковая система развивается, расширяются и уточняются сети координат, совершенствуется геодезическая аппаратура. По этим причинам необходимо постоянно обновлять нормы труда на создание геодезических координат, необходимо производить работу по расчету и обоснованию норм труда на новые технологии проведения геодезических работ.

В настоящее время для определения геодезических координат пунктов используются двухчастотные, фазовые и кодовые приемники последнего поколения, основанные на новых технологиях.

Несколько десятков фирм выпускает GPS приемники для целей геодезии, которые отличаются своими характеристиками (число принимаемых каналов, точность измерения, быстротой действий, памятью, временем работы, весом и др.).

Помимо технологии проведения геодезических работ, основанных на спутниковых методах получения координат в статическом и кинематическом режимах, используется режим реального времени и режим реокупации.

При этом создание сетей различной точности может отличаться не только технологией проведения геодезических работ, но и методом определения координат, спутниковой аппаратурой (двухчастотной и одночастотной), и типом станции (использование референцных или базовых станций).

Спутниковые технологии широко используются не только при создании глобальных, континентальных и национальных опорных геодезических сетей, но также при геодинамическом мониторинге земной поверхности, уравнивании векторных сетей, высотных определениях координат, землеустроительных, сейсморазведочных работах, возведении и эксплуатации крупных инженерных сооружений и решении различных задач прикладной геодезии. Поэтому требуется разработка норм и нормативов на все данные виды работ.

Геодезическое производство имеет свои специфические особенности. Они обусловлены технологией производства, большим разнообразием физико-географических и экономических условий труда, специфическим характером самого труда и особенностями содержания и назначения его результатов. Соответственно, и нормирование в этой отрасли имеет свои отличительные черты в зависимости от объекта работ.

В практике нормирования труда на геодезическом производстве применяется аналитический и суммарный метод. Аналитический делится на аналитически-исследовательский и аналитически-расчетный.

Прогрессивный характер норм должен обеспечиваться их систематическим пересмотром по мере изменения технологии, введения новых видов технических средств, уточнения видов и подвидов выполняемых работ. Однако реализация данной задачи сталкивается с некоторыми трудностями, обусловленными длительностью цикла изготовления изделия, сложностью в организации производственного процесса и широкой номенклатурой работ.

Основные требования, которым должны удовлетворять разрабатываемые нормативы:

- Учитывать организационно-технические, хозяйственно-экономические кадровые способности предприятия;
- Разработка, в первую очередь, укрупненных нормативов по труду, позволяющая охватить всю номенклатуру работ предприятия;
- Минимизация погрешности оценки значений норм труда;
- Максимально возможное сокращение затрат времени и финансовых средств на разработку нормативов;
- Учет динамики изменения норм труда;
- Согласование нормативов с подразделениями предприятия.

В заключение необходимо отметить, что в связи с произошедшими в последние годы изменениями в понятиях, стоимости всей аппаратуры глобальных навигационных спутниковых систем, видов и классов точности, доработки и внедрения новых технологий, необходимо разработать и обновить нормы труда на данные процессы работ.

© А.П. Голубева, 2009

УДК 528.33

Е.Г. Гиенко, Ю.В. Сурнин

СГГА, Новосибирск

ОБ ИНТЕРПРЕТАЦИИ МАСШТАБНОГО ПАРАМЕТРА ПРИ СОГЛАСОВАНИИ ЛОКАЛЬНЫХ СПУТНИКОВЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ СЕТЕЙ С ГОСУДАРСТВЕННОЙ КООРДИНАТНОЙ ОСНОВОЙ

Ye.G. Gienko, Yu.V. Surnin

SSGA, Novosibirsk

INTERPRETATION OF A SCALE PARAMETER IN ALIGNMENT OF LOCAL SATELLITE GEODETIC NETWORKS WITH STATE REFERENCE

The problem of interpreting scale parameter in coordination of geodetic networks is considered. The results of geodetic networks transformation parameters assessment are presented. Correlation between the scale parameter and geodetic network height displacement is shown.

Согласование локальных спутниковых геодезических сетей с государственной координатной основой и с другими геодезическими сетями, развитыми в местных системах координат - важный и ответственный этап обработки спутниковых измерений.

Может быть несколько вариантов реализации согласования геодезических сетей. В одном случае, например, требуется сохранить высокую точность пространственной спутниковой сети при переводе ее в государственную систему координат. Здесь должны применяться преобразования подобия с нулевым масштабным параметром, включающие только сдвиг (δX , δY , δZ) и разворот (ω_x , ω_y , ω_z) геодезической сети. При этом пространственные длины линий остаются неизменными и соответствуют величинам, получаемым непосредственно из измерений.

