

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

ГЕО-СИБИРЬ-2010

Т. 1

ГЕОДЕЗИЯ, ГЕОИНФОРМАТИКА,
КАРТОГРАФИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ

ч.3

Сборник материалов
VI Международного научного конгресса

Новосибирск
СГГА
2010

УДК 528:528.9:622.1
С26

Ответственные за выпуск:

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

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

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

Генеральный директор ФГУП центр «Сибгеоинформ», Новосибирск
В.И. Обиденко

С26 ГЕО-Сибирь-2010. Т. 1. Геодезия, геоинформатика, картография,
маркшейдерия. Ч. 3: сб. матер. VI Междунар. научн. конгресса «ГЕО-Сибирь-
2010», 19–29 апреля 2010 г., Новосибирск. – Новосибирск: СГГА, 2010. – 216 с.

ISBN 978-5-87693-383-6 (т. 1, ч. 3)

ISBN 978-5-87693-371-3

В сборнике опубликованы материалы VI Международного научного
конгресса «ГЕО-Сибирь-2010» направления «Геодезия, геоинформатика,
картография, маркшейдерия».

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

УДК 528:528.9:622.1

ISBN 978-5-87693-383-6 (т. 1, ч. 3)
ISBN 978-5-87693-371-3

© ГОУ ВПО «Сибирская государственная
геодезическая академия», 2010

СОДЕРЖАНИЕ

Кошелев А.В., Карпик А.П., Синякин А.К. Влияние ионосферы на результаты GPS-измерений	9
Синякин А.К., Кошелев А.В. Потенциальная точность измерения параметров радиосигналов GPS/ГЛОНАСС	15
Яхман В.В. О создании постоянно действующих станций.....	19
Шендрик Н.К. Совершенствование технологии псевдостатической съемки для GPS-измерений в режиме статики.....	25
Фазилова Д.Ш., Мирмахмудов Э.Р., Алимухамедов И. О некоторых задачах по улучшению геодезической сети Узбекистана	27
Сурнин Ю.В. Аппроксимация математической модели вращения земли углами Кардано и полиномами Чебышева	31
Михайлович Е.В. Исследование гравитационного влияния Луны и Солнца на движение космических аппаратов	36
Голубева А.П., Алексеева З.Е. Современное состояние нормирования геодезических работ с использованием спутниковых навигационных систем	42
Антонович К.М., Струков А.А. Сравнение результатов линейных измерений, выполненных спутниковыми и традиционными методами геодезии.....	47
Войтенко А.В., Быков В.Л. Построение локальной модели квазигеоида на территорию Омской области с использованием результатов уравнивания спутниковой геодезической сети	53
Мамутин А.М. Реализация программно-аппаратного комплекса «Мобильная базовая станция»	59
Кисленко Д.В. Проект мобильной базовой станции как узла информационной системы сбора, хранения, предоставления навигационных данных	61
Белокрылов А.И. Модель центра мониторинга информационной системы сбора, хранения и предоставления навигационных данных	64
Глазунов А.С. Ускоренная методика определения астрономического азимута с простой обработкой.....	67
Горохова Т.И. Использование открытых алгоритмов обработки GNSS-измерений в системе геодезического мониторинга GOSA.....	71
Середович А.В., Дементьева О.А., Горохова Е.И. Трехмерное моделирование участков городских территорий для проектирования инженерных объектов	76
Середович В.А., Иванов А.В., Середович А.В., Горохова Е.И., Бородулина И.В., Романович Е.В. Применение наземного лазерного сканирования для контроля строительства и капитального ремонта автомобильных дорог	82
Ессин А.С., Хамитов Э.Т. Исследование точности построения цифровых моделей рельефа по материалам воздушного лазерного сканирования территории г. Омска	87

Середович В.А., Иванов А.В., Середович А.В., Усиков А.В., Манеев А.П. Определение крена и деформаций дымовых труб средствами наземного лазерного сканирования.....	89
Аманова А.К., Широкова Т.А., Комиссаров А.В. Разработка методики трехмерного моделирования объектов ситуации и рельефа городской территории по данным наземного лазерного сканирования г. Томска	94
Мамонова Н.В., Иванов А.В. Применение результатов наземного лазерного сканирования для целей построения имитационной модели логистической системы предприятия в задачах стратегического планирования.....	99
Ашраф А. Бешр, Иванов А.В. Исследование влияния вибрации штатива на точность измерений наземным лазерным сканером.....	106
Середович В.А., Иванов А.В., Середович А.В., Дементьева О.А. Совместное использование геологических данных и результатов наземного лазерного сканирования для определения объемов добычи полезных ископаемых.....	111
Горохова Е.И., Комиссаров А.В. Определение деформационных характеристик тоннелей по данным наземного лазерного сканирования	116
Середович В.А., Середович А.В. Создание трехмерных паспортов безопасности потенциально-опасных объектов.....	120
Курбатова И.Е., Горбачев Д.В. Опыт использования анимационного картографирования для изучения катастрофических наводнений.....	125
Кулаков Г.И. Кризисные и чрезвычайные ситуации, связанные с внезапными выбросами угля и газа на шахтах Донбасса, Кузбасса, Карагандинского бассейна	131
Кошечкин И.С., Чернов В.В., Якимов А.А. Мониторинг негативного воздействия вод на береговую зону Братского водохранилища.....	142
Коптев А.В., Олзоев Б.Н. Постановка задач исследования динамики состояния природной среды в зоне воздействия Ангарских водохранилищ по картографическим и космическим материалам....	147
Евсюков А.А., Ничепорчук В.В., Марков А.А. Использование средств оперативного геомоделирования для мониторинга ЧС на территории Сибирского Федерального округа	151
Гиенко А.Я., Пластинин Л.А., Ступин В.П. Оперативный дистанционный мониторинг Приангарья в интересах обеспечения рационального природопользования и эффективного управления	157
Гиенко А.Я. Проблемы оперативного мониторинга природной среды в зоне воздействия каскада гидротехнических сооружений на Ангаре.....	163
Безруков Л.А., Корняков М.В., Красноштанов С.Ю. Техногенная и антропогенная оценка воздействия и экономический ущерб для окружающей среды Ииркутской области (на примере Богучанской ГЭС).....	167
Асмус В.В., Кровотынцев В.А., Пяткин В.П. Космический мониторинг ледяных полей Арктики и Антарктики.....	174

Щербаков Ю.С. Использование геоинформационного картографирования для управления в чрезвычайных ситуациях	183
Ступин В.П., Карацай А.А., Лахман Н.Ю. Методика картографирования экзогенной геодинамики зоны влияния водохранилищ ангарского каскада в свете концепции морфосистем	187
Пластинин Л.А., Ступин В.П., Коптев А.В. Методологические и методические основы экологического прогноза воздействия ангарских водохранилищ на природную среду	192
Михеев В.Н., Отрощенко В.А., Писарев В.С., Пошивайло Я.Г., Дышлюк С.С. ГИС-технологии в системе социально-гигиенического мониторинга территорий	198
Михайлов С.И. Система космического мониторинга чрезвычайных ситуаций: решения и технологии	202
Медведев В.И., Тесленко И.О., Калинин Е.А. Новые аварийные карточки для предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций с опасными грузами на железнодорожном транспорте	204
Макеев В.Н., Сизов О. С. Анализ применения научно-методических достижений комплекса современных предметных наук (географии, биологии, экологии), прикладного картографирования и дистанционных методов зондирования земли при создании системы регионального экологического мониторинга	212
Лисицкий Д.В., Кацко С.Ю., Колесников А.А., Бугаков П.Ю. Геоинформация в кризисном менеджменте	221
Лазарев В.М. Разработка системы геоэкологического мониторинга для раннего предупреждения об активизации оползневых процессов для обеспечения геоэкологической безопасности урбанизированных территорий	226
Бартош В.С. Виртуальная реальность: новые методы подготовки личного состава МЧС	230

CONTENTS

Koshelev A.V., Karpik A.P., Sinjakin A.K. Ionosphere effect on GPS-measurements	9
Siniakin A.K., Koshelev A.V. Potential accuracy of radio signal parameters measurement for GPS/GLONASS.....	15
Yakhman V.V. Establishment of standing stations	19
Shendrik N.K. Improvement of the pseudo-static survey technology for GPS-measurements in static mode	25
Fazilova D.Sh., Mirmakhmudov E.R., Alimukhamedov I. About some tasks on Uzbekistan geodetic network improvement.....	27
Surnin Yu.V. Cardan angle-and Chebyshev polynomial approximation of the earth rotation simulator	31
Mikhailovitch Ye.V. Research of the Moon- and- Sun gravitational effect on spacecrafts motion.....	36
Golubeva A.P., Alexeyeva Z.Ye. Present state of geodetic GPS works standardization	42
Antonovich K.M., Strukov A.A. Comparison of distance measurement results made by satellite and traditional methods of geodesy	47
Voitenko A.V., Bykov V.L. Construction of a local model of the geoid to the territory of the Omsk region, making use of satellite geodetic network adjustment	53
Mamoutine A.M. Realization of program hardware system «Mobile reference station»	59
Kislenko D.V. Mobile reference station project as a node of navigation data collection, store, and distribution information system.....	61
Belokrylov A.I. Model of monitoring center for navigation data collection, store, and distribution information system	64
Glazunov A.S. Shortcut methods for astronomical azimuth determination with simple processing	67
Gorokhova T.I. Usage of open algorithms of processing of GNSS-measurements in system of geodetic monitoring GOCA	71
Seredovich A.V., Dementyeva O.A., Gorokhova Ye.I. 3D modeling of the city territories sites for engineering projects designing.....	76
Seredovich V.A., Ivanov A.V., Seredovich A.V., Gorokhova Ye.I., Borodulina I.V., Romanovich Ye.V. Terrestrial laser scanning application for the control over the highways construction and major repair	82
Essin A.S., Hamitov E.T. The construction precision research of digital relief model by materials of aerial laser scanning of Omsk urban areas	87
Seredovich V.A., Ivanov A.V., Seredovich A.V., Usikov A.V., Maneyev A.P. Determination of chimneys heels and deformations by terrestrial laser scanning.....	89
Amanova A.K., Shirokova T.A., Komissarov A.V. Development of 3D modeling techniques for the objects of urban lands situation and relief using the data of terrestrial laser scanning in Tomsk	94

Mamonova N.V., Ivanov A.V. Application of terrestrial laser scanning data for simulation modeling of the enterprise logistics system in the context of the strategic planning	99
Ashtraf A. Beshtr, Ivanov A.V. Research of the tripod vibration effect on the terrestrial laser scanner measurements accuracy	106
Seredovich V.A., Ivanov A.V., Seredovich A.V., Dementyeva O.A. Joint use of geological data and terrestrial laser scanning results for the minerals volume determination.....	111
Gorokhova Ye.I., Komissarov A.V. Definition of deformation parameters of tunnels according to the data of terrestrial laserscanning	116
Seredovich V.A., Seredovich A.V. The creation of hazardous facilities 3D safety data sheets	120
Kurbatova I.E., Gorbachev D.V. The experience of using animation cartography for disastrous flood investigations	125
Kulakov G.I. Crisis and emergency situations resulting from the sudden discharge of coal and gas in mines of Donbass, Kuzbass and Karaganda field.....	131
Koshechkin I.S., Chernov V.V., Yakimov A.A. Monitoring of negative influence of waters on the waterside area of the Bratsk storage pool	142
Koptev A.V., Olzoev B.N. Statement of research problems of dynamics of the condition of the environment in the zone of influence of Angarsk water basins on cartographical and space materials	147
Yevsyukov A.A., Nicheporchuk V.V., Markov A.A. Operational geomodeling application for monitoring of the emergency situations on the territory of Siberian Federal district	151
Gienko A.Y., Plastinin L.A., Stupin V.P. Operative remote monitoring of Angarski krai in interests of maintenance of rational wildlife management and efficient control	157
Gienko A.Y. Problems of the operative monitoring of natural environment in the area of influence of cascade of hydrotechnical buildings on Angara	163
Bezrukov L.A., Korniyakov M.V., Krasnoshtanov S.J. Technogenic and anthropogenous estimation of influence and economic damage for environment of the Irkutsk region (on the example of Bboguchany hydroelectric power station).....	167
Asmus V.V., Krovotyntsev V.A., Pyatkin V.P. Space monitoring of the Arctic and Antarctic ice fields	174
Shcherbakov Yu. S. Use of geoinformational mapping for emergency management	183
Stupin V.P., Karatsay A.A., Lahman N.Y. Technique of mapping of exogenous geodynamics of the zone of influence of water basins of the Angara cascade in the light of concept morphosystems.....	187
Plastinin L.A., Stupin V.P., Koptev A.V. methodological and methodical bases of the ecological forecast of influence of Angarsk water basins on the environment.....	192
Mikheev V.N., Otroshchenko V.A., Pisarev Viktor S., Poshivailo Yaroslava G.,	

Dyshlyuk Svetlana S. GIS technologies in the social health-related territory monitoring system.....	198
Mikhailov S.I. The system of emergency situations space monitoring: solutions and technologies.....	202
Medvedev V.I., Teslenko I. O., Kalinichenko E. A. New emergency cards for the prevention and liquidations of extreme situations with dangerous goods on the railway	204
Makeev V.N., Sizov O.S. Analysis of usage methodological progress of modern sciences (geography, biology, and ecology), applied mapping and earth remote sensing methods to create of regional monitoring system.....	212
Lisitsky D.V., Katsko S. Yu., Kolesnikov A.A., Bugakov P.Yu. Geoinformation in crisis management.....	221
Lazarev V.M. Development of the geoecological monitoring system for the early prevention of sliding processes to ensure geoecological security of urban lands	226
Bartosh V.S. Virtual reality: new approaches to training rescue personnel	230

УДК 528.2/.3

А.В. Кошелев, А.П. Карпик, А.К. Синякин

СГГА, Новосибирск

ВЛИЯНИЕ ИОНОСФЕРЫ НА РЕЗУЛЬТАТЫ GPS-ИЗМЕРЕНИЙ

Фазовая и групповая скорости волн наиболее часто используются для исследования физических процессов и явлений в дисперсионных средах. Различия существующие

Между фазовой скоростью идеальных монохроматических волн и реальных немонохроматических волн входят в конфликт с их физической интерпретацией, что иногда вносит некоторые дополнительные ошибки в теоретические исследования и результаты физических измерений. Сформированные в начале прошлого века эти понятия не получили должной оценки и сейчас они нуждаются в уточнениях.

A.V. Koshelev, A.P. Karpik, A.K. Sinjakin

Siberian State Academy of Geodesy (SSGA)

10 Plakhotnogo Ul., Novosibirsk, 630108, Russian Federation

IONOSPHERE EFFECT ON GPS-MEASUREMENTS

Phase and group velocities of waves are most frequently used in the research of physical processes and phenomena in dispersion media. The difference existing between phase velocities of ideal harmonic waves and real non-monochromatic waves comes into conflict with their physical interpretation, that sometimes brings some additional errors both in theoretical investigations and the results of physical measurements. The concepts developed at the beginning of the last century have not been properly estimated and now they need to be specified.

В существующих методах GPS-измерений учет влияния ионосферы на результаты измерений расстояний между GPS-спутниками и двухчастотными приемниками осуществляется дисперсионными методами. Для этих целей выполняются серии одновременных кодовых и фазовых измерений на несущих частотах f_1 и f_2 . Считается, что при кодовых измерениях радиоволны распространяются с групповой скоростью v_g , а при фазовых измерениях расстояний на несущих частотах $f_1 = 1575.42$ МГц и $f_2 = 1227.60$ МГц волны движутся с фазовой скоростью v_p [1,5].

Формулы групповой и фазовой скорости имеют вид: $v_g = c/n_g$ и $v_p = c/n_p$, где c - скорость света в вакууме, а n_g и n_p - соответственно фазовый и групповой показатели преломления. В современной литературе показатели преломления n_g и n_p этих волн определяются известными уравнениями:

$$n_g = 1 + \frac{40.3 \cdot N_e}{f^2}, \quad (1)$$

$$n_p = 1 - \frac{40.3 \cdot N_e}{f^2}, \quad (2)$$

где f – частота в герцах, N_e – плотность электронов в ионосфере.

Из уравнения (2) следует, что фазовая скорость превышает скорость света в вакууме и это явление, получило название фазового опережения. В свою очередь, такое утверждение находится в противоречии с основным законом теории относительности, согласно которому никакая волна или сигнал не могут распространяться со скоростью, превышающей скорость света в вакууме.

Физические теории существования сверхсветовых скоростей основаны на использовании фазовых скоростей в диспергирующих средах. В современной научной литературе эти вопросы активно обсуждаются и используются как для теоретического обоснования, так и для интерпретации результатов физических экспериментов. Однако существуют основополагающие физические работы, в которых отрицается существование фазовых скоростей в диспергирующих средах. Например, известные ученые Борн М. и Вольф Э. в своей фундаментальной книге [2] пишут: «...фазовая скорость не может соответствовать скорости распространения сигнала. В самом деле, легко видеть, что фазовую скорость нельзя определить экспериментально, и поэтому следует считать ее лишенной какого-либо прямого физического смысла». По мнению автора [3] использование в настоящее время теорий, основанных на применении фазовых скоростей, может служить также источником дополнительных погрешностей прецизионных геодезических измерений как для оптических волн в тропосфере при выполнении светодальномерных измерений, так и для радиоволн в ионосфере в процессе GPS-измерений.

В сложившейся ситуации, единственным критерием истины в обсуждаемых вопросах могут быть экспериментальные исследования, подтверждающие или опровергающие существование фазовых скоростей в диспергирующих средах. В данной работе автором выполнена экспериментальная проверка обсуждаемых положений. Для этих целей использовались результаты реальных двухчастотных фазовых GPS-измерений расстояний, включающих прохождение радиоволн через ионосферу. Относительная стабильность несущих частот f_1 и f_2 в системах GPS оценивается величиной порядка 10^{-13} - 10^{-14} . Такие измерения, в настоящее время характеризуются наивысшей достижимой точностью для измерения расстояний в десятки тысяч километров.

Кодовые измерения расстояний в GPS выполняются на частоте модуляции $f_p = 10.23 \text{ МГц}$ с использованием несущих частот $f_1 = 1575.42 \text{ МГц}$ и $f_2 = 1227.60 \text{ МГц}$. Результаты кодовых измерений расстояний на частотах f_1 и f_2 обозначены символами P_1 и P_2 . Модулированные кодами радиоволны в ионосфере заведомо распространяются с групповыми скоростями. Для фазовых измерений расстояний L_1 и L_2 используются сигналы несущих частот f_1 и f_2 . В данной работе по результатам сравнений кодовых P_1 , P_2 и фазовых L_1 , L_2 измерений

расстояний путем использования групповой и фазовой скорости для определения поправок за ионосферу в результаты фазовых измерений L_1 и L_2 ставилась задача определить с фазовой или групповой скоростью распространяются в ионосфере несущие радиоволны на частотах f_1 и f_2 .

Результаты одновременных измерений дальностей в ионосфере для кодовых P_1 , P_2 и фазовых L_1 , L_2 наблюдений на частотах f_1 и f_2 можно представить в виде двух пар уравнений [1]:

$$\left. \begin{aligned} P_1 &= P + \frac{A_K}{f_1^2} = P + \Delta P_1 \\ P_2 &= P + \frac{A_K}{f_2^2} = P + \Delta P_2 \end{aligned} \right\}$$

и (3)

$$\left. \begin{aligned} L_1 &= L + \frac{A_P}{f_1^2} = L + \Delta L_1 \\ L_2 &= L + \frac{A_P}{f_2^2} = L + \Delta L_2 \end{aligned} \right\},$$

где P и L – расстояния не искаженные ионосферой; ΔP_1 , ΔP_2 и ΔL_1 , ΔL_2 – поправки в кодовые и фазовые измерения расстояний на частотах f_1 и f_2 ; A_K и A_P – интегральные коэффициенты для кодовых и фазовых измерений, характеризующие состояние ионосфера вдоль распространения радиоволн на момент измерений.

В свою очередь, коэффициенты A_K и A_P можно вычислить из соответствующих пар кодовых или фазовых измерений известным способом [1] с помощью уравнений:

$$A_K = \frac{\Delta P \cdot (f_1^2 \cdot f_2^2)}{(f_1^2 - f_2^2)},$$

$$A_P = \frac{\Delta L \cdot (f_1^2 \cdot f_2^2)}{(f_1^2 - f_2^2)},$$

где $\Delta P = P_2 - P_1$, $\Delta L = L_2 - L_1$.

Тогда по найденным значениям A_K и A_P можно вычислить поправки в измеренные дальности по следующим формулам [1]:

$$\Delta P_1 = \frac{A_K}{f_1^2} = \frac{\Delta P \cdot f_2^2}{(f_1^2 - f_2^2)}, \quad \Delta P_2 = \frac{A_K}{f_2^2} = \frac{\Delta P \cdot f_1^2}{(f_1^2 - f_2^2)},$$

(4)

$$\Delta L_1 = \frac{A_P}{f_1^2} = \frac{\Delta L \cdot f_2^2}{(f_1^2 - f_2^2)}, \quad \Delta L_2 = \frac{A_P}{f_2^2} = \frac{\Delta L \cdot f_1^2}{(f_1^2 - f_2^2)}.$$

Для используемых в GPS частот f_1 и f_2 , значения отношений частот можно принять равными [5]:

$$\frac{f_1^2}{(f_1^2 - f_2^2)} = 2.54572778, \quad \frac{f_2^2}{(f_1^2 - f_2^2)} = 1.54572778.$$

Тогда с помощью уравнений (3) и (4) получим расстояния P и L до спутника, исправленные за показатель преломления ионосферы.

Для выполнения исследований автором использовались результаты измерений GPS взятые из протоколов, представленных в Internet [4]. Наблюдения проводились в Новосибирске по Международной программе приемником фирмы Торсон. Реальные измерения GPS-приемником расстояний P_1 , P_2 и L_1 , L_2 до двух спутников с номерами G 19 и G 28 представлены в таблице 1. Результаты фазовых измерений расстояний L_1 , L_2 получены путем умножения числа фазовых циклов на длины волн в вакууме, соответствующие частотам f_1 и f_2 .

Таблица 1

№	Дата и время (по Гринвичу)	№ сп-ка	Кодовые измерения, м		Фазовые измерения, м	
			P_1 , м	P_2 , м	L_1 , м	L_2 , м
1	23.07.09 13 h 08 м 10 s	G 19	23237001,686	23237004,303	23237002,978	23237006,591
2	23.07.09 13 h 08 м 10 s	G 28	20922182,332	20922184,775	20922183,098	20922187,252

Вначале рассмотрим *гипотезу 1* в предположении, что расстояния определяются из фазовых измерений при распространении радиоволн в ионосфере с групповыми скоростями. В этом случае расчетные формулы для вычисления, исправленных за ионосферу расстояний P и L , представим в виде: $P' = P_1 - \Delta P_1$, $L' = L_1 - \Delta L_1$ - на частоте f_1 и $P'' = P_2 - \Delta P_2$, $L'' = L_2 - \Delta L_2$ - на частоте f_2 . Результаты расчетов поправок в измеренные расстояния представлены в табл. 2.

Таблица 2

№ сп-ка	ΔP , м	ΔL , м	ΔP_1 , м	ΔP_2 , м	ΔL_1 , м	ΔL_2 , м
G 19	2,617	3,613	4,045	6,662	5,585	9,198
G 28	2,443	4,154	3,776	6,219	6,421	10,575

Для *гипотезы 2* предположим, что измерения длин L_1 и L_2 выполнялись с фазовой скоростью. Тогда из формулы (2) следует, что в результаты измерений необходимо вводить те же поправки, как и для групповых скоростей, но с обратными знаками. Таким образом, расчетные формулы приобретут в вид: $L' = L_1 + \Delta L_1$ - на частоте f_1 и $L'' = L_2 + \Delta L_2$ - на частоте f_2 .

Сводная ведомость исправленных расстояний для групповой и фазовой скорости представлена в табл. 3.

Таблица 3

№ СП.	Кодовые измерения расстояний P , м	Фазовые измерения длин L			
		Групповая скорость (Гипотеза 1).		Фазовая скорость (Гипотеза 2).	
		L' , м	L'' , м	L' , м	L'' , м
G 19	23236997,641	23236 997,393	23236 997,393	23237 008,563	23237 015,789
G 28	20922178,556	20922176,677	20922176,677	20922 189,519	20922 197,827

Из выполненных расчетов следует, что для исправленных за ионосферу длин с использованием группового показателя преломления (гипотеза 1) между точными фазовыми L и менее точными кодовыми измерениями P расхождение для спутника G19 составляет около 0,3 м, а для спутника G 28 около 2м. Это объясняется тем, что фазовые измерения длин L_1 , L_2 выполняются на очень высоких частотах $f_1 = 1575.42$ МГц и $f_2 = 1227.60$ МГц и по точности оцениваются сантиметровой инструментальной погрешностью. Частота, на которой выполняются кодовые измерения $f_P = 10,23$ МГц на два порядка меньше, чем любая из частот для фазовых измерений, а, следовательно, погрешность измерения расстояний на частоте f_P на два порядка хуже и может оцениваться единицами метров. Таким образом, выполненные расчеты показывают хорошее согласие результатов кодовых и фазовых измерений при использовании групповой скорости.

Использование фазовой скорости, согласно гипотезе 2, приводит к отличию точных фазовых измерений L на частоте f_1 от кодовых измерений P примерно на 10 м, а на частоте f_2 для длины L'' такое отклонение измерений составляет уже около 20 метров. Следовательно, применение фазовой скорости в ионосфере значительно искажает измеренные расстояния и может служить источником дополнительных погрешностей GPS-измерений.

Таким образом, в настоящее время использование фазовой скорости в ионосфере для обработки GPS-измерений негативно влияет на результаты определения абсолютных координат и в меньшей степени ухудшает дифференциальные измерения, поскольку для одновременных измерений при вычислении приращений координат эти погрешности носят систематический характер и, в основном, взаимно компенсируются.

Это позволяет сделать следующие выводы:

- Экспериментально установлено, что фазовой скорости в диспергирующих средах не существует, а радиоволны распространяются в ионосфере с групповой скоростью;

- Использование только групповой скорости для обработки фазовых GPS-измерений дает возможность повысить точность определения координат и расстояний GPS-приемниками, особенно в абсолютном режиме;

– В средах с аномальной дисперсией при использовании групповой скорости не нарушается основное положение теории относительности, о том, что скорость переноса амплитуды, мощности и энергии волн не превышает скорости света в вакууме. Следовательно, утверждение о фазовом опережении и сверхсветовых скоростях волн и частиц в диспергирующих средах с аномальной дисперсией не соответствует действительности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Антонович, К.М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии. [Текст] / К.М. Антонович / М., Картгеоцентр-2005, т.1,. С. 333.
2. Борн, М, Вольф, Э Основы оптики. - М.: Наука, 1970, с. 39.
3. Кошелев, А.В. К определению показателя преломления атмосферы для высокоточных геодезических измерений [Текст] / А.В. Кошелев // Геодезия и картография. 2010, №3.- С.23 -27.
4. [Electronics resource] –Англ. – Режим доступа: <ftp://cdis.gsfc.nasa.gov>.
5. Zebhauser B. [Текст] / B. Zebhauser / Zur Entwicklung eines GPS-Program systems fur Lehre und Tests unter besonderer Berucksichtigung der Ambiguity Function Methode. Munchen. 1999. p. 123.

© *А.В. Кошелев, А.П. Карпик, А.К. Синякин, 2010*

УДК 006:629.783

А.К. Синякин, А.В. Кошелев

СГГА, Новосибирск

ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ТОЧНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ РАДИОСИГНАЛОВ GPS/ГЛОНАСС

Статья представляет анализы источников ошибок частоты генератора приемников для достижения высокой точности в GPS-измерениях.

A.K. Siniakin, A.V. Koshelev

Siberian State Academy of Geodesy (SSGA)

10 Plakhotnogo Ul., Novosibirsk, 630108, Russian Federation

POTENTIAL ACCURACY OF RADIO SIGNAL PARAMETERS MEASUREMENT FOR GPS/GLONASS

The paper presents analysis errors of frequency generators devices for observation to achieve higher accuracy in GPS/GLONASS-measurements.

В пассивных (беззапросных) дальномерных методах, реализованных в GPS/ГЛОНАСС, радиосигналы, их параметры (частота, фаза, временная шкала и т. д.) формируются на спутниках, а измерение этих параметров осуществляется в наземных приемниках. Измерения должны выполняться в единой для всех спутников и приемников шкале времени. В реальной действительности в информационно-измерительном навигационном комплексе действуют три временные шкалы [1]:

- Системная;
- Бортовая;
- Потребителя.

Системная шкала времени формируется в квантовом эталоне времени и частот, находящемся в наземной контрольно-измерительной станции. Бортовая шкала времени генерируется квантовыми стандартами частот (цезиевыми, рубидиевыми), расположенными на борту конкретного спутника. Шкала времени потребителя определяется частотой опорного генератора приемника

Именно в приемниках выполняется обработка сложно-структурированного радиосигнала, извлечение необходимой информации, измерение различных параметров, в том числе, измерение дальности, определение координат.

Измерение дальности на основе использования кодовых сигналов является процессом измерения временного интервала между сигналом, излучаемым спутником, и копией сигнала, сформированным в приемнике на основе корреляционной обработки сигналов.

Обобщенное выражение этого процесса описывается соотношением

$$S(t) = \int_0^T y(t)h(t-\tau) \cos 2\pi f t dt \quad (1)$$

где $y(t)$ – сигнал, излучаемый спутником;

$h(t-\tau)$ – копия сигнала, сформированная в приемнике;

T – интервал измерительного процесса (10^{-3} с).

Функциональная схема реализации процесса приведена на рис. 1.

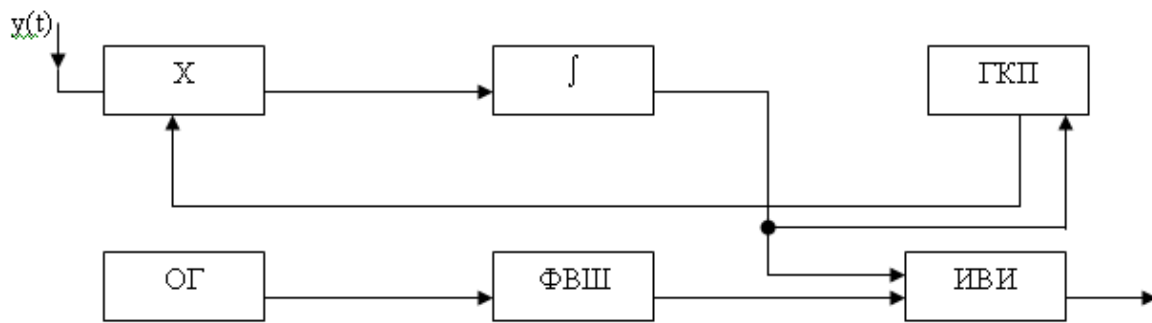


Рис. 1. Функциональная схема процесса:

X – множитель сигналов; $\int$ – интегратор; ГКП – интегратор кодовой последовательности; ОГ – опорный генератор; ФВШ – формирователь временной шкалы; ИВИ – измеритель временных интервалов

Как следует из схемы, опорный генератор является устройством, формирующим шкалу для измерения временного интервала между началом отсчета и окончанием измерительного цикла. От параметров опорного генератора зависит точность формирования начала отсчета, точность определения временного интервала, а в последующем – точность определения координат.

В качестве опорного генератора в приемниках применяется схема кварцевого генератора в интегральном исполнении. Относительная нестабильность кварцевого генератора составляет 10^{-6} . С учетом периода повторения кодовых сигналов 10^{-3} с. Следует ожидать, что нестабильность опорного генератора приемника составит погрешность в расстоянии 0,3 м.

При относительном методе измерений на практике в большей степени используют вторые разности фаз, т.е. разности фаз сигналов двух приемников, принимаемых одновременно от одних и тех же спутников для одной и той же эпохи.

В двойных разностях фаз, если измерения выполняются синхронно, влияние различия во временных шкалах приемников исключаются [2]

$$\Delta^2 \varphi = \frac{2\pi f_j}{c} \left[\bar{R}_{1j}(t) - \bar{R}_{rj} - \bar{R}_{1j}(t) + \bar{R}_{ri}(t) \right],$$

где f_j – частота сигнала, излучаемого спутником;

j, i – номер спутников;

1, 2 – номера приемников;

$\left[\bar{R}_{1j}(t), \bar{R}_{rj}, \bar{R}_{1j}(t), \bar{R}_{ri}(t) \right]$ – расстояния между j и i – спутниками и

приемниками номер 1 и 2 на момент времени t .

Уравнение двойных разностей фаз (2) соответствует модели активного дальномерного метода, т.е. опорный и дистанционный сигналы должны формироваться в одном источнике (генераторе) сигналов. В условиях беззапросного (пассивного) дальномерного метода формирование дистанционного сигнала осуществляется на спутнике, а формирование опорного сигнала и процесс фазовых измерений выполняется в приемнике, т.е. измерения отнесены к шкале времени приемника, формируемой опорным генератором.

Для исключения двойственности процесса, фазу опорного сигнала, протекание сигнальных параметров следует рассматривать в шкале времени спутника, проецируя шкалу времени спутника на шкалу приемника.

По этой причине, целесообразно анализировать не только погрешности за постоянство расхождения временных шкал спутника и приемника, но и появление дополнительной фазовой ошибки, вызванной запаздыванием сигнала в аппаратуре приемника по отношению к каждому спутнику. С учетом преобразований [1] уравнение (2) может быть приведено к виду

$$\Delta^2 \varphi = \frac{2\pi f_j}{c} \left[\bar{R}_{1j}(t) - \bar{R}_{rj} - \bar{R}_{1j}(t) + \bar{R}_{ri}(t) \right] + (\delta\varphi_{1jan} - \delta\varphi_{2jan} - \delta\varphi_{1ian} + \delta\varphi_{2ian}) \quad (3)$$

где $\delta\varphi_{an}$ – фазовая ошибка, вызываемая запаздыванием сигнала в аппаратуре приемника (несинхронность шкал времени).

Остаточное влияние несинхронности, чаще по причине доплеровского смещения частот, корректируется в пределах 1 мкс, т.е. $1 \cdot 10^{-6}$.

Вместе с тем, результаты измерения сдвига фаз (первых и двойных разностей) регистрируются в стандартных фазометрических устройствах (цифровых фазометрах). Функциональная схема цифрового фазометра приведена на рис.2.

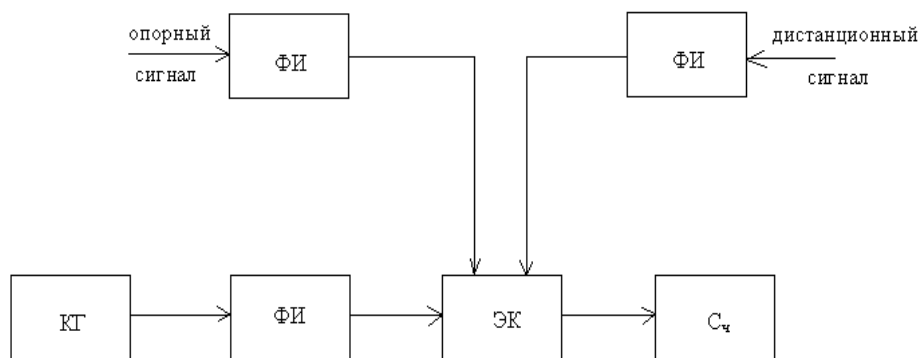


Рис. 2. Функциональная схема цифрового фазометра:

ФИ – формирователь импульсов; КГ – кварцевый генератор; ЭК – электронный ключ; Сч – цифровой счетчик

Как следует из рис. 2 сдвиг фаз зависит от стабильности частоты кварцевого генератора – опорного генератора приемника.

Стабильность частоты кварцевого генератора, выполненного по интегральной схеме, определяется величиной $1 \cdot 10^{-6}$. Этим и оцениваются предельные относительные погрешности приемников геодезического назначения $-1 \cdot 10^{-6}$ в дифференциальном режиме измерений.

Выводы:

1. При полевых исследованиях GPS/ГЛОНАСС приемников на прецизионных базисах следует эталонировать частоты опорных генераторов.
2. Для повышения точности измерений при относительном методе в качестве опорных генераторов приемников рекомендуется при возможности применять квантовые стандарты частоты

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Глобальная спутниковая радионавигационная система ГЛОНАСС / под ред. В.Н. Харисова, Л.И. Перова, В.А. Болдина [Текст]. – М: ИПРЖР, 1998.- С.397.
2. Синякин А.К. Физические принципы работы GPS/ГЛОНАСС/[Текст] А.К. Синякин, А.В. Кошелев. – Новосибирск: СГГА, 2009. – С. 105.

© А.К. Синякин, А.В. Кошелев, 2010

УДК 629.783:528.33:528.1

В.В. Яхман

СГГА, Новосибирск

О СОЗДАНИИ ПОСТОЯННО ДЕЙСТВУЮЩИХ СТАНЦИЙ

Предлагается технология создания постоянно действующих станций спутниковых измерений. Особое внимание уделяется анализу ошибок, допущенных разными организациями при создании постоянно действующих станций. Приводятся требования, предъявляемые к организационному и техническому обеспечению постоянно действующих станций. Разбираются основные причины, негативно сказывающиеся на процессе создания постоянно действующих станций в России.

V.V. Yakhman

SSGA, Novosibirsk

ESTABLISHMENT OF STANDING STATIONS

The technology of standing stations for satellite measurements is offered. Special attention is given to the analysis of mistakes made by different organizations when establishing standing stations. The requirements to the organizational backing and maintenance of the standing stations are enumerated. The main obstacles to the establishment of standing stations in Russia are analyzed.

Создание сетей постоянно действующих станций спутниковых наблюдений (ПДС) началось еще в процессе создания спутниковых радионавигационных систем, т.е. задолго до их ввода в эксплуатацию. В процессе развития сетей ПДС и их совершенствования расширялся круг решаемых задач, наращивалось их функциональное назначение, совершенствовалось их техническое, информационное и организационное обеспечение. Оставалось неизменным лишь их основное функциональное назначение – выполнение непрерывных качественных спутниковых наблюдений.

По охвату территории сети ПДС, предназначенные для решения геодезических задач, условно можно разделить на глобальные, региональные, континентальные, локальные и муниципальные.

По характеру работы ПДС могут быть активными или пассивными. Под активной сетью ПДС следует понимать сеть непрерывно действующих станций спутниковых наблюдений, которые предоставляют пользователям не только файлы сырых измерений, но и различные информационные услуги. Такие сети работают на территории США, Канады и в некоторых странах Западной Европы. В качестве примера таких систем можно привести Активную сеть США (CORS-Continuously Operated Reference Stations –Непрерывно

действующие опорные станции, 1994 г), Канадскую активную сеть (CACS-Canadian active control system – Канадская активная контрольная система, 2004 г). Причем данные и различные информационные услуги этих систем общедоступны по линиям связи. Есть и коммерческие системы активных станций, которые предоставляют сервисные услуги за определенную плату (OmniStar, StarFire и другие). Подробное описание данных систем активных ПДС на русском языке приводится в монографии [1].

Сети станции ПДС действуют и в России. Различными министерства и ведомствами созданы свои сети пассивных ПДС (РАН, Госстандарт РФ, Росавиакосмос, Роскартография, и др.). В процессе создания ими накоплен большой научно-производственный опыт по выполнению таких работ. Однако в технической литературе данные работы освещены очень слабо. Например, в соответствии с распоряжением Роскартографии от 10 апреля 2001 г. с целью повышения эффективности использования создаваемых Роскартографией спутниковых геодезических сетей, а также для обеспечения потребителей высокоточными геодезическими данными в г. Новосибирске организованы регулярные спутниковые наблюдения на постоянно действующей станции (ПДС) спутниковых определений координат [2]. Работы, связанные с выполнением постоянных спутниковых измерений на ПДС, начаты в августе 2001 г. Постоянные спутниковые измерения велись с рабочих центров пункта ФАГС «Новосибирск» (NSK1, NSK2) с известными координатами в СК42 и WGS84, оснащенных устройством принудительного центрирования, суточными сеансами с 0h 00m до 23h 55m всемирного времени двухсистемной (ГЛОНАСС/GPS) двухчастотной аппаратурой фирмы Торсон (40 канальный приемник LEGACY-E GGD GPS/ ГЛОНАСС L1/ L2, антенна типа Regant I GPS/ ГЛОНАСС). В сентябре 2002 г. была приобретена и установлена метеостанция, позволяющая фиксировать влажность и температуру с точностью 1% и 0.1оС соответственно, а также записывать измерения в файл с дискретностью 20 минут. В 2003 году на станции была установлена аппаратура, позволяющая транслировать дифференциальные поправки, как к кодовым, так и к фазовым измерениям. В дальнейшем работы сети ПДС Роскартографии были приостановлены из – за недостаточного финансирования. Возможно, это одна из причин приостановки работ по совершенствованию сети ранее созданных ПДС, принадлежащих ряду министерств и ведомств. Так на заседании научно-технического совета Росавиакосмоса в 2003 году было принято решение о использовании ранее созданных ПДС в интересах ограниченного круга пользователей. Предложение ЦНИИ машиностроения о целесообразности развертывания на территории России региональных дифференциальных навигационно-геодезических систем для обеспечения широкого круга пользователей и коммерческого использования ГЛОНАСС по непонятным причинам на этом заседании принято не было.

В последнее время на территории России стали создаваться сети активных ПДС (Спутниковая сеть Центра спутниковых технологий ФГУП «Госземкадастръёмка - ВИСХАГИ на территории Московской области, СТП Тверской и Архангельской областях и многие другие).

Учитывая то, что в последнее время созданием сетей ПДС стали заниматься множество различных коммерческих организаций и объединений, а в технической литературе на данный момент отсутствуют детально проработанные технологические решения, автору хотелось бы обратить внимание геодезистов на отдельные технологические особенности выполнения таких работ. Более того, на настоящий момент отсутствуют какие-либо нормативно-технические акты и правовые документы, регламентирующие основные требования по созданию и функционированию ПДС. По этой причине в различных министерствах и ведомствах созданы свои сети ПДС, которые за редким исключением могут использоваться для решения геодезических задач. Для решения геодезических задач должна создаваться сеть активных станций, а не отдельные пассивные станции, которые не обеспечивают контроль определения координат пунктов.

При эксплуатации сети активных ПДС необходимо обеспечить следующие основные условия ее работы:

- Постоянную безопасную доступность обслуживающего персонала к центрам станции и к техническому оборудованию;
- Качественный прием сигналов от спутников (открытый радиогоризонт, отсутствие различных источников помех и т. д.);
- Стабильное положение фазового центра спутниковой антенны (стабильное пространственное положение антенны, отсутствие в непосредственной близости источников изменения диаграммы направленности антенны и т. д.);
- Обеспечение надежного информационного и управляющего каналов связи;
- Обеспечение надежного бесперебойного питания оборудования;
- Обеспечение постоянной работоспособности оборудования (защита от источников вывода в нерабочее состояние, кражи и т. д.);
- Постоянная возможность контроля работоспособности станции;
- Наличие рабочего помещения для выполнения основных и профилактических работ;
- Возможность установки на центрах станции дополнительной спутниковой аппаратуры и другого вспомогательного оборудования;
- Сервисные услуги должны быть приемлемыми как для рядовых, так и прогрессивных пользователей.

Обеспечение данных условий должно учитываться, начиная с самого первого этапа ее создания – составление бизнес плана. При создании и эксплуатации такой сети должны применяться самые прогрессивные технологии.

В работе [3] приводится описание современной инфраструктуры сети активных станций, частично затронуты вопросы, связанные с ее созданием и работой. Следует отметить, что в данной работе отсутствует описание технологических особенностей выполнения работ по геодезическому

обеспечению создания сети активных ПДС. В частности при описании проектирования сети ПДС автор посоветовал руководствоваться требованиями следующего нормативно-технического акта (НТА) [4]. Однако данный НТА регламентирует технологию производства работ по созданию и реконструкции городских геодезических сетей и не в полной мере раскрывает технологию создания высокоточных геодезических сетей (ВГС), к каким следует отнести работы, связанные с созданием сети активных станций ПДС. Поэтому в данной работе предпринята попытка раскрыть технологические особенности выполнения следующих видов работ: предпроектного обследования и рекогносцировки геодезических пунктов и нивелирных знаков, проектирование сети активных ПДС, изготовление и закладка центров, выполнение высокоточных геодезических измерений по определению координат и высот центров сети ПДС.

При выполнении работ по предпроектному обследованию и рекогносцировке геодезических пунктов и нивелирных знаков необходимо собрать и изучить материалы ранее выполненных геодезических работ, геологические карты и карты геолого-тектонических нарушений. В отличие от рекомендаций [4], работы по обследованию и рекогносцировке геодезических пунктов и нивелирных знаков следует выполнять в полевых условиях, а не в камеральных (ну, как можно по карте определить высоту здания, которое является препятствием для приема сигналов от спутников или выявить источники радиопомех таких, как навигационное оборудование частей ПВО, антенн сотовой связи и т. д. ?). При выполнении данной работы необходимо на всех существующих геодезических пунктах АГС и СГС выполнить полуинструментальную съемку препятствий, выполнить пробные спутниковые измерения с использованием современной спутниковой аппаратуры с целью оценки качества приема сигналов от спутников на разных несущих частотах. Целесообразно совместить с данной работой и контрольные измерения по определению качества, ранее созданной геодезической основы. Если взаимное положение пунктов, ранее созданной геодезической основы будет отличаться более чем 10 см, то в проекте создания сети активных станций необходимо предусмотреть работы по реконструкции, ранее созданной геодезической основы. Более того, при проведении данных работ необходимо выявить области, в которых прием сигнала от спутников будет затруднен (лесопарковые зоны, территории с многоэтажной застройкой) и отобразить их на картах. Заключительным этапом выполнения данных работ будет являться рекогносцировка основных и резервных центров сети активных ПДС.

В дополнение к работам по проектированию сети активных ПДС, изложенным в работе [3] необходимо учесть еще и работы по определению координат центров в государственной и местной системе координат и высот. В проекте обязательно необходимо запроектировать привязку центров сети активных ПДС к пунктам существующей геодезической основы.

При изготовлении и закладке центров сети активных ПДС необходимо руководствоваться требованиями (НТА) [5]. Целесообразно предусмотреть закладку несколько рабочих центров, с которых могут выполняться

спутниковые измерения. Необходимость создания нескольких рабочих центров вызвана тем, что при профилактических работах или замене спутниковой аппаратуры работа ПДС по приему сигнала от спутников не должна прерываться. В этом случае спутниковые наблюдения можно выполнять с дублирующего центра. Если рабочие центры заложены на здании, то необходимо осуществлять контроль за пространственным смещением центров (особенно по высоте). Малые смещения спутниковой антенны (фазового центра) по высоте не будут выявлены с помощью датчика наклона, рекомендованного для этих целей в работе [3]. Для этой цели целесообразно установить следящую систему контроля смещения антенны, работающую в реальном времени либо периодически выполнять геодезические измерения по определению высоты антенны. Из опыта выполнения работ по выполнению высокоточных спутниковых измерений с центров пунктов установленных на зданиях не выше трех этажей следует [2, 6], что суточные колебания спутниковой антенны могут достигать 3 – 10 мм в плане и 0.5 – 7 мм по высоте. Сезонные колебания спутниковой антенн по высоте могут достигать 10-27 мм. Для выявления сезонных колебаний спутниковой антенн необходимо предусмотреть закладку ственных реперов в боковую поверхность центров активных ПДС и выполнить не менее четырех циклов нивелирования повышенной точности. Если рабочие центры заложены на здании, то не рекомендуется закладывать центры пунктов типа 192, так как их высота должна быть не выше одного метра [5], что неизбежно вызовет прерывание приема сигнала от спутников при осмотре спутниковых антенн. Для предотвращения прерывания приема сигнала от спутников и загрязнения корпусов спутниковых антенн или защитных колпаков от птиц и продуктов их жизнедеятельности рекомендуется периодически воспроизводить запись крика хищных птиц (вороны) с помощью обычных компьютерных динамиков.

В работе [3] для защиты оборудования станции от попадания молнии рекомендуется устанавливать молниеотвод (громоотводов не бывает) в непосредственной близости от спутниковой антенны. Этого категорически делать не надо, так как может измениться диаграмма направленности антенны из за введения металлического стержня молниеотвода в антенное поле. При создании ПДС «Новосибирск» было принято решение о создании четырех молниеотводов (если устанавливается один, то его диаметр должен будет увеличен в несколько раз), защищающих рабочее поле трех рабочих центров, удаленных от спутниковой антенны на расстоянии 9 м.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Антонович К.М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии [Текст]: в 2 т. – М.: Картоцентр, Новосибирск: Наука. – 2005. – 334 с. – 2006. – 360 с.
2. Яхман, В.В. Вопросы создания и функционирования станций постоянных спутниковых наблюдений [Текст] / В.В. Яхман, Г.А. Бикмухаметова //Современные проблемы геодезии и оптики: сб. матер. LIII междунар. научно-

техн. конф., посвященной 70-летию СГГА. Ч.III. – Новосибирск: СГГА. – 2003. – С. 188-190.

3. Евстафьев, О.В. Наземная инфраструктура ГНСС для точного позиционирования [Текст] / О.В. Евстафьев. – М. : ООО «Издательство «Проспект», 2009. – 48 с.

4. Руководство по созданию и реконструкции городских геодезических сетей с использованием спутниковых систем ГЛОНАСС/GPS [Текст] – М.: ЦНИИГАиК. – 2003. – 182 с.

5. Правила закрепления центров спутниковой геодезической сети [Текст]. – М.: ЦНИИГАиК, 2001.

6. Яхман, В.В. Технологические аспекты создания высокоточных геодезических сетей с применением современных спутниковых приемников [Текст] / В.В. Яхман, Н.В. Гонцова, Ю.В. Сурнин //Современные проблемы геодезии и оптики: Сб. материалов LIII междунар. научно-техн. конф., посвящ. 70-летию СГГА. Ч.III/ СГГА.- Новосибирск, 2003, С. 185-188.

© В.В. Яхман, 2010

УДК: 528.344:629.783

Н.К. Шендрик

СГГА, Новосибирск

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПСЕВДОСТАТИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ ДЛЯ GPS-ИЗМЕРЕНИЙ В РЕЖИМЕ СТАТИКИ

Рассмотрены вопросы совершенствования технологии псевдостатической съемки для обработки GPS-измерений в режиме статики. Технология применима для файлов в формате RINEX и реализуется с помощью двух алгоритмических программ, позволяющим выполнять анализ и преобразование исходных файлов к виду с оптимальными статистическими показателями применительно к конфигурации и интервалам существования «созвездий» космических аппаратов (КА).

N.K. Shendrik

SSGA, Novosibirsk

IMPROVEMENT OF THE PSEUDO-STATIC SURVEY TECHNOLOGY FOR GPS-MEASUREMENTS IN STATIC MODE

The problems of improving the technology of pseudo-static survey for GPS-measurement data processing in static mode are considered. The technology can be applied for files in RINEX format and realized by means of two algorithmic programs which permit analyzing initial files and converting them into the state of optimal statistics as concerns spacecrafts “constellations” configuration and intervals

Опыт использования методики псевдостатической съемки в режиме статики [1], выявил возможности дальнейшего её совершенствования за счет автоматизации технологического процесса. Во-первых, это касается исключения малых интервалов измерений, в пределах которых происходит частая смена состава «созвездий» при нестабильном приеме радиосигнала от КА. Во-вторых - исключения из файла измерений тех «созвездий», где число КА, меньше некоторого заданного значения. С этой целью, в дополнение к ранее созданной [2], была разработана вторая программа, реализующая указанные выше возможности. С помощью второй программы появилась возможность более гибко и в автоматизированном режиме менять (оптимизировать) структуру и объем измерений исходного RINEX-файла. Технологически взаимодействие двух программ можно отразить схемой: А-В-А, где литерой А обозначена первая программа, а В – вторая. Если результаты оптимизации файла измерений принимаются удовлетворительными, то выполняется вычисление базовой линии. Процесс оптимизации файлов измерений может повторяться в цикле до тех пор, пока не будет выбран

наилучший вариант решения базовой линии. Благодаря автоматизации процесса возрастают возможности оценки достаточности объема и качества GPS-измерений, надежность вычисления базовых линий. Данная технология может быть рекомендована для проведения прикладных и исследовательских работ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шендрик Н.К. Применение методики псевдостатической съемки для обработки GPS-измерений в режиме статики [Текст] // Геодезия, Геоинформатика, Картография, Маркшедерия. Т. 1. Ч. 2. Пятый Междунар. Конгр. «Гео-Сибирь-2009». –Новосибирск: СГГА, 2009. –С. 288-289.

2. 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, 2010

УДК 528.5

Д.Ш. Фазилова

АИ АН РУз, Ташкент, Узбекистан

Э.Р. Мирмахмудов

ТАСИ, Ташкент, Узбекистан

И. Алимухамедов

Институт сейсмологии АН РУз, Ташкент, Узбекистан

О НЕКОТОРЫХ ЗАДАЧАХ ПО УЛУЧШЕНИЮ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЕТИ УЗБЕКИСТАНА

В статье рассматриваются вопросы построения геодинимической сети на базе GPS, DORIS, ГЛОНАСС-технологий в Республике Узбекистан, создания службы фундаментального координатно-временного обеспечения и развития современных пакетов программ обработки высокоточных измерений.

D.Sh. Fazilova

Astronomical Institute of Uzbek Academy of Sciences

33 Astronomicheskaya, Tashkent, 100052, Uzbekistan

E.R. Mirmakhmudov

Architecturally-build institute, 13 Navoi, Tashkent, 100011, Uzbekistan

I. Alimukhamedov

Institute of Seismology of Academy of Sciences, 3 Zulfiyakhonim, Tashkent, 100128, Uzbekistan

ABOUT SOME TASKS ON UZBEKISTAN GEODETIC NETWORK IMPROVEMENT

In the article the questions of construction of geodynamical network on a base GPS, DORIS, GLONASS-technologies in Republic Uzbekistan, creations of service of the fundamental coordinate providing and development of modern packages of software of processing of the high-accuracy measurements are considered.

Существующая государственная геодезическая сеть (плановая основа) и государственная нивелирная сеть (высотная основа) Республики Узбекистан являются фрагментом общей Государственной Геодезической Сети (ГГС) на территории Содружества Независимых Государств (СНГ). Геодезические и геофизические подразделения Узбекистана используют до настоящего времени топографические карты системы СК42, которые обновлялись в 1970-80гг. Известно, что все виды геодезических измерений проводятся в определенной системе координат, и их окончательная точность, естественно, непосредственно зависит от точности принятой координатной основы. Поэтому обеспечение высокой точности, как измерений, так и их обработки занимает особо важное

место в построении ГГС. Однако, государственная геодезическая сеть, если ее систематически не обновлять и не совершенствовать, постепенно стареет, утрачивает часть пунктов, теряет точность в отдельных ее частях, особенно из-за современных движений земной коры. Узбекистан, также расположенный на границе Евразийской и Индийской тектонических плит, является областью активных движений земной коры порядка 2-3 см/год, связанных, в том числе, и с землетрясениями [1]. Они могут достигать 2 м за последние 50 лет с момента установления государственной системы координат СК-42. Государственная геодезическая сеть предназначена для решения задач, имеющих практическое, научное и оборонное значение. Поэтому, топографическая основа карт не удовлетворяет современным требованиям геодинамики и с появлением современных навигационных приемников GPS, DORIS и ГЛОНАСС топооснову топографических карт необходимо уточнить или заменить новой системой. Нынешняя тенденция геодинимических и геофизических исследований предполагает широкое привлечение новых технологий, сосредоточение материально-технических и людских ресурсов на наиболее перспективных направлениях и широкую международную кооперацию. В связи с этим наиболее перспективными задачами топографо-геодезических подразделений Республики Узбекистан в области геодинамики и сейсмологии является построение геодинимической сети на базе GPS, DORIS, ГЛОНАСС-технологий, создание службы фундаментального координатно-временного обеспечения и развитие современных пакетов программ обработки высокоточных измерений.

Государственный комитет Республики Узбекистан по земельным ресурсам, геодезии, картографии и государственному кадастру совместно с исследовательскими институтами Республики в настоящее время реализует проект построения Государственной спутниковой геодезической сети. Она формируется по принципу перехода от общего к частному. В ходе совершенствования национальной сети предусмотрено создание: системы референчных пунктов (РГП), спутниковой сети 0-го класса (СГС-0), спутниковой сети 1-го класса (СГС-1) [2]. В связи с этим разработка и исследование метода по выявлению и учету влияния геодинимических факторов с целью повышения точности и стабильности геодезической координатной основы Узбекистана представляет собой весьма важную и актуальную задачу. Поставленная цель может быть достигнута за счет решения следующих основных задач: выявление векового тренда и скрытых периодичностей в амплитудно-временных рядах станций сети IGS, обоснование и интерпретация физических причин вековых и периодических изменений координат пунктов, разработка и исследование кинематических моделей, которые описывают изменения координат пунктов земной поверхности, формулировка предложения по повышению точности геодезической координатной основы Узбекистана. Однако в настоящее время на территории Узбекистана нет реальных данных, необходимых для решения поставленной задачи. Поэтому, в ходе ее решения предлагается использовать реальные топоцентрические координаты станций Международной службы GPS для геодинамики (IGS) в Китае и Ташкенте. Высокая точность и частота обновления координат IGS-станций позволяют обнаружить и выявлять во

временных рядах, образуемых этими значениями координат, закономерности изменений координат, которые вызваны внешними факторами (движение литосферных плит, сезонные и приливные факторы).

Помимо вышеперечисленных измерений для модельных расчетов используются данные Таваксайского геодинамического полигона вблизи г. Чирчик. Полигон расположен на стыке Каржантауского разлома и Чирчикской впадины. Поэтому указанный регион представляет интерес с точки зрения гидрологии и геофизики. Особенно интересно исследование макроустойчивости берегов реки Чирчик и ложа Газалкентского водохранилища, так как при их наполнении возрастает давление на горные породы, что приводит к росту сейсмической активности микроплит. Полигон был заложен Институтом сейсмологии АН РУ на юго-восточном крыле юго-западной части Каржантауской мегантиклинали северо-восточнее Ташкента и севернее поселка Таваксай после проявления сильного Таваксайского землетрясения 1977 года ($M=5.3$). Создание полигона предназначалось для контроля за современными движениями блоков по зоне Каржантауского разлома геодезическими и геофизическими методами с целью выявления прогностических предвестников землетрясений. Несмотря на относительную геофизическую изученность территории полигона и прилегающих к нему участков, детальных крупномасштабных карт и схем, отражающих современную структуру района, особенностей ее геодинамического развития на более поздних этапах геологической истории, которые могли бы послужить основой, прогнозных исследований не было составлено. Для устранения этого недостатка в период 1991-1994гг. на Таваксайском полигоне проводились полевые структурно-геологические исследования с целью выявления и картирования молодых и сейсмогенных участков [3].

Появление новых навигационных приемников побудило к переизмерению координат пунктов на Таваксайском полигоне в 2001-2002гг. Дрейф положения пунктов в двух циклах в целом незначительны. Только для некоторых пунктов выявлены движения, превышающие допустимую ошибку, а вертикальное смещение находится в пределах ошибки измерения. При GPS-наблюдениях в каждом цикле на каждом пункте перед началом и в конце наблюдений измерялись метеорологические данные: температура, влажность воздуха и давление. Также измерялись высоты установки антенн над центром. Обработка результатов GPS-измерений каждого цикла и уравнивание их производились идентичным методом пакетом программ WinPRISM, версии 2.1 При обработке векторы между реперами не вычислялись и соответственно при уравнивании они не участвуют, т.к. они малы по сравнению с векторами исходных пунктов. После обработки каждого цикла были получены координаты относительно исходных пунктов методом трансформации из системы WGS-84 в систему координат 42 года и по полученным разностям координат составлялись схемы колебаний реперов в пределах точности их получения. Таким образом, чтобы повысить достоверность о движении (колебании) реперов, в дальнейшем необходимо вести наблюдения по «жесткой» схеме, т.е. должна быть получена «жестко» связанная

сеть реперов или же репера должны располагаться на обширной территории от разломов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Reigber Ch., Michel G.W., Galas R. Chen J.Y., Papschev A., Arslanov R., Tzurkov V.E. and Ishanov M.C. New Space Geodetic Constraints on the Distribution of Deformation in Central Asia. [Text] / Reigber Ch. // EPSL-2001- P. 157-165.

2. Белевич, С.В. Бекбаев, Г.К. Совершенствование национальной геодезической сети Республики Узбекистан с использованием приборов спутникового позиционирования [Текст]/ С. Белевич // Земельные ресурсы Казахстана.-2006.-№37-С.11-12.

3. Ярмухамедов А.Р., Ирушкин С.А., Абдуллаев Ш.Х. О современных тектонических движениях земной коры на Таваксайском полигоне. [Текст] /А. Ярмухамедов//Узб. геол. журн. № 2-1994 - С.18-22.

© Д.Ш. Фаилова, Э.Р. Мирмахмудов, И. Алимухамедов, 2010

УДК 528.33
Ю.В. Сурнин
СГГА, Новосибирск

АППРОКСИМАЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ВРАЩЕНИЯ ЗЕМЛИ УГЛАМИ КАРДАНО И ПОЛИНОМАМИ ЧЕБЫШЕВА

Рассматривается замена двенадцати углов, описывающих в классической модели эффекты прецессии, нутации, полярного движения и неравномерности вращения Земли, тремя кардановыми углами, которые аппроксимируются полиномами Чебышева. В результате более двух тысяч тригонометрических и полиномиальных членов заменяются небольшим числом чебышевских многочленов. Построенная таким образом модель вращения Земли повышает быстродействие алгоритма, практически не снижает точность и потому более эффективна для решения задач космической геодезии динамическим методом.

Yu.V. Surnin
SSGA, Novosibirsk

CARDAN ANGLE-AND CHEBYSHEV POLYNOMIAL APPROXIMATION OF THE EARTH ROTATION SIMULATOR

The author considers substitution of the nine angles describing (in classical model) the effects of precession, nutations, polar motion and non-uniformity of the Earth rotation for three cardan angles approximated by Chebyshev polynomials. As a result more than a thousand of trigonometric and polynomial members are replaced by a small number of Chebyshev multinomials. The Earth rotation model thus built is more efficient as the algorithmic speed increases without considerable degradation of the model accuracy.

Математическая модель вращения Земли обычно представляется в виде произведения элементарных матриц поворота [1, 2, 4], учитывающих движение оси мира относительно инерциального пространства, собственно вращение Земли, неравномерность ее вращения и полярное движение мгновенной оси в теле Земли. Чтобы уменьшить влияние погрешностей модели вращения Земли на орбиты космических аппаратов, целесообразно в качестве инерциальной системы координат (ИСК) - точнее квазиинерциальной - выбрать небесную систему отсчета [4], определяемую истинным равноденствием и истинным экватором фиксированной эпохи T_m , лежащей, примерно, в середине некоторого интервала $[T_n, T_k]$. Например, T_n, T_k – эпохи начала и конца какой-либо наблюдательной компании. Тогда матрица W направляющих косинусов осей общеземной системы координат (ОЗСК) относительно осей ИСК в рамках

ньютоновой механики может быть описана двенадцатью элементарными поворотами

$$W = R_1(-\varepsilon_{0m} - \Delta\varepsilon_m) R_3(-\Delta\psi_m) R_1(\varepsilon_{0m}) R_3(\zeta_{Am}) R_2(-\theta_{Am}) R_3(z_{Am}) R_1(-\varepsilon_0) R_3(\Delta\psi) R_1(\varepsilon_0 + \Delta\varepsilon) \times \\ \times R_3(-S) R_1(x_p) R_2(y_p). \quad (1)$$

В формуле $\Delta\psi_m$, $\Delta\psi$, и $\Delta\varepsilon_m$, $\Delta\varepsilon$ - компоненты астрономической нутации в долготе и наклоне соответственно в эпохи T_m и T ; ζ_{Am} , θ_{Am} , z_{Am} - экваториальные параметры прецессии на интервале времени $[T_m, T]$; ε_0 , и ε_{0m} - средние наклоны эклиптики к экватору в эпохи T и T_m ; S - истинное звездное время на меридиане Гринвича на момент времени T ; x_p , y_p - параметры полярного движения оси вращения в теле Земли в эпоху T . Параметр неравномерности вращения Земли $\Delta UT1(T)$ включен в угол S .

Если вместо ньютоновой механики для модели вращения Земли использовать общую теорию относительности [1, 4], то дальнейшие преобразования матрицы W , о которых пойдет речь в статье, принципиально не изменяются. Меняется только сама исходная матрица W в выражении

$$y = Wx, \quad (2)$$

которое осуществляет связь прямоугольных координат произвольного вектора $x = \{x_1, x_2, x_3\}$, заданного в ОЗСК, с его координатами $y = \{y_1, y_2, y_3\}$ в ИСК.

Современная аналитическая модель вращения Земли [1, 2, 4] содержит более тысячи полиномиальных и тригонометрических членов. Синусы и косинусы значительно «тормозят» процесс численного интегрирования уравнений движения искусственных спутников Земли в динамическом методе космической геодезии [6]. С целью увеличения скорости расчетов предлагается преобразовать традиционную формулу (1) к виду

$$W = R_3(-\underline{\theta}) Q. \quad (3)$$

В правой части (3) выделен главный член $R_3(-\underline{\theta})$, содержащий некоторый аналог гринвичского звездного угла $\underline{\theta}$ [1, 4]. Угол $\underline{\theta}$ вводится, как функция земного времени TT (в [2] используется всемирное время $UT1$), практически реализуемого атомными стандартами частоты, по формулам:

$$\underline{\theta} = \underline{\theta}_m + \omega(T - T_m), \quad \underline{\theta}_m = \underline{\theta}_o + \omega(T_m - T_o) \quad (4) \\ \underline{\theta}_o = 2\pi \cdot 0,7790572732640 \text{ радиан}, \quad \omega = 2\pi(1 + \mu) \text{ радиан/сутки}, \\ \mu = 0,002737811911354480,$$

где ω - номинальная угловая скорость вращения Земли, $T_o = 2451545.0$ - стандартная эпоха $J2000.0$.

Остальная часть в (3) - матрица Q - описывает небольшие вековое движение и колебания оси вращения Земли на интервале времени $[T_n, T_k]$ выражением

$$Q = R_3(\underline{\theta}) W. \quad (5)$$

С одной стороны, матрицу направляющих косинусов Q можно представить как матрицу

$$Q^T = [\mathbf{i}' \mathbf{j}' \mathbf{k}'], \quad (6)$$

строками которой являются орты $\mathbf{i}'$, $\mathbf{j}'$, $\mathbf{k}'$ осей ИСК в проекциях на орты ОЗСК

$$\mathbf{i}=\{1, 0, 0\}, \mathbf{j}=\{0, 1, 0\}, \mathbf{k}=\{0, 0, 1\}.$$

С другой стороны, эту же матрицу $\mathbf{Q}$ можно представить в виде произведения трех матриц элементарных поворотов либо на углы Эйлера, либо на углы Кардано. При малых колебаниях экватора (по наклону) возникает квазилинейная зависимость двух углов Эйлера (прецессии и чистого вращения), примыкающих друг к другу по линии узлов. Отдавая предпочтение углам Кардано, правую часть (6) представим как

$$\mathbf{Q}=\mathbf{R}_3(-\Delta\theta)\mathbf{R}_2(\beta)\mathbf{R}_1(\sigma), \quad (7)$$

где кардановые углы можно интерпретировать следующим образом: $\Delta\theta$ – аналог нутации по прямому восхождению, β – аналог нутации по склонению и σ – аналог нутации по наклону. Углы Кардано $\Delta\theta$, β , σ можно вычислить через исходные орты $\mathbf{i}'$, $\mathbf{j}'$, $\mathbf{k}'$, получаемые как столбцы матрицы $\mathbf{Q}$, по формулам (1), (5) и (6). Если ввести три вспомогательных орта $\mathbf{i}''$, $\mathbf{j}''$, $\mathbf{k}''$ равенствами:

$$\mathbf{j}''=\mathbf{k}'\times\mathbf{i}'/|\mathbf{k}'\times\mathbf{i}'|, \mathbf{k}''=\mathbf{i}'\times\mathbf{j}'', \mathbf{i}''=\mathbf{j}''\times\mathbf{k}', \quad (8)$$

то в области определения $[-\pi/2, \pi/2]$ углы Кардано найдутся по формулам:

$$\operatorname{tg}\Delta\theta=-\mathbf{i}\mathbf{j}''/\mathbf{i}\mathbf{i}'', \operatorname{tg}\beta=\mathbf{k}'\mathbf{i}/\mathbf{k}'\mathbf{k}'', \operatorname{tg}\sigma=\mathbf{k}\mathbf{j}''/\mathbf{k}\mathbf{k}''. \quad (9)$$

Следует обратить внимание на то, что эмпирические углы x_p , y_p и $(1+\mu)\Delta UT1$ даются не аналитическими выражениями, как это имеет место для всех остальных углов в равенстве (1), а публикуются в виде таблицы по аргументу T . Поэтому табличное задание трех функций $x_p(T)$, $y_p(T)$, $\Delta UT1(T)$ необходимо преобразовать в аналитический вид, используя, например, аппроксимацию кубическими сплайнами [7].

Теперь малые углы Кардано $\Delta\theta(t)$, $\beta(t)$, $\sigma(t)$ можно рассматривать как аналитические функции времени t , даваемые формулами (1), (5), (6), (8), (9) и аппроксимировать их на интервале $[T_n, T_k]$ полиномами Чебышева, используя чебышевский альтернанс и равномерную сходимостр ряда [8].

Пусть $f(x)$ любой из углов Кардано $\Delta\theta(t)$, $\beta(t)$, $\sigma(t)$, $t=T-T_m$. Тогда разложение функции $f(x)$ по полиномам Чебышева до степени $N-1$ можно записать так

$$f(x)=\sum_{k=0}^{N-1}c_kT_k(x), \quad (10)$$

где $x=(t-t_0)/\Delta t$, $t_0=(t_k+t_n)/2$, $\Delta t=(t_k-t_n)/2$, $t=T-T_m$, $-1\leq x\leq 1$,

$$T_0(x)=1, T_1(x)=x, T_{k+1}(x)=2xT_k(x)-T_{k-1}(x), k=1,\dots,N-1.$$

Коэффициенты c_k разложения (10) находятся по формулам:

$$c_k=[(2-\delta_{0k})/N]\sum_{j=1}^{j=N}f(x_j)T_k(x_j), k=0, 1, 2,\dots, N-1, \delta_{0k}=1, \text{ если } k=0 \text{ иначе } 0, \quad (11)$$

где функции $f(x_j)$ вычисляются с помощью равенств (1), (5), (6), (8), (9) в корнях x_j полинома Чебышева T_N степени N . Заметим, что $c_N=0$, поэтому в ряде (10) предел суммирования равен $N-1$. Для всех трех функций $\Delta\theta(t)$, $\beta(t)$, $\sigma(t)$ узлы x_j вычисляются один раз (с минимальным обращением к функциям $\cos$ и $\sin$) по рекуррентным формулам:

$$j=ax_{j-1}-by_{j-1}, y_j=bx_{j-1}+ay_{j-1}, j=2,\dots,N, \quad (12)$$

$$\text{где } x_1=\cos\Delta\alpha, y_1=\sin\Delta\alpha, \Delta\alpha=(\pi/2)/N, a=x_1^2-y_1^2, b=2x_1y_1.$$

Для вычисления скорости изменения функции $f'(x)=df/dx$ эффективно использовать, как рекомендуется в [2], формулу

$$f'(x) = (2/\Delta t) \sum_{k=1}^{N-1} k c_k U_{k-1}(x), \quad (13)$$

и рекуррентное соотношение для полиномов Чебышева II рода

$$U_0(x)=1, U_1(x)=2x, U_{k+1}(x)=2xU_k(x) - U_{k-1}(x), k=1, \dots, N-1. \quad (14)$$

Коэффициенты c_k чебышевского разложения (10) обладают замечательным свойством – по мере увеличения степени k они монотонно убывают. Назначаемую априори степень полинома N следует рассматривать как максимальную, т.е.: заведомо завышенную, чем это необходимо. Это позволяет подобрать необходимую степень n разложения (10) в соответствии заданной погрешностью аппроксимации ε . Усечение ряда (10) до степени $n \leq N-1$ для заданной погрешности ε производится по условию

$$\sup \sum_{k=n}^{N-1} \text{abs}(c_k) \leq \varepsilon. \quad (15)$$

Поскольку кардановые углы $\Delta\theta(t)$, $\beta(t)$, $\sigma(t)$ малы на интервале $[T_n, T_k]$, то из матрицы Q можно выделить единичную матрицу E и матрицу ΔQ (описывающую совокупно колебания оси и неравномерность вращения Земли) следующим образом:

$$Q = E + \Delta Q, \quad (16)$$

$$\Delta Q = \begin{bmatrix} -(\Delta\theta^2 + \beta^2)/2 & -\Delta\theta + \beta\sigma & -\beta - \sigma\Delta\theta \\ \Delta\theta & -(\Delta\theta^2 + \sigma^2)/2 & \sigma - \beta\Delta\theta \\ \beta & -\sigma & -(\beta^2 + \sigma^2)/2 \end{bmatrix}. \quad (17)$$

Тогда формулы прямого и обратного преобразования произвольного вектора из общеземной системы координат x в инерциальную y принимают вид:

$$y = R_3(-\underline{\theta})(E + \Delta Q)x, \quad x = (E - \Delta Q)R_3(\underline{\theta})y. \quad (19)$$

С помощью выражений (19) упрощается прямое и обратное преобразование координат вектора скорости из ОЗСК в ИСК или наоборот. Дифференцируя по времени t выражения (19), получаем

$$y' = R_3(-\underline{\theta})(E + \Delta Q)x' - \underline{\theta}' R_3'(-\underline{\theta})(E + \Delta Q)x + R_3(-\underline{\theta})\Delta Q'x, \quad (20)$$

$$x' = (E - \Delta Q)R_3(\underline{\theta})y' + \underline{\theta}' (E - \Delta Q)R_3'(\underline{\theta})y - \Delta Q' R_3(\underline{\theta})y, \quad (21)$$

где $x' = dx/dt$, $y' = dy/dt$, $\underline{\theta}' = d\underline{\theta}/dt$, $\Delta Q' = d\Delta Q/dt$, $R_3'(\underline{\theta}) = dR_3(\underline{\theta})/dt$.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Брумберг В.А. Релятивистские системы координат и шкалы времени [Текст] / В.А. Брумберг // Труды Института прикладной астрономии РАН. – Санкт-Петербург. - 2004. – вып. 10. – С. 44-61.
2. Лукашова М.В., Свешников М.Л. Небесное эфемеридное начало (СЕО) [Текст] / М.В. Лукашова, М.Л. Свешников // Там же. - С. 186-206.
3. Глебова Н.И. Интерполирование табличных данных [Текст] / Р.И. Глебова // Там же. – С. 39-43.
4. IERS Conventions 2000 (ed. McCarthy D. D.) [Текст] / IERS Technical Note № 32. – Obs. de Paris. - 2003. – 135 с.
5. Каула У. Спутниковая геодезия. Теоретические основы [Текст] / Каула У. Изд-во «Мир». – М. – 1976. – 172 с.

6. Сурнин Ю.В. и др. Программный комплекс «Орбита – СГГА-2» для решения задач космической геодезии динамическим методом [Текст] / Ю.В. Сурнин, В.А. Ащеулов, С.В. Кужелев, Е. В. Михайлович, Н. К. Шендрик. // Геодезия и картография. – 2008. - № 2. – С. 14-19.

7. Марчук Г.И. Методы вычислительной математики [Текст] / Г.И. Марчук. Изд-во «Наука». – Сибирское отд. - Новосибирск. – 1973. - 352с.

8. Демидович Б.П. и др. Численные методы анализа [Текст] / Б.П. Демидович, И.А. Марон, Э.Э. Шувалова // Изд-во «Физ. – мат. лит.» – М. – 1963. – 400 с.

© Ю.В. Сурнин, 2010

УДК 528:629.783

Е.В. Михайлович

СГГА, Новосибирск

ИССЛЕДОВАНИЕ ГРАВИТАЦИОННОГО ВЛИЯНИЯ ЛУНЫ И СОЛНЦА НА ДВИЖЕНИЕ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Предлагаются результаты сравнения различных эфемерид Луны и Солнца, с точки зрения их влияния на точность расчета орбиты КА, а так же исследование влияния лунно-солнечных приливов на положение КА для трех классов орбит.

Ye.V. Mikhailovitch

SSGA, Novosibirsk

RESEARCH OF THE MOON- AND- SUN GRAVITATIONAL EFFECT ON SPACECRAFTS MOTION

The comparison results of different Moon and Sun ephemeris are given in terms of their effect on the spacecraft orbit computation accuracy. The research of lunisolar tides on the spacecraft position (three orbit classes) is also presented.

Известно, что точность определения геодезических параметров динамическим методом космической геодезии напрямую зависит от точности расчета орбиты космического аппарата (КА). Точность определения орбиты, в свою очередь, зависит от адекватности моделей возмущающих сил, оказывающих влияние на спутник.

На космический аппарат действует большое количество сил различной природы. В данной работе исследуются гравитационные возмущения орбит КА от Луны и Солнца.

Запишем уравнения возмущенного движения КА в векторной форме

$$\ddot{\mathbf{r}} = \frac{\mu \cdot \mathbf{r}}{|\mathbf{r}|^3} + \ddot{\mathbf{r}}_i \quad (1)$$

Здесь $\ddot{\mathbf{r}}$ - вектор ускорения КА, $\mathbf{r}$ - радиус-вектор КА, $\ddot{\mathbf{r}}_i$ - вектор возмущающего ускорения КА от i - го фактора, μ - гравитационный параметр Земли.

Если рассмотреть ограниченную задачу трех тел отдельно для системы «Земля – спутник – Луна» и для системы «Земля – спутник – Солнце», пренебрегая гравитационным влиянием КА на космические тела ввиду его малости, то возмущающее ускорение, обусловленное влиянием на КА Луны и Солнца, описывается формулой:

$$\ddot{\mathbf{r}}_i = \mu_i \left(\frac{\mathbf{R}_i - \mathbf{r}}{|\mathbf{R}_i - \mathbf{r}|^3} - \frac{\mathbf{R}_i}{|\mathbf{R}_i|^3} \right), \quad (2)$$

где $\ddot{\mathbf{r}}_i$ - вектор возмущающего ускорения от i - го фактора, μ_i - гравитационный параметр возмущающего тела ($i = 1$ для Луны ; $i= 2$ для Солнца), $\mathbf{R}_i$ - геоцентрический радиус-вектор небесного тела (Луны или Солнца), $\mathbf{r}$ – геоцентрический радиус-вектор КА.

В табл. 1 приведены результаты исследования влияния лунно-солнечного притяжения на положение спутника для трех различных классов орбит. Расчеты проводились с помощью программного комплекса ОРБИТА- СГГА2, реализующего динамический метод космической геодезии [1,2]. Результаты получены методом численного интегрирования дифференциальных уравнений движения КА на интервале порядка 110 - 130 часов. Значения Δr , приведенные в табл. 1, есть модули разностей двух геоцентрических векторов КА, рассчитанных на один и тот же момент времени, один из которых получен при учете возмущающего фактора, а другой – без его учета, т. е.: $\Delta r = |\mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1|$, где $\mathbf{r}_2$ - геоцентрический вектор КА, вычисленный без учета возмущения, $\mathbf{r}_1$ - тот же вектор, вычисленный с учетом возмущений. Величины a , e , i – есть приблизительные значения большой полуоси, эксцентриситета и наклона орбиты, соответственно.

Таблица 1

КА системы GPS $a=26560$ км; $e=0.013$; $i=55^\circ$					
Интервал интегрирования Δt (час)	12	36	60	84	120
Количество оборотов за Δt	1	3	5	7	10
Влияние Луны (м)	884.7	$3.3 \cdot 10^3$	$6.6 \cdot 10^3$	$1.1 \cdot 10^4$	$1.8 \cdot 10^4$
Влияние Солнца (м)	161.2	407.7	821.1	$1.2 \cdot 10^3$	$1.7 \cdot 10^3$
Совместное влияние Луны и Солнца (м)	927.3	$3.4 \cdot 10^3$	$6.8 \cdot 10^3$	$1.1 \cdot 10^4$	$1.8 \cdot 10^4$
КА системы ГЛОНАСС $a=25510$ км; $e=0.0002$; $i=64^\circ.7$					
Интервал интегрирования Δt (час)	11.3	33.9	56.5	79.1	113
Количество оборотов за Δt	1	3	5	7	10
Влияние Луны (метр)	630.1	$1.6 \cdot 10^3$	$2.4 \cdot 10^3$	$2.8 \cdot 10^3$	$3.5 \cdot 10^3$
Влияние Солнца (м)	102.1	323.2	543.5	945.1	$1.1 \cdot 10^3$
Совместное влияние Луны и Солнца (м)	633.9	$1.7 \cdot 10^3$	$2.5 \cdot 10^3$	$2.9 \cdot 10^3$	$3.5 \cdot 10^3$
КА LAGEOS $a=12200$ км; $e=0.005$; $i=109^\circ.8$					
Интервал интегрирования Δt (час)	3.8	11.4	57	95	133
Количество оборотов за Δt	1	3	15	25	35
Влияние Луны (м)	12.9	52.4	132.1	198.4	453.4

Влияние Солнца (м)	9.6	34.3	61.7	128.1	399.7
Совместное влияние Луны и Солнца (м)	12.9	52.29	123.7	111.5	844.1

Очевидно, что, чем дальше от Земли располагается орбита спутника, тем сильнее гравитационное влияние Луны и Солнца на него. Как видно из формулы (2), точность расчета возмущающих ускорений зависит от точности вычисления координат векторов R_i (координат Луны и Солнца), которые в свою очередь могут быть получены с использованием различных эфемерид. В программном комплексе ОРБИТА-СГГА2 существует возможность вычисления координат Луны и Солнца двумя способами:

- 1) С использованием численной лунно-солнечной эфемериды DE200/LE200
- 2) Используя тригонометрические разложения Брауна - Эккерта для Луны и Ньюкома для Солнца [3].

Численная эфемерида DE200/LE200 была построена в 1982 г. в лаборатории реактивного движения США. В ней объединены динамические теории движения всех больших планет, Луны, Солнца и пяти крупнейших астероидов, с учетом влияния всех этих тел друг на друга, а так же с учетом релятивистских эффектов, влияния фигур Луны и Земли и приливных эффектов с передачей импульса от Земли к Луне. Позднее была получена модель DE405/LE405, которая является результатом улучшения предыдущих эфемерид по методу наименьших квадратов с помощью различных данных наблюдений (измерений) с последующим численным интегрированием дифференциальных уравнений движения. В свою очередь, в России в Институте прикладной астрономии РАН была создана и поддерживается серия эфемерид планет и Луны EPM (Ephemerides of Planets and the Moon). Эти эфемериды получены численным интегрированием в барицентрической системе координат на интервале 1880-2020 гг. Улучшение последней версии эфемерид EPM2006 выполнено по данным почти полумиллиона различных наблюдений, проведенных в 1913-2005 гг. В настоящее время эфемериды EPM и DE/LE являются наиболее завершёнными динамическими моделями планетного движения. Очевидно, что использование современных численных эфемерид позволяет получать координаты Луны и Солнца с максимально возможной точностью.

Эфемерида Ньюкома – Брауна - Эккерта является устаревшей. Однако, поскольку она основана на аналитических формулах, то позволяет создавать эффективные и быстродействующие алгоритмы, не требуя наличия дополнительных «внешних» файлов.

Вследствие всего сказанного возникает вопрос: насколько сильно будут различаться координаты КА, вычисленные с использованием эфемерид DE200/LE200 и Ньюкома – Брауна - Эккерта? В табл. 2 приведены результаты численного эксперимента по сравнению координат КА, полученных численным интегрированием уравнений движения, с учетом влияния Луны и

Солнца. При этом координаты Луны и Солнца рассчитывались по двум разным эфемеридам. Расчеты проводились для трех видов орбит. Значения Δr , приведенные в табл.2, имеют тот же смысл, что и ранее, т.е. это модули разностей геоцентрических векторов КА, полученные с использованием двух различных эфемерид Луны и Солнца.

Таблица 2

КА системы GPS $a=26560$ км; $e=0.013$; $i=55^\circ$					
Интервал интегрирования Δt (час)	12	36	60	84	120
Количество оборотов за Δt	1	3	5	7	10
Δr (м)	0.063	0.235	0.419	0.556	0.587
КА системы ГЛОНАСС $a=25510$ км; $e=0.0002$; $i=64^\circ.7$					
Интервал интегрирования Δt (час)	11.3	33.9	56.5	79.1	113
Количество оборотов за Δt	1	3	5	7	10
Δr (метр)	0.124	0.306	0.429	0.540	0.691
КА LAGEOS $a=12200$ км; $e=0.005$; $i=109^\circ.8$					
Интервал интегрирования Δt (час)	3.8	11.4	57	95	133
Количество оборотов за Δt	1	3	15	25	35
Δr (м)	$6.4 \cdot 10^{-3}$	0.024	0.055	0.083	0.14

Результаты эксперимента показывают, что различия в положении КА, обусловленные использованием различных эфемерид Луны и Солнца невелико. Поэтому эфемериды Ньюкома – Брауна вполне можно использовать при обработке измерений относительно невысокой точности (например, кодовых псевдодальностей). Для обработки измерений высокой точности следует использовать современные численные эфемериды Луны и Солнца. Отметим, что исследование влияния Луны и Солнца, результаты которого приведены в табл. 1, проводилось с использованием эфемериды DE200/LE200.

Гравитационное поле Луны и Солнца не только оказывает непосредственное влияние на положение КА, но и является причиной возникновения лунно-солнечных приливов в твердой коре Земли и океанах, изменяя таким образом гравитационное поле Земли. На практике действие лунно-солнечных приливов на спутник учитывается посредством введения поправок в коэффициенты разложения геопотенциала по шаровым функциям [4, 5]. Обычно, для учета прилива в твердой коре Земли поправки вводятся в коэффициенты $\bar{C}_{2j}$, где $j = 0, 1, 2$ и $\bar{S}_{2j}$, где $J = 1, 2$. Для учета океанических

приливов исправляются следующие коэффициенты: $\overline{C}_{ij}$, где $i = 2, \dots, 6$; $j = 0, 1, 2$; $\overline{S}_{ij}$, где $i = 2, \dots, 6$; $j = 1, 2$.

С помощью программного комплекса ОРБИТА-СГГА2 было проведено исследование влияния приливов на положение КА для трех различных орбит. В табл.3 приведены результаты данного исследования. Значения Δr , приведенные в табл.3, имеют тот же смысл, что и ранее.

Таблица 3

КА системы GPS $a=26560$ км; $e=0.013$; $i=55^\circ$					
Интервал интегрирования Δt (час)	12	36	60	84	120
Количество оборотов за Δt	1	3	5	7	10
Влияние прилива в твердой коре Δr_1 (м)	0.288	0.297	0.543	0.214	0.578
Влияние океанического прилива Δr_2 (м)	0.048	0.224	0.378	0.486	0.446
Совместное влияние Δr_3 (м)	0.233	0.354	0.335	0.366	0.958
КА системы ГЛОНАСС $a=25510$ км; $e=0.0002$; $i=64^\circ.7$					
Интервал интегрирования Δt (час)	11.3	33.9	56.5	79.1	113
Количество оборотов за Δt	1	3	5	7	10
Влияние прилива в твердой коре Δr_1 (метр)	0.139	0.315	0.413	0.672	1.519
Влияние океанического прилива Δr_2 (метр)	0.115	0.254	0.344	0.431	0.824
Совместное влияние Δr_3 (метр)	0.201	0.363	0.245	0.373	1.069
КА LAGEOS $a=12200$ км; $e=0.005$; $i=109^\circ.8$					
Интервал интегрирования Δt (час)	3.8	11.4	57	95	133
Количество оборотов за Δt	1	3	15	25	35
Влияние прилива в твердой коре Δr_1 (метр)	0.428	1.693	3.962	5.692	7.931
Влияние океанического прилива Δr_2 (метр)	0.037	0.102	0.153	0.260	0.414
Совместное влияние Δr_3 (метр)	0.407	1.660	3.999	6.524	8.136

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что хотя воздействие приливов на движение КА ослабевает с высотой, все же приливные факторы оказывают достаточно существенное влияние даже на «высокие» орбиты (КА GPS, ГЛОНАСС). Поэтому их обязательно нужно учитывать при обработке высокоточных траекторных измерений спутников ГЛОНАСС и GPS.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сурнин Ю.В Программный комплекс «ОРБИТА-СГГА» для решения задач космической геодезии динамическим методом [Текст] / Ю.В. Сурнин, В.А. Ащеулов, Е.В. Михайлович, Н.К. Шендрик // Геодезия и картография № 2, февраль, 2008. – Москва: 2008.

2. Сурнин Ю.В Программный комплекс «ОРБИТА-СГГА» для определения орбитальных, геодезических и геодинамических параметров по

результатам наблюдений ИСЗ [Текст] / Ю.В. Сурнин, В.А. Ащеулов, Е.В. Михайлович, Н.К. Шендрик // Вестник СГГА, вып. 11. – Новосибирск: СГГА, 2006. – С. 13-18.

3. Вулард Э. Теория вращения Земли вокруг центра масс [Текст] /Э. Вулард // М.: Гос. изд. физ.-мат. лит. – 1969. – С. 143.

4. IERS Technical Note 21. IERS Conventions (1996) [Text] / D.D. McCarthy (ed.) – Paris: Central Bureau of IERS. – Observatoire de Paris, July 1996. – 95 p. – Англ.

5. IERS Technical Note No. 32. IERS Conventions (2003) [Electronic resource] / D.D. McCarthy and G. Petit (eds.) – Англ. – Режим доступа: <ftp://maia.usno.navy.mil/conv2000/>

©Е.В. Михайлович, 2010

УДК 528:658+[629.783

А.П. Голубева, З.Е. Алексеева

СГГА, Новосибирск

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ НОРМИРОВАНИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПУТНИКОВЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Приводится обоснование необходимости установления норм времени и выработки на работы по созданию и реконструкции государственных геодезических сетей. Ошибки в действующих положениях по геодезическим работам, относительно спутниковых измерений, приводят к невозможности применения их на производстве.

A.P. Golubeva, Z.Ye. Alexeyeva

SSGA, Novosibirsk

PRESENT STATE OF GEODETIC GPS WORKS STANDARDIZATION

The necessity of setting time- and production rates for geodetic works is proved. These include establishment and reconstruction of state geodetic networks. The mistakes in the current standards of geodetic works as concerns satellite measurements result in their inadequacy.

Обоснование финансовых затрат для выполнения геодезических работ связано с определением их сметной стоимости, в которой большую часть занимает оплата труда. Для определения затрат труда необходимо устанавливать обоснованные нормы с использованием нормативных материалов высокого качества, при разработке которых должны удовлетворять определенным требованиям:

- Должны быть прогрессивными;
- Соответствовать требуемому уровню точности;
- Должны быть комплексными и обоснованными;
- Учитывать влияние различных факторов на продолжительность отдельных элементов процесса и операции в целом ;
- Наиболее полно охватывать самые распространенные варианты организационно-технических условий выполнения работы.

Для обеспечения прогрессивного характера норм необходимо осуществлять их систематический пересмотр 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 производства

работ, сложностью в организации производственного процесса и широкой номенклатурой геодезических работ.

В настоящее время нормативы по труду на все виды геодезических работ разрабатывает и устанавливает Научно-исследовательский институт геодезии, аэросъемки и картографии (ЦНИИГАиК) в сборниках СУСН, ЕНВ.

В действующем справочнике сметных укрупненных норм (СУСН), введенном в действие приказом Федеральной службы геодезии и картографии России в 2002 г. установлены нормы затрат труда на полевые и камеральные работы.

На этапы технологии работ с применением спутниковых навигационных систем в справочнике установлены нормы затрат труда специалистов лишь на некоторые виды работ с применением спутниковых приемников. 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.

При разработке норм на топографо-геодезические работы ЦНИИГАиК совместно с Роскартографией выпустили сборнике Единые нормы выработки (времени) на геодезические и топографические работы (ЕНВ). В сборнике ЕНВ указано содержание каждого вида работ, которое разбито по разделам. 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 работы, которые указаны в ЕНВ, можно определить нормы времени по сборнику «Единые нормы времени и расценки на изыскательские работы» (ЕНВР).

Для разработки сметных укрупненных расценок, для планово-экономических расчетов при определении материальных ресурсов и денежных средств на топографо-геодезические работы, для расчетов по определению экономической эффективности, для расчета с исполнителями при производстве работ данные нормы использовать невозможно.

Частично технологии на рассматриваемые виды работ установлены ЦНИИГАиК в различных руководствах. Например, особенности построения ГГС рассматривает "Руководство по созданию и реконструкции городских геодезических сетей с использованием спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS", "Руководство по геодезическим работам при устройстве подземных коммуникаций", "Руководство по планировке и застройке городов, поселков и сельских населенных пунктов"

Нормы, установленные в сборниках СУСН и ЕНВ, нельзя применять на работах с использованием спутниковых средств, поскольку:

Во-первых, сборник ЕНВ устанавливает три категории трудности на работы по созданию и развитию государственных геодезических сетей и съемочного обоснования. Категории трудности установлены в зависимости от залесенности территории, наличия сети дорог и наличия многоэтажных построек, но не учитывает влияния современных средств связи. Например, в городах существует проблема связи со спутником вследствие помех, создаваемых гражданским оборудованием. Из-за этого увеличивается погрешность точности измерений, увеличивается время на улавливание сигнала, и в целом время на определение координат. Кроме того, необходимо учитывать не только видимость спутников, обеспеченность автодорогами и отсутствие радиопомех, но и обеспеченность исходными пунктами в районе работ.

Во-вторых, не учтена современная технология выполнения работ. До начала проведения работ в целях обеспечения преемственности геодезической информации должен быть выполнен анализ существующих на территории города геодезических построений и установлена их точность. Реальная точность взаимного положения пунктов существующей городской сети и государственной геодезической сети вокруг города определяется сравнением длин контрольных линий, полученных из спутниковых измерений и вычисленных по значениям координат пунктов.

Технология выполнения работ с использованием спутниковых систем имеет свои специфические особенности. В частности для построения геодезической сети должны быть определены один или несколько исходных пунктов (ИП), устанавливающих связь с общеземной геоцентрической системой координат, относительно не менее трех близлежащих пунктов ФАГС (фундаментальная астрономогеодезическая сеть), ВГС (высокоточная геодезическая сеть), либо международных постоянно действующих пунктов.

ИП должны иметь возможность переоборудования их в постоянно действующие пункты ФАГС или ВГС. Для вычислений используется информация об измерениях на международных постоянно действующих пунктах или на пунктах ФАГС, соответствующая времени наблюдений на ИП.

При построении геодезической сети используется несколько принципов, которые отличают построение спутниковой сети от другой. В спутниковой геодезической сети необходимо выделить каркас в объеме не менее 3 пунктов для создания высокоточного геодезического обоснования городской сети и для связи с государственной сетью. На указанных пунктах должны быть выполнены спутниковые измерения, обеспечивающие их взаимное положение с повышенной точностью. При построении спутниковой городской геодезической сети необходимо использовать максимальное количество одновременно работающих спутниковых приемников, что позволяет за счет избыточных измерений повысить точность и надежность результатов наблюдений.

Таким образом, при разработке нормативов необходимо исходить из определения исполнителями не пунктов, а базовых и контрольных линий. При установлении норм в СУСН использовался принцип нахождения координат пунктов методом триангуляции, т.е. нормы времени установлены на один пункт,

нормы выработки – в зависимости от количества пунктов. В реальной ситуации производства работ используется лучевой метод выполнения спутниковых наблюдений, который заключается в определении независимых базовых линий (векторов) дважды с контролем сходимости получаемых результатов. Для повышения точности и надежности результатов наблюдений при построении спутниковых геодезических сетей необходимы не только избыточные измерения, но и максимальное количество одновременно работающих спутниковых приемников. При этом должна быть установлена организация синхронных наблюдений с согласованием времени проведения спутниковых измерений на всех других пунктах, участвующих в планируемом сеансе наблюдений.

В-третьих, нормативы необходимо пересматривать в связи с появлением в геодезическом производстве новых современных спутниковых приемников для определения координат по спутниковым наблюдениям.

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.)

При установлении норм труда необходимо собрать полную информацию о составе работ, определить нормы производительности оборудования, рассмотреть характеристики нормируемых технологий, а так же учитывать требования точности геодезической аппаратуры.

В сборнике СУСН 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).

В настоящее время для определения геодезических координат пунктов используются двухчастотные, фазовые и кодовые приемники последнего поколения, основанные на новых технологиях.

С помощью таких приемников можно выполнять следующие виды геодезических работ:

- Топографическая и съёмка с нанесением сооружений на планы;
- Съёмка, составление профилей линейных сооружений;
- Землеустроительные работы;
- Наблюдение за деформациями, кренами зданий и сооружений;
- Исполнительная геодезическая съёмка;
- Восстановление и обновление геоподосновы;
- Построение опорно-межевых сетей;
- Проведение кадастровых съёмок;
- Обмерные работы;
- Разбивочные работы на стройплощадке,
- Съёмки специального назначения: гидрографические и др.,
- Вынос в натуру границ участков и сооружений.

Помимо технологии проведения геодезических работ, основанных на спутниковых методах получения координат в статическом и кинематическом режимах, используется режим реального времени и режим реокупации.

В 2009 году Федеральной службой геодезии и картографии предусмотрено продолжение работ по реконструкции геодезической сети, уточнению системы координат города, развитие сети базовых GPS/ГЛОНАСС станций, включение их в режим RTK (кинематика в реальном времени) и VRS (виртуальные базовые станции), для обеспечения максимальной функциональности внедряемых решений.

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 референчных или базовых станций).

Современная геодезия использует новые методы определения положения пунктов и составления карт. Базируясь на фундаментальных принципах и законах классической геодезии и топографии, эти методы, однако, имеют существенные отличия в процессах наблюдения и обработки результатов. Большинство производственных и научно-исследовательских геодезических организаций переходят от традиционных наземных к спутниковым системам, не требующим большого числа исполнителей и значительных затрат времени, а также позволяющим представить результат определений на местности сразу в виде электронной цифровой карты. С наступлением эры компьютерных инноваций и космических технологий методы спутникового позиционирования стали внедряться во многие сферы деятельности человека.

Новые методы геодезических работ с использованием спутниковых систем и технологий имеют свои отличительные особенности, следовательно разработка нормативов на данные виды работ становится необходимостью. Наиболее перспективным считается совместное использование систем ГЛОНАСС и GPS при проведении геодезических работ. В этой области так же требуется разработка новых обоснованных нормативов по труду.

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 инновационные технологии проведения геодезических работ.

© А.П. Голубева, З.Е. Алексеева, 2010

УДК 629.783:551.24

К.М. Антонович, А.А. Струков

СГГА, Новосибирск

СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ЛИНЕЙНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ, ВЫПОЛНЕННЫХ СПУТНИКОВЫМИ И ТРАДИЦИОННЫМИ МЕТОДАМИ ГЕОДЕЗИИ

Приводятся результаты сравнения расстояний между пунктами эталонного полигона, измеренных традиционными и спутниковыми методами геодезии. Делается вывод о том, что расхождения укладываются в значения для доверительного интервала.

K.M. Antonovich, A.A. Strukov

Siberian State Academy of Geodesy (SSGA)

10 Plakhotnogo Ul., Novosibirsk, 630108, Russian Federation

COMPARISON OF DISTANCE MEASUREMENT RESULTS MADE BY SATELLITE AND TRADITIONAL METHODS OF GEODESY

The results of comparison of distances between the points of the field measurement standard measured by the conventional and satellite method of geodesy are presented. The conclusion about discrepancies that are kept within the value of confidence interval is drawn.

Полигон геодезический эталонный Сибирской государственной геодезической академии (ПГЭ-СГГА) используется для метрологических проверок спутниковой аппаратуры с 1997 г. За это время сеть ПГЭ значительно изменилась, некоторые пункты уже исчезли (SGGA, 679), другие были заменены более удобными пунктами (теc6 на TEC0, Nale на SHEP, Poly – на СНІК). Первоначальный вариант сети в виде треугольника превратился в сеть, которая включает уже 19 пунктов (рис. 1). Среди них 13 пунктов с принудительным центрированием. В сеть ПГЭ входят два базиса: Издревинский (2 разряда, длина 1104 м) и Коченевский (длина 8433 м). От Издревинского базиса в сеть включено 4 пункта (из имеющихся 18 пунктов), пригодных для наблюдений в режиме кинематики стой-иди. Сторона Кремлевка–Алексеевка (Krem-Alex) является базисной стороной в звене Государственной сети триангуляции первого класса. Пункт Издревая входит в Государственную геодезическую сеть СГС-1. Вся сеть имеет координаты в системах ITRF (СКП привязки не более 2 см), ПЗ-90.02 (СКП привязки с учетом погрешностей параметров связи систем отсчета около 3 см), СК-42 (привязка к пунктам 1-3-го классов) [2].

За годы существования ПГЭ было проведено несколько наблюдательных компаний, охватывающих разный объем измерений. Наибольшее внимание уделялось пунктам с принудительным центрированием, именно эти пункты используются для метрологической аттестации спутниковой аппаратуры. Остальные пункты используются преимущественно для привязки к Государственной геодезической сети. Сеть полигона наблюдалась исключительно спутниковыми приемниками. Вначале использовались приемники 4000 SST компании Trimble Navigation и Leica System 200 и 300, затем им на смену пришли 4000 SSE и Legacy, а в последние годы – Trimble 5700 и GB 1000 и GB500 (компании Topcon).

В 2009 г. было проведено совместное уравнивание всех выполненных к этому времени измерений. Использовалась программное обеспечение Trimble Geomatics Office, версии 1.61. В минимально ограниченное уравнивание (с фиксированием координат пункта NSKW) было включено 205 базовых линий при числе степеней свободы равном 546. Тест χ^2 был выполнен при априорных погрешностях для центрирования 3 мм и для высоты антенны 5 мм. По результатам уравнивания средние квадратические погрешности (СКП) M_D с вероятностью 0.95 в длинах уравненных базовых линий имеют значения от 2 до 6 мм. Высокая точность сети полигона объясняется большой избыточностью в сети: наличием многократных измерений одних и тех же линий при разных условиях наблюдений и избыточными геодезическими связями.

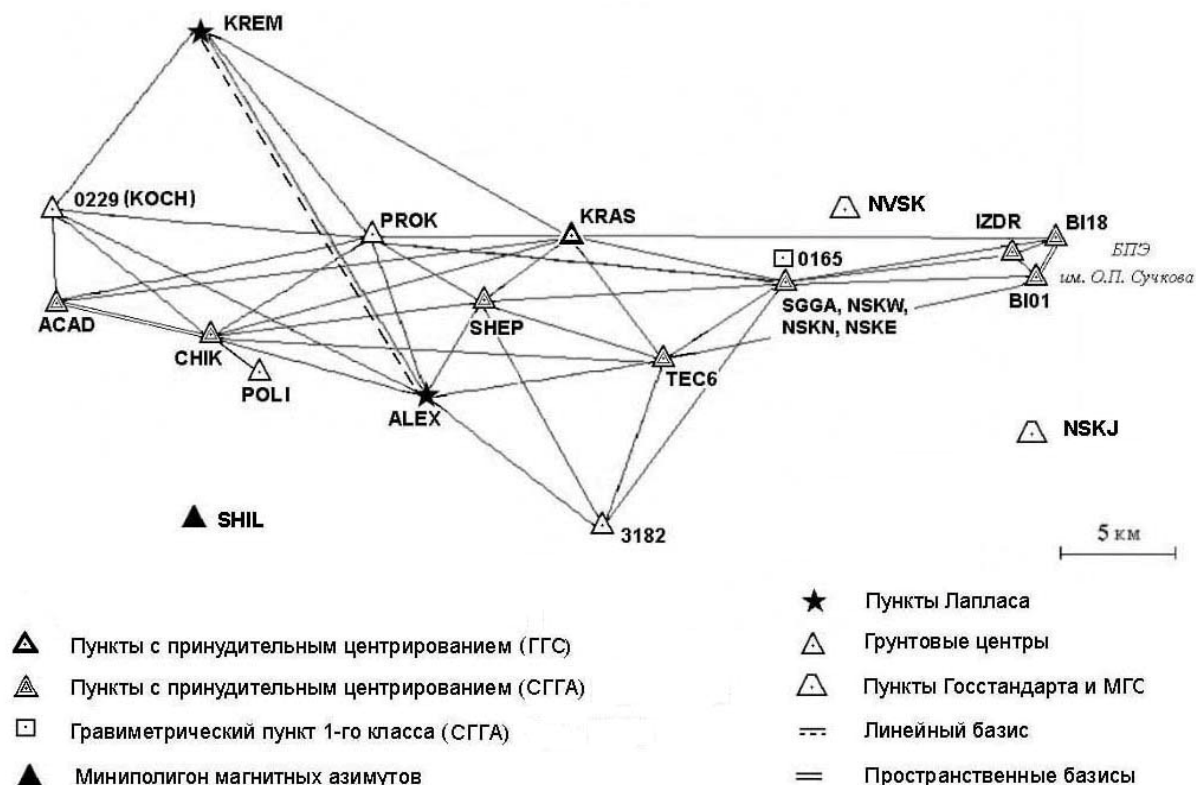


Рис. 1. Геодезическая сеть Эталонного пространственного полигона СГГА 2008 г.

Однако подтвержденная высокая точность расстояний в сети в некоторой степени характеризует точность по «внутренней сходимости», так как получена только по спутниковым измерениям. Поэтому с самого начала работ на ПГЭ предпринимались попытки сравнить результаты спутниковых измерений с традиционными.

В сети ПГЭ имеется три стороны, которые были получены из светодальномерных измерений или базисными приборами (инварными проволоками).

Сторона Полигон-Академия (Poly-Akad) была запроектирована для выполнения прямых измерений с помощью электронных дальномеров. Между концами линии обеспечивается прямая видимость с земли. Сама линия большей частью проходит достаточно высоко над подстилающей поверхностью. Разность геодезических (и нормальных) высот концов линии близка к 2 м, что позволяет максимально полно исключать влияние тропосферных задержек при спутниковых измерениях [1].

Измерения эталонной линии Poly-Akad (Полигон-Академия) были выполнены сотрудниками кафедры радиоэлектроники СГГА профессорами Кошелевым А.В. и Синякиным А.К. в сентябре и октябре 1997 г. Для измерений использовались светодальномеры 2СТ-10, позволяющий измерять расстояния с погрешностью $m_D = 5 \text{ мм} + 2 \text{ мм/км}$ и с дальностью действия до 10 км, и лазерный дальномер Гранат, имеющий погрешность $m_D = 5 \text{ мм} + 3 \text{ мм/км}$ для расстояний до 15 км. Центрирование на пункте Полигон выполнялось с помощью оптического центрира. Пункт Академия имеет принудительное центрирование. Результаты измерений приводятся в табл. 1. Здесь и далее в результаты введены небольшие одинаковые смещения с целью сохранения коммерческой тайны. В таблицах приводятся следующие СКП:

– M_1 – априорная ошибка, рассчитываемая по формуле вида

$$M_1 = a + b \cdot D, \quad (1)$$

где a и b – паспортные характеристики точности аппаратуры, D – расстояние между пунктами;

– M_2 – погрешность, полученная по результатам обработки, например, из решения базовой линии (вероятность 0.95);

– M_3 – погрешность из минимально ограниченного уравнивания сети.

Таблица 1. Сводка результатов измерений на Коченевском базисе

№ п.п.	Дата	Аппаратура			Результат (м)	Погрешности (мм)		
		Модель	a	b		M_1	M_2	M_3
1	01.10.97	Гранат	5	$3 \cdot 10^{-6}$	8432.884	22		
2	17.10.97	2СТ-10	5	$2 \cdot 10^{-6}$	8432.887	30		
3	24.09.97	2СТ-10	5	$2 \cdot 10^{-6}$	8432.881	30		
4	24.09.97	2СТ-10	5	$2 \cdot 10^{-6}$	8432.884	30		
		Среднее			8432.884		5.0	
	31.10.1997	4000 SST	10	10^{-6}	8432.889	18	15	
	22.05.1998	Leica 200	5	10^{-6}	8432.890	13	15	
	11.11.1998	Leica 300	5	10^{-6}	8432.896	13	15	
	17.06.2004	5700	5	$0.5 \cdot 10^{-6}$	8432.896	9	14	
	2009	Из уравнивания сети			8432.892			4

Базисная сторона Алексеевка-Кремлевка (Alex-Krem) триангуляции 1 класса была измерена инварными проволоками. Длина геодезической линии на эллипсоиде Красовского в системе СК-42 приводится в «Дополнении к каталогу базисов на территорию СССР, раздел II», 1987 г. Она составила 26891.710 м, относительная погрешность (из обработки результатов измерений) равна 1:1682000, то есть абсолютная погрешность равна 16 мм.

Спутниковые измерения были проведены в 1996 г. аппаратурой Trimble 4000 и Leica System 200. Чтобы иметь возможность сравнить измеряемую наклонную дальность проект был обработан в системе СК-42. По результатам минимально ограниченного уравнивания сети ПГЭ - СГГА длина геодезической линии составила 26891.719 м с погрешностью 1.96σ равной 5 мм. Как видно, этот результат входит в доверительный интервал 16 мм.

Третьей стороной, имеющей измерения разных видов, является Издревинский базис Б003 им. О.П. Сучкова. Из него мы взяли только сторону ВІ01-ВІ18. Сводка результатов спутниковых измерений приводится в табл.2.

Таблица 2. Результаты спутниковых измерений на Издревинском базисе

№ п.п.	Дата	Аппаратура			Результат (м)	Погрешности (мм)		
		Модель	a	b		M_1	M_2	M_3
1	01.04.1996	Leica 200	5	10^{-6}	1103.662	6	4	
2	02.03.1997	4000 SST	10	10^{-6}	1103.664	11	3	
3	26.05.1998	4000 SST	10	10^{-6}	1103.661	11	4	
4	22.03.2000	4000 SSE	5	10^{-6}	1103.662	11	4	
5	23.03.2000	4000 SSE	5	10^{-6}	1103.662	6	6	
6	07.02.2004	Legacy	3	10^{-6}	1103.659	4	4	
7	06.08.2008	5700	5	$0.5 \cdot 10^{-6}$	1103.667	5	5	
8	07.08.2008	5700	5	$0.5 \cdot 10^{-6}$	1103.666	5	4	
9	07.08.2008	5700	5	$0.5 \cdot 10^{-6}$	1103.667	5	4	
10	2009	Уравнивание сети			1103.663			2

Чтобы сравнить уравненное значение наклонной дальности между целиками базиса, было получено горизонтальное расстояние D_0 по формуле

$$D_0 = \sqrt{D^2 - \Delta H^2 - 2D^2 \Delta H / (R_A + H)}, \quad (2)$$

где ΔH – разность геодезических высот конечных точек базиса, R_A – радиус нормального сечения эллипсоида в азимуте базиса A (рис. 2). Уклонение отвеса, равное в районе базиса 1» [3], не учитывалось. Горизонтальное расстояние оказалось равным 1103.396 (с погрешностью 2 мм) и полностью совпало с данными, представленными в свое время О.П. Сучковым.

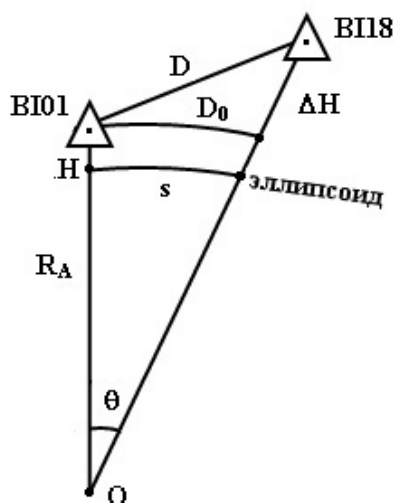


Рис. 2. Геометрия базиса

Была предпринята еще одна попытка сравнения. В проекте TGO были получены длины геодезических линий s для всех 9 измерений. Из них было вычислено среднее значение, которое было приведено к горизонту пункта BI01 по формуле:

$$D_0 = s \cdot \frac{R_A + H}{R_A}. \quad (3)$$

Было получено значение $D_0 = 1103.394$ м с погрешностью 2 мм. Таким образом, совпадение расстояний можно признать достаточно хорошим. Можно также сделать вывод о том, что заметные искажения масштаба в спутниковой сети не были обнаружены.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Антонович, К.М. Пространственный эталонный полигон для метрологической аттестации GPS-аппаратуры [Текст] / К.М. Антонович, В.А.

Ащеулов, Ю.В. Сурнин, В.А. Скрипников // Вестник СГГА, вып. 4, Новосибирск: СГГА, 1999. - С. 8 – 13

2. Антонович, К.М. Метрологическому полигону СГГА – 10 лет [Текст] / К.М. Антонович, В.А. Середович, Ю.В. Сурнин, Л.Г. Куликова // ГЕО-Сибирь-2005. Т. 1. Геодезия, картография, маркшейдерия: Сб. материалов науч. конгресса «ГЕО-Сибирь-2005», 25-29 апреля 2005 г., Новосибирск. – Новосибирск: СГГА, 2005. – С. 122-126.

3. Гиенко, Е.Г. Регулярная методика оценивания параметров взаимного трансформирования локальных спутниковых геодезических сетей и государственной координатной основы [Текст] : дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук : 25.00.32 : защищена 26.09.02 : утв. 17.01.03г. / Гиенко Елена Геннадьевна. – Новосибирск, 2002. – 193 с. – Библиогр.: с. 187-193.– диплом № 086342.

© К.М. Антонович, А.А. Струков, 2010

УДК 528.2:629.78

А.В. Войтенко, В.Л. Быков

Западно-Сибирский филиал

ФГУП «Госземкадастрсъемка» – ВИСХАГИ, Омск

ПОСТРОЕНИЕ ЛОКАЛЬНОЙ МОДЕЛИ КВАЗИГЕОИДА НА ТЕРРИТОРИЮ ОМСКОЙ ОБЛАСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕЗУЛЬТАТОВ УРАВНИВАНИЯ СПУТНИКОВОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЕТИ

В статье говорится о возможности использования различных моделей высот квазигеоида для определения нормальных высот точек земной поверхности с использованием данных спутникового позиционирования. Показан анализ применения для этой цели известных моделей EGM-96 и EGM-2008 на территории Омской области. Описываются результаты и приведена оценка точности построения спутниковой геодезической сети и локальной модели высот квазигеоида над эллипсоидом WGS-84 на данной территории.

A.V. Voitenko, V.L. Bykov

West-Siberian Branch Federal State Unitary Predpriyatiya

«Goszemkadastrsnyomka» – VISHAGI

Prospect Mira, 4, Omsk, 644080, Russian Federation

CONSTRUCTION OF A LOCAL MODEL OF THE GEOID TO THE TERRITORY OF THE OMSK REGION, MAKING USE OF SATELLITE GEODETIC NETWORK ADJUSTMENT

The article mentioned the possibility of using different models of geoid heights to determine the normal height of the points the earth's surface using satellite positioning data. Showed analysis of application for this purpose known models EGM-96 and EGM-2008 on the territory of the Omsk region. We describe the results of the estimation accuracy of the construction of satellite geodetic network and a local model of the geoid heights above the ellipsoid WGS-84 in the territory.

В результате спутниковых наблюдений с высокой точностью определяются пространственные прямоугольные координаты точки наблюдений в геоцентрической общеземной системе координат WGS-84. Эти координаты достаточно строго преобразуются в пространственные координаты широту B и долготу L , а так же геодезическую высоту H по известным формулам. Таким образом, определение геодезической высоты относительно эллипсоида WGS-84 выполняется с точностью одного из способов спутникового позиционирования (абсолютный, дифференциальный, относительный).

В настоящее время наибольший практический интерес представляет вопрос получения нормальных высот точек земной поверхности по результатам спутниковых наблюдений. Решение этой задачи сводится к использованию модели высот квазигеоида над эллипсоидом WGS-84. Преобразование геодезических высот в нормальные в этом случае выполняется по известной формуле

$$H^{\gamma} = H + \zeta, \quad (1)$$

где H^{γ} - нормальная высота,

H - геодезическая высота,

ζ - высота квазигеоида над эллипсоидом.

Значение высоты квазигеоида может быть определено с помощью соответствующей математической модели. Наиболее распространенными на сегодняшний момент являются модели EGM-96 и EGM-2008. Отечественными и зарубежными учеными проводятся исследования точности определения нормальных высот с использованием этих моделей. В их работах отмечаются преимущества новой гравитационной модели Земли EGM-2008 над предшествующей ей EGM-96. Сотрудниками Западно-Сибирского филиала ФГУП «Госземкадастрсъемка» - ВИСХАГИ так же были выполнены исследования, в результате которых удалось не только апробировать указанные модели, но и построить свою, более точную модель высот квазигеоида над эллипсоидом WGS-84 на территорию Омской области.

В 2008 г. Западно-Сибирским филиалом ФГУП «Госземкадастрсъемка» - ВИСХАГИ были выполнены геодезические работы по созданию сети базовых станций на территории Омской области. Это геодезическое построение было выполнено для цели создания и обновления цифровой планово-картографической основы государственного кадастра недвижимости в границах городских и сельских поселений Омской области.

На территории Омской области были размещены 44 базовые станции. Каждая базовая станция представляла собой крепление антенны спутникового приемника, установленное на крыше здания, и специально оборудованное теплое помещение в этом же здании, где размещается сам спутниковый приемник и все необходимое оборудование. Такое устройство базовой станции позволили при проведении продолжительных по времени сеансов спутниковых наблюдений обеспечить бесперебойное питание станции, а также возможность контролировать ход наблюдений (показания геометрического фактора, количество наблюдаемых спутников, соотношение "сигнал/шум", степень разрядки аккумуляторной батареи, количество произошедших сбоев в приеме сигналов). Кроме того имелась возможность по окончании наблюдений копировать данные на устройства длительного хранения информации - компакт-диск или жесткий диск компьютера.

Погрешность установки антенн базовых станций составляла величину менее 1 мм, благодаря специально разработанному креплению антенны с принудительным центрированием. Крепление антенны базовой станции представлено на рис.1.

Каждое крепление устанавливалось на крыше административного здания, которое было построено более 15 лет назад. Монтаж осуществлялся с помощью крепежей через отверстия в пластине к несущей стене здания. Место установки крепления выбиралось с таким расчетом, чтобы обеспечить наиболее благоприятные спутниковые наблюдения GPS-приемником. Такой способ установки антенны базовой станции являлся долговременным и мог гарантировать в течение многих лет неизменность полученных плановых координат и высот точки установки антенны базовой станции.

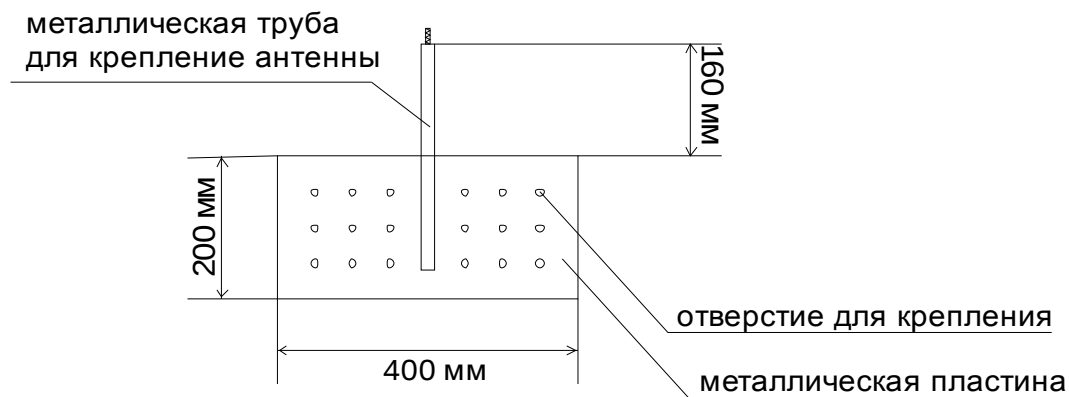


Рис. 1. Схема крепления антенны базовой станции

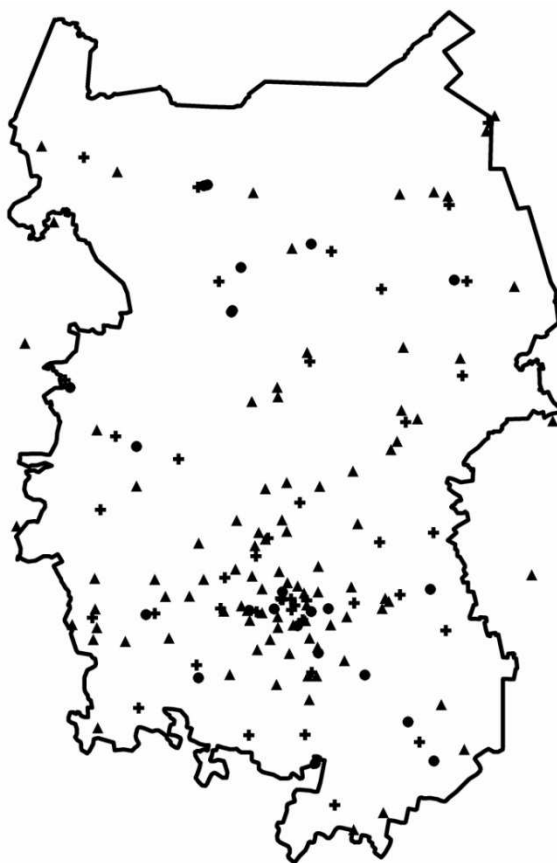
Для выполнения спутниковых измерений было использовано двухчастотное спутниковое оборудование геодезического класса точности Leica SR 9500 и Trimble 5700. Наблюдения проводились в период с 06.01.2008 по 29.04.2008. При этом использовался статический режим спутниковых наблюдений, время регистрации данных каждым спутниковым приемником составляло 15 секунд, маска отсечки спутников по высоте составляла 0 градусов. Для обработки спутниковых наблюдений использовалось программное обеспечение Trimble Geomatics Office Version1.63.

В получившейся спутниковой геодезической сети расстояния между смежными точками базовых станций составляли от 0,7 до 121 км. Для обработки всех базовых линий использовались точные эфемериды. При обработке маска отсечки спутников по высоте составляла 13 градусов.

Сеть базовых станций в Омской области опирается на пункты государственной геодезической и нивелирной сети. При этом спутниковые наблюдения были проведены на 91 пунктах ГГС сети триангуляции 1, 2 и 3 классов и 24 пунктах нивелирования 1 и 2 классов. Схема расположения всех пунктов спутниковой геодезической сети представлена на рис. 1.

В результате уравнивания полученной спутниковой сети были определены плановые координаты и нормальные высоты точек установки антенн всех базовых станций на территории Омской области в государственной системе координат СК-95 и Балтийской системе высот 1977 года. Средние погрешности определения плановых координат и высот по всем базовым станциям на территории Омской области составили 0,04 м и 0,05 м соответственно. Так же координаты всех базовых станций были определены в WGS-84 с СКП, равной

0,05 м в плане и по высоте. Таким образом, появилась возможность апробации моделей EGM-96 и EGM-2008. Для этого используя значение высоты квазигеоида в точках установки антенн базовых станций и их геодезические высоты, были получены нормальные высоты в системе высот БСВ-77. Данные выполненных расчетов приведены в табл. 1.



+ - базовая станция ▲ - пункт ГГС ● - пункт нивелирной сети

Рис. 1. Схема размещения пунктов спутниковой геодезической сети на территории Омской области

Таблица 1. Результаты отклонений нормальных высот базовых станций, полученных с помощью известных моделей квазигеоида, от их значения из уравнивания

Название модели	Минимальная погрешность	Максимальная погрешность	СКП
EGM-96	0,448	0,801	0,639
EGM-2008	0,150	0,755	0,381

Данные, приведенные в табл. 1, свидетельствуют о том, что применение известных моделей высот квазигеоида над эллипсоидом WGS-84 на территории Омской области для определения нормальных высот в БСВ-77 возможно лишь

при создании съемочного обоснования для выполнения топографической съемки с высотой сечения не менее 2 м.

Наибольший практический интерес представляет возможность более точного определения высот относительно поверхности квазигеоида по данным наземного спутникового позиционирования. Для решения этой задачи необходимо построить локальную модель высот квазигеоида на заданной территории. Для этого могут быть использованы данные о значениях нормальных и геодезических высот всех пунктов спутниковой геодезической сети на территории Омской области.

Построение модели выполнялось с помощью методов математического моделирования. Таким образом, была построена поверхность, заданная значениями разностей нормальных и геодезических высот. В качестве функции, описывающей эту поверхность, был выбран полином третьей степени. Уравнение этой функций определяется формулой

$$f(\zeta) = a_1 \cdot x^3 + a_2 \cdot y^3 + a_3 \cdot x^2 \cdot y + a_4 \cdot x \cdot y^2 + a_5 \cdot x^2 + a_6 \cdot y^2 + a_7 \cdot x \cdot y + a_8 \cdot x + a_9 \cdot y + a_{10}, \quad (2)$$

где $f(\zeta)$ - значение высоты квазигеоида над эллипсоидом WGS-84,

a - коэффициент полинома третьей степени,

x, y - плановые координаты пунктов спутниковой геодезической сети.

Нахождение коэффициентов полинома выполнялось путем решения по методу наименьших квадратов системы, состоящей из 159 уравнений. Оценка точности решения этой системы уравнений определяется средней квадратической погрешностью, равной 0,103 м.

На рис. 2 приведены модели высот квазигеоида на территорию Омской области. Слева представлена локальная модель, построенная с учетом данных о пунктах спутниковой геодезической сети, справа - EGM-2008.

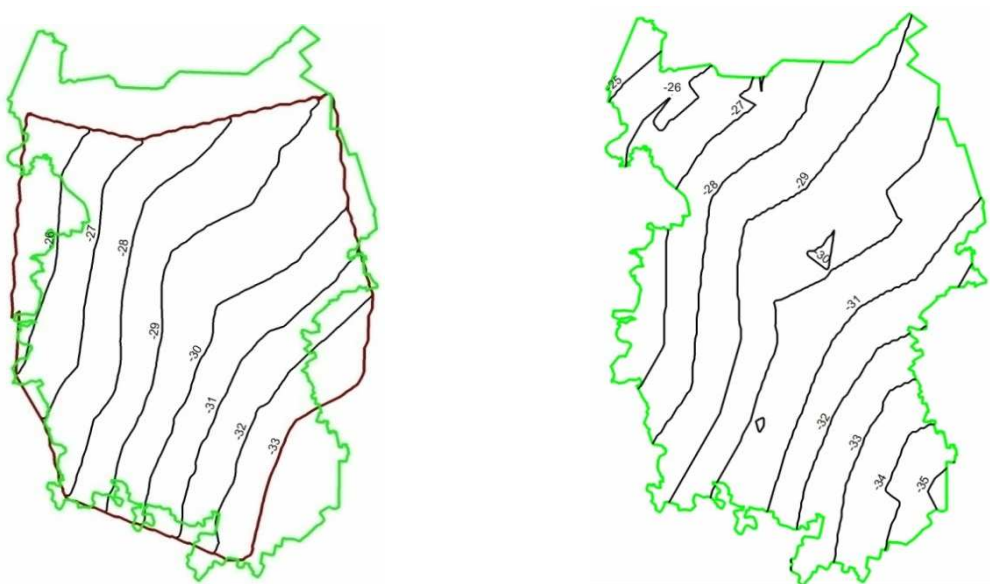


Рис. 2. Схема размещения пунктов спутниковой геодезической сети на территории Омской области

Судя по данным, представленным на рис. 2, можно сказать, что обе модели имеют сходство. Однако на модели, изображенной справа, присутствуют локальные «всплески» значений высот квазигеоида. Это явление может быть объяснено либо формой самого квазигеоида, либо неправильными данными, использованными для построения EGM-2008 в этом месте, либо недостаточным количеством исходной информации при построении локальной модели квазигеоида. Данный вопрос требует дополнительных исследований, которые запланированы специалистами Западно-Сибирского филиала ФГУП «Госземкадастръемка» - ВИСХАГИ для дальнейшего изучения фигуры Земли в рамках заданной территории.

Полученная модель высот квазигеоида на территорию Омской области позволяет проводить работы по определению нормальных высот точек земной поверхности в Балтийской системе высот 1977 г. с точностью, удовлетворяющей большинству топографо-геодезических работ.

© А.В.Войтенко, В.Л. Быков, 2010

УДК 528.7

А.М. Мамутин

Западно-Сибирский филиал ФГУП «Госземкадастръёмка» – ВИСХАГИ, Омск

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА «МОБИЛЬНАЯ БАЗОВАЯ СТАНЦИЯ»

В статье рассматривается концепция мобильной базовой станции с точки зрения аппаратного обеспечения, на примере «МБС-1 питон».

A.M. Mamoutine

West-Siberian Branch of FSUE «Goszemkadastrsjemka» – VISHAGI

4, Mira Avenue, Omsk, 644080, Russian Federation

REALIZATION OF PROGRAM HARDWARE SYSTEM «MOBILE REFERENCE STATION»

The article examines the concept of mobile base station in terms of hardware, for example, "MRS-1 python".

Мобильная базовая станция (МБС) представляет собой легко транспортируемый, быстро разворачиваемый комплекс, предназначенный для расширения сети базовых станций, в районах, где установка постоянно действующих станций экономически не целесообразна.

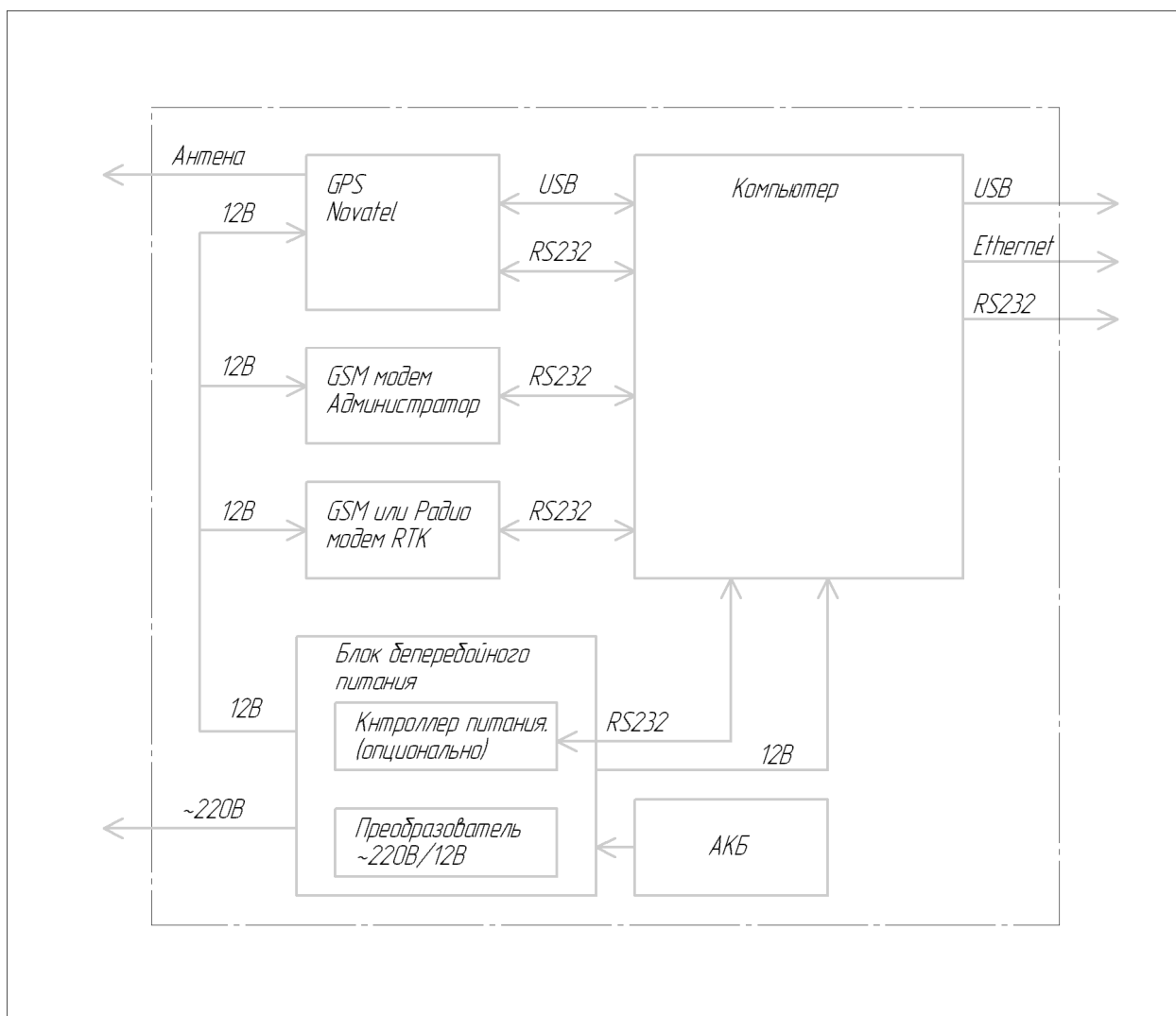
Конструктив базовой станции представляет собой чемодан из высокопрочного пластика, как наиболее удобный, а также защищающий все входящее в состав МБС оборудование в процессе работы и при транспортировке. В рабочем состоянии корпус МБС полностью герметичен, все соединения производятся через переходные герметичные разъемы. Установка базовой станции может производиться в любых, даже не отапливаемых помещениях. В зимней модификации имеется возможность установки даже на открытом воздухе.

Основой МБС является двухчастотный совмещенный GPS/ГЛОНАСС приемник Novatel OEMV-3 позволяющий производить измерения с субсантиметровой точностью в радиусе 30 км. Одноплатный компьютер Тион-Про 270 на базе высокопроизводительного процессора Marwell PXA270 обеспечивает взаимодействие основных узлов комплекса.

В качестве основного канала передачи данных выбран Интернет, как наиболее универсальный, реализована поддержка протокола NTRIP. Предусмотрен резервный канал связи в виде двух GSM модемов, имеется возможность подключения внешнего радио или спутникового модема. При пропадании основного канала связи МБС автоматически переходит на резервный канал.

МБС имеет встроенную систему оповещений о нештатных ситуациях. При возникновении сбоя, оператору отправляется SMS сообщение либо Email содержащее информацию о неполадке.

Питание базовой станции может осуществляться практически от любого источника. Имеется разъемы для питания от сети переменного тока (80-240В) и от бортовой сети постоянного тока 12В. По желанию заказчика дополнительно может быть реализована возможность питания от сети постоянного тока 24В. Дополнительно МБС имеет встроенную аккумуляторную батарею, которая обеспечивает автономную работу станции в течение 10 часов. Управление питанием осуществляется встроенным процессором, что позволяет автоматически осуществлять выбор источника.



УДК 519.688: 519.687.4

Д.В. Кисленко

ФКН ОмГУ им. Ф.М. Достоевского

Западно-Сибирский филиал ФГУП «Госземкадастрсъемка» – ВИСХАГИ, Омск

ПРОЕКТ МОБИЛЬНОЙ БАЗОВОЙ СТАНЦИИ КАК УЗЛА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ СБОРА, ХРАНЕНИЯ, ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ НАВИГАЦИОННЫХ ДАННЫХ

В статье описана концепция и состав программной части программно-аппаратного комплекса Мобильная Базовая Станция. Представлена схема потоков данных внутри комплекса.

D.V. Kislenko

FCS Omsk State University

West-Siberian Branch of FSUE “Goszemkadastrsjemka”-VISHAGI

4, Mira Avenue, Omsk, 644080, Russian Federation

MOBILE REFERENCE STATION PROJECT AS A NODE OF NAVIGATION DATA COLLECTION, STORE, AND DISTRIBUTION INFORMATION SYSTEM

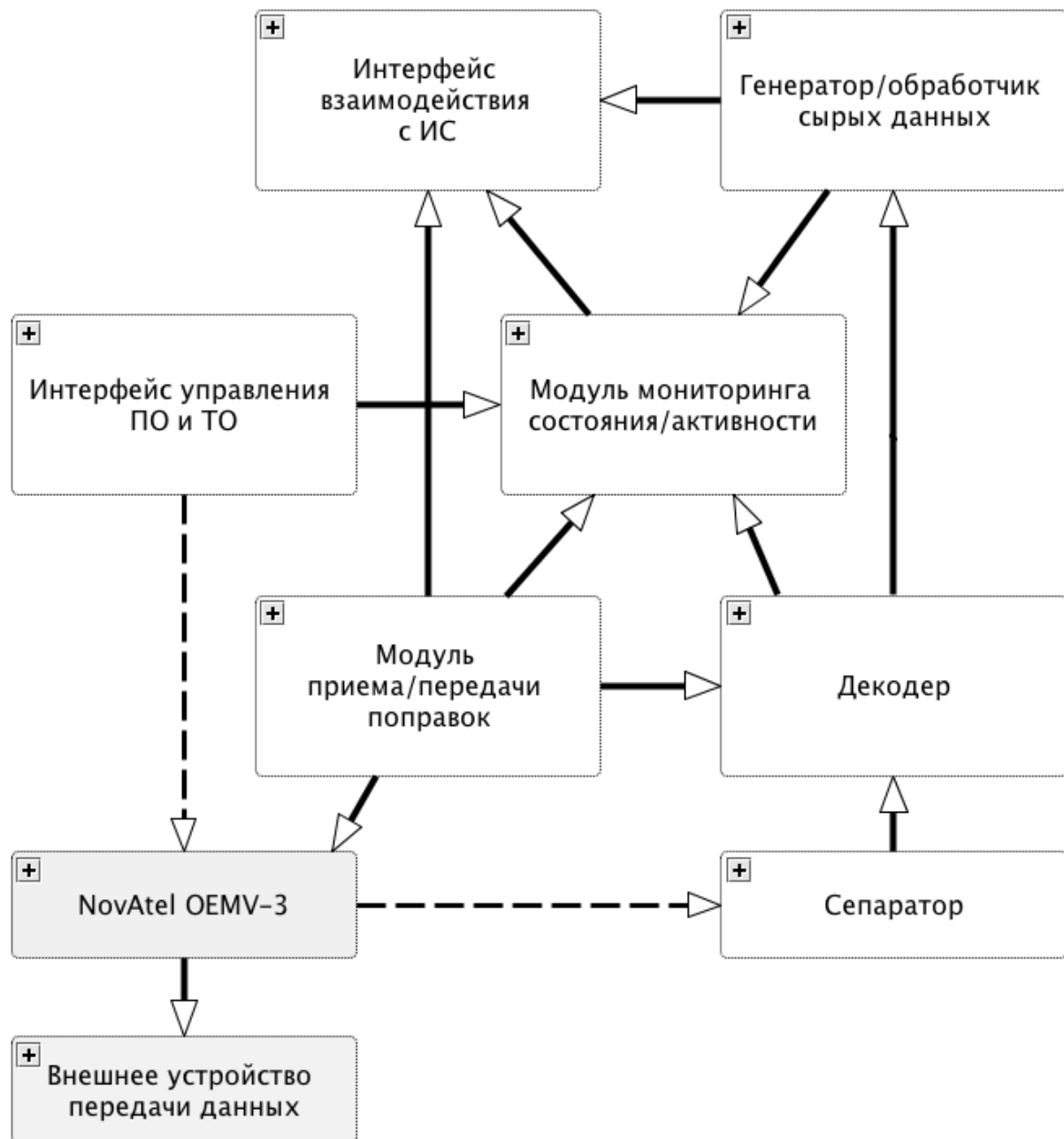
In this article are described concept and contents of software component of Mobile Reference Station complex. Scheme of data streams of complex is presented.

Информационная система сбора, хранения, предоставления навигационных данных (далее ИС) есть совокупность технического (ТО), программного (ПО) и организационного обеспечения, а также персонала, предназначенная для того, чтобы своевременно обеспечивать надлежащих людей надлежащей информацией: сырыми данными, поправками, информацией о состоянии узлов системы: центрального сервера (центра мониторинга, сбора, хранения и распределения данных), стационарных базовых станций, мобильных базовых станций, роверов.

Концепция. Мобильная базовая станция (далее МБС) – легко транспортируемый, быстро разворачиваемый, защищенный, программно-аппаратный комплекс, обеспечивающий стабильную работу интегрированной ГЛОНАСС/GPS референцной станции на базе платы приемника NovAtel OEMV-3. Основное предназначение МБС - обеспечение работы роверов (полевых передвижных бригад изыскателей) в режиме RTK (кинематики реального времени) в отсутствии постоянно действующих (стационарных) базовых станций в районе проведения работ, хранение и распределение “сырых” данных без необходимости в присутствии оператора. После инсталляции МБС полностью автономна. Администрирование программного

комплекса МБС в полном объеме осуществляется удаленно. Также МБС может работать в качестве постоянно действующей базовой станции.

На основании данной концепции, в составе ПО МБС должны параллельно функционировать несколько тесно связанных модулей с разным функционалом: модуль приема/передачи поправок, генератор/обработчик сырых данных, интерфейс взаимодействия с ИС, интерфейс управления ПО и ТО, модуль мониторинга состояния/активности МБС.



Модуль приема/передачи поправок. В качестве транспорта для поправок был выбран протокол NTRIP. Кроме этого аппаратно предусмотрена возможность подключения внешних устройств передачи данных (последовательный порт).

Генератор/обработчик сырых данных. Генератором сырых данных является интегрированная плата приемника NovAtel OEMV-3. Так же для обеспечения контроля за наличием и качеством данных необходим обработчик-декодер.

Интерфейс взаимодействия с ИС. Необходимо разработать специальный протокол обмена между ИС и МБС. Протокол должен обеспечивать своевременное предоставление информации о состоянии МБС и предоставлять ИС возможность настройки режима работы МБС.

Интерфейс управления ПО и ТО. Необходим интерфейс настройки работы всех компонентов МБС, при этом интерфейс должен быть удобен и понятен пользователю с низким уровнем подготовки и максимально устойчив к попыткам нарушить целостность работы системы программными методами.

Модуль мониторинга состояния/активности МБС. Необходим постоянный контроль за состоянием всех компонентов МБС. Для этого предлагается создать программную службу в операционной системе МБС, которая будет централизованно собирать информацию о состоянии всех компонентов МБС и предоставлять отчет с заданным периодом центру мониторинга ИС и оператору МБС(ИС по разработанному протоколу обмена, оператору посредством электронных писем, смс сообщений).

В соответствии с данными требованиями была разработана функциональная схема МБС, представленная на рисунке. Согласно данному проекту был создан прототип изделия, который в настоящий момент проходит испытания.

© Д.В. Кисленко, 2010

УДК 519.688: 519.687.4

А.И. Белокрылов

ФКН ОмГУ им. Ф.М. Достоевского

Западно-Сибирский филиал ФГУП «Госземкадастрсъемка» – ВИСХАГИ, Омск

МОДЕЛЬ ЦЕНТРА МОНИТОРИНГА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ СБОРА, ХРАНЕНИЯ И ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ НАВИГАЦИОННЫХ ДАННЫХ

В статье рассматриваются требования к центру мониторинга информационной системы сбора, хранения, и предоставления навигационных данных, и описывается модель центра мониторинга, удовлетворяющего поставленным требованиям.

A.I. Belokrylov

Omsk State University FCS

West-Siberian Branch of FSUE «Goszemkadastrsjemka» – VISHAGI

4, Mira Avenue, Omsk, 644080, Russian Federation

MODEL OF MONITORING CENTER FOR NAVIGATION DATA COLLECTION, STORE, AND DISTRIBUTION INFORMATION SYSTEM

In this article are defined requirements for monitoring center of navigation data collection, store and distribution information system; and described a model of monitoring center, satisfying this requirements.

Информационная система сбора, хранения, и предоставления навигационных данных (далее ИС) есть совокупность технического, программного и организационного обеспечения, а также персонала, предназначенная для того, чтобы своевременно обеспечивать надлежащих людей надлежащей информацией: сырыми данными, поправками, информацией о состоянии узлов системы: центрального сервера (центра мониторинга, сбора, хранения и распределения данных), стационарных базовых станций, мобильных базовых станций, роверов.

Центр мониторинга ИС выполняет функции оперативного предоставления информации о состоянии всех компонентов ИС, долговременного отслеживания и хранения такой информации для дальнейшего анализа, и предоставления максимально удобного пользовательского интерфейса для наблюдения за состоянием системы.

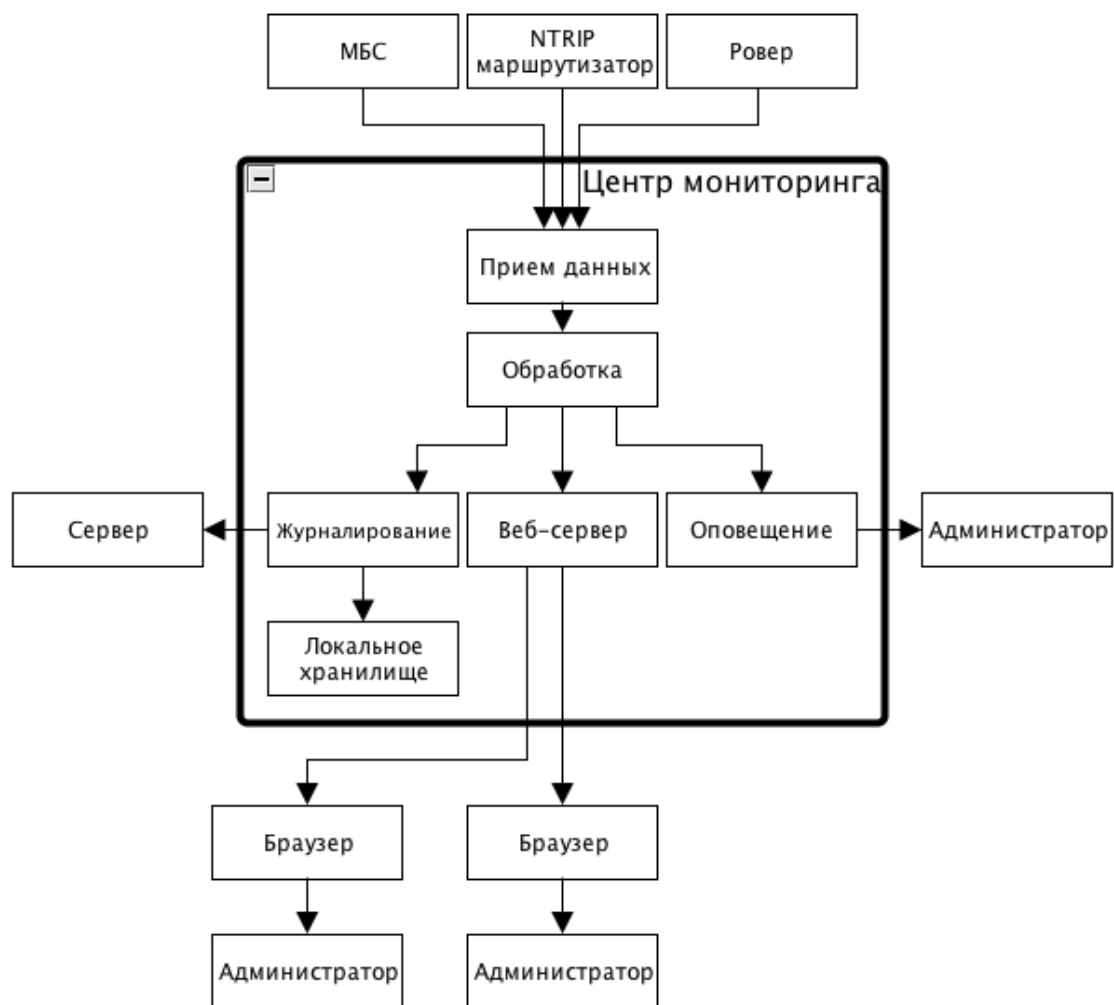
Исходя из объявленного функционала, необходимо разработать протоколы связи центра мониторинга с другими компонентами ИС, модуль хранения и предоставления журнальных файлов, и способ реализации пользовательского интерфейса.

Центр мониторинга будет принимать информацию о подключенных мобильных и стационарных базовых станциях, роутерах, их местоположении и режиме работы; данные о состоянии других компонентов системы (NTRIP-маршрутизатора и др.), а также другую информацию. Разрабатываемые протоколы должны позволять передавать всю необходимую информацию, а также корректно обрабатывать обрывы соединения и задержки в передаче данных.

Модуль обработки журнальных файлов сохраняет, упорядочивает, и архивирует на выделенном сервере полученную от отслеживаемых компонентов информацию.

В связи с тем, что мониторинг должен происходить постоянно, имеет смысл реализовать службу сбора данных отдельно от интерфейса пользователя. Возможны два варианта пользовательского интерфейса.

Первый вариант: в виде отдельной программы-клиента, которая по специально разработанному протоколу обменивается данными и управляющими командами с центром мониторинга. Второй вариант: веб-интерфейс. По сравнению с первым способом веб-интерфейс обладает преимуществами: в качестве клиентской программы может выступать любой браузер; возможно удаленное администрирование; при появлении новых функций достаточно обновить только серверную часть. Недостатками являются избыточность передаваемой информации и сложности организации сеанса работы, связанные с особенностями протокола HTTP.



В течение 2010 года планируется реализовать ИС с центром мониторинга, функционирующей по описанной схеме.

© А.И. Белокрылов, 2010

УДК 528.283

А.С. Глазунов

СГГА, Новосибирск

УСКОРЕННАЯ МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ АСТРОНОМИЧЕСКОГО АЗИМУТА С ПРОСТОЙ ОБРАБОТКОЙ

В статье рассмотрена методика ускоренного определения астрономического азимута с максимально простой методикой вычислений, аналогичной обычной обработке журнала. Для определения и вычисления астрономического азимута достаточно 0,5 часа.

A.S. Glazunov

SSGA, Novosibirsk

SHORTCUT METHODS FOR ASTRONOMICAL AZIMUTH DETERMINATION WITH SIMPLE PROCESSING

The author presents the methods for the shortcut determination of the astronomical azimuth with maximally simple calculation techniques analogous to the usual register handling. The determination and calculation of the astronomical azimuth takes 0.5 hour.

Необходимость определения истинного (астрономического) азимута возникает во многих случаях. Азимут, с последующим переходом к дирекционному углу, необходим при выполнении топографо-геодезических работ для ориентировки полигонометрических и теодолитных ходов, контроля угловых измерений, ориентировки профилей в геофизике и выполнении лесоустроительных работ, для ориентировки антенн радиопередающих и радиоприёмных устройств. Требования к точности таких определений лежат в пределах от нескольких секунд до минут дуги и определяются конкретными инструкциями и наставлениями.

Определение астрономического азимута по традиционным методикам (по часовому углу Полярной или по зенитным расстояниям светил) требует от наблюдателей специальных навыков, наличия программ обработки, необходимого оборудования, что есть не во всех организациях, выполняющих топографо-геодезические работы.

Нами предлагается способ определения астрономического азимута, требующий минимальных знаний астрономии, а также инструментов, имеющих практически во всех геодезических организациях.

Для определения астрономического азимута необходимо определить меридиан и измерить горизонтальный угол между меридианом и земным предметом. Точное положение меридиана легко найти из наблюдения светил

(Солнца, планет, звёзд) в кульминациях, для чего положение меридиана достаточно знать приблизительно с точностью 5'-10'. Для нахождения момента прохождения светила через меридиан необходимо знать долготу точки наблюдения и поправку часов. В зависимости от требуемой точности азимута долгота может быть найдена по карте или с помощью GPS-Глонасс приёмника. Поправку часов можно найти сравнивая часы наблюдателя с показаниями GPS-Глонасс приёмника, либо синхронизируя часы компьютера с NTP- сервером, либо по КВ радиосигналам радиостанций ГСВЧ РВМ (Москва) или РИД (Иркутск). Радиосигналы широковегательных радиостанций (радио России) или (Маяк) в настоящее время могут иметь задержку более 2^с и для её учёта необходимо проконсультироваться в службе времени, обслуживающей данный регион.

Погрешность