В другом случае следует максимально приблизить спутниковую геодезическую сеть к государственной координатной основе, чтобы вычисленные расстояния между точками соответствовали расстояниям на изданных картах (в том числе и в локальных местных системах координат). Здесь неизбежно использование масштабного параметра в списке параметров преобразования координат.

На наш взгляд, предпочтительнее сохранение длины линии между физически существующими точками на поверхности Земли. С переходом на цифровые методы хранения и обработки картографической информации появляется возможность сохранения положений точек в виде пространственных прямоугольных координат, вне поверхности относимости. Эти координаты

могут быть пересчитаны по известным формулам в любой другой вид (эллипсоидальные, плоские и пр.).

При обработке спутниковых измерений согласование выполняется, как правило, в процессе ограниченного уравнивания спутниковой геодезической сети, с фиксированием пунктов в государственной системе координат. Или параметры преобразования систем координат независимо определяются по известным координатам общих точек в двух системах.

Для корректного использования моделей преобразования пространственных координат (Гельмерта, Молоденского и пр.) в фирменных программах обработки спутниковых определений, необходимо знать геодезические высоты пунктов в государственной системе координат. Высоты квазигеоида над референц-эллипсоидом, требуемые для перехода от нормальных высот к геодезическим, известны с точностью около 1 м; кроме того, информация о них не всегда доступна пользователю. В местных системах координат отсчетная основа вообще может не совпадать с референц-эллипсоидом.

Как известно, смещение геодезической сети по высоте на величину ΔH эквивалентно изменению масштаба на величину $\Delta m \approx \Delta H/R$, где R – средний радиус Земли [1]. Линейная зависимость между масштабным параметром m и сдвигом по высоте ΔH подтверждена численно при оценке параметров взаимного трансформирования локальной спутниковой и наземной геодезических сетей [2, 3]. Для указанных параметров отличие коэффициента корреляции от единицы составляет величину 10^{-7} для области 30×30 км. Следовательно, в силу линейной зависимости масштабного параметра и сдвига по высоте, можно говорить о согласующем параметре, переведенном в линейную меру, $(\Delta H + mR)$. Для разделения параметров нужна дополнительная информация о них.

Проблема геодезической высоты в наземной системе координат при согласовании сетей решается несколькими способами. Самый корректный из них – переход от нормальной высоты к геодезической с использованием высоты квазигеоида над эллипсоидом ζ . При этом ошибка по высоте в 1 метр эквивалентна изменению масштаба на $1,5 \cdot 10^{-7}$, что близко к глобальному масштабному параметру связи систем координат СК-95 и WGS-84 ($m = -1,2 \pm 0,06 \cdot 10^{-7}$) [4].

Другой способ заключается в использовании нормальных высот вместо геодезических, или разностей нормальных высот вместо разностей геодезических. Здесь появляется как постоянная составляющая масштабного параметра (исключаемая при разностном подходе), так и масштабные искажения, вызванные наклоном квазигеоида относительно эллипсоида. Так, наклон квазигеоида к эллипсоиду около $2''$ вызывает изменение высоты квазигеоида на 0,1 м каждые 10 км расстояния, или эквивалентное изменение масштаба $1,5 \cdot 10^{-8}$. Для многих геодезических задач такими величинами можно пренебречь, но для высокоточных обширных спутниковых сетей этот фактор необходимо учитывать.

Также возможно принудительное разделение задачи оценивания параметров трансформирования на плановую и высотную части. Здесь по разностям плановых координат общих точек (плоских x, y или эллипсоидальных B, L) определяются четыре параметра – два сдвига в плане, азимутальный разворот и масштабный параметр, который, возможно, характеризует лишь взаимное смещение геодезических сетей по высоте.

В работах [5,6] предлагается использовать расширенную модель преобразования координат, в которую помимо стандартных сдвига, разворота сети и масштабного параметра входят параметры модели локального квазигеоида (высота квазигеоида над эллипсоидом в начальной точке локальной области ζ_0 , квазигеоида в начальной точке в плоскостях меридиана и первого вертикала ξ_0, η_0). Путем физической и алгебраической декомпозиции расширенная модель корректно разделяется на плановую и высотную части. В плановой части устойчиво определяются 4 параметра: два сдвига в плане, азимутальный разворот и согласующий параметр ($\Delta H + mR$).

В фирменных программах обработки спутниковых определений в предлагаемых списках отсутствуют аналоги расширенной модели преобразования координат, и согласующий параметр интерпретируется лишь как параметр масштаба.

В качестве экспериментального подтверждения эквивалентности масштабного параметра и смещения по высоте были определены двумя способами параметры согласования спутниковой геодезической сети Новосибирского эталонного полигона (40×60 км) с государственной координатной основой. С одной стороны, применялся модуль «Калибровка» фирменного ПО Trimble Geomatic Office; использовалась 7-параметровая модель Гельмерта. С другой – разработанный на кафедре астрономии и гравиметрии СГГА модуль Transform, где использовалась расширенная модель Гельмерта, без масштабного параметра. Результаты приведены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты численных экспериментов по определению параметров преобразования систем координат

Параметр преобразования	Программа TRANSFORM, расширенная модель Гельмерта	Модуль «Калибровка» Trimble Geomatic Office, 7-параметровая модель Гельмерта
Сдвиг δX , м	-64,516	-64,530
Сдвиг δY , м	+142,200	+142,166
Сдвиг δZ , м	+42,525	+42,721
Разворот ω_x , "	-0,960	-0,959
Разворот ω_y , "	-1,126	-1,126
Разворот ω_z , "	+0,798	+0,798
Масштабный параметр ($m \cdot 10^{-6}$)	0	5,440
Средняя высота квазигеоида над эллипсоидом ζ_0 , м	-34,757	—

Как видно из таблицы, параметры сдвига и разворота, полученные двумя способами, практически одинаковы. Масштабному параметру, определенному в модуле «Калибровка», соответствует высота квазигеоида над эллипсоидом из расширенной модели: $m \cdot R \approx \zeta_0$.

К сказанному выше следует добавить, что при оценке параметра масштаба на локальной области необходимо учитывать точность исходных данных. Так, чтобы для средних базовых линий длиной около 10 км оценить m порядка 10^{-6} , следует знать координаты пунктов в двух системах с точностью не хуже 1 см. Однако взаимное расположение пунктов государственной геодезической сети известно в лучшем случае с точностью 2–4 см при расстояниях 10–15 км (в системе координат СК-95). Следовательно, на локальной области параметр масштаба порядка 10^{-6} не может быть определен. Этой величине m эквивалентно смещение геодезической сети по высоте около 6 м.

Выводы. При согласовании локальной спутниковой геодезической сети с государственной координатной основой следует:

- Принять решение о включении масштаба в число оцениваемых параметров трансформирования координат. Если требуется сохранить высокую точность пространственной спутниковой геодезической сети при переводе ее в государственную систему координат, то параметр масштаба в оценку включать не стоит;
- Оценить требуемую точность преобразования координат, точность исходных данных и размеры локальной области для того, чтобы определить значимость масштабного параметра в данных условиях;
- Выбрать модель преобразования координат и решить проблему геодезической высоты в референцной или местной системе координат одним из способов, описанных выше;
- Правильно интерпретировать получаемый параметр, либо как масштаб либо как смещение геодезической сети по высоте.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Harvey, B.R. Transformation of 3D coordinates/B.R.Harvey // The Australian Surveyor.-June 1986, vol. 33, No. 2. – P. 105–125. – Англ.
2. Гиенко, Е.Г. О корреляции масштаба и сдвига по высоте при согласовании локальных геодезических сетей / Е.Г. Гиенко, Ю.В. Сурнин // Тез. докл. на LIII научно-техн. конф. преподавателей СГГА. – Новосибирск, 2003.
3. Гиенко, Е.Г. Нормирование линейно зависимых параметров масштаба и сдвига по высоте при оценке параметров взаимного трансформирования локальных геодезических сетей / Е.Г. Гиенко // Тез. докл. на LIII научно-техн. конф. преподавателей СГГА. –Новосибирск, 2003.
4. ГОСТ Р 51794-2001. Аппаратура радионавигационная глобальной навигационной спутниковой системы и глобальной системы позиционирования. Системы координат. Методы преобразования координат определяемых точек. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 11 с.

5. Сурнин, Ю.В. Алгебраическая и физическая декомпозиция математических моделей при решении плохообусловленных обратных задач геодезии / Ю.В. Сурнин, Е.Г. Гиенко // Четвертый сибир. конгресс по приклад. и индустриал. математике (ИНПРИМ-2000). – Сб. науч. ст. – Новосибирск, 2001. – С. 57–64.

6. Сурнин, Ю.В. Методика регулярного оценивания параметров взаимного трансформирования геодезических сетей, построенных спутниковым и традиционным методами / Ю.В. Сурнин, Е.Г. Гиенко // Сб. материалов междунар. науч. конгресса «ГЕО-Сибирь-2008». Т. 1, ч. 1. – Новосибирск: СГГА, 2008. – С. 262–266.

© *Е.Г. Гиенко, Ю.В. Сурнин, 2009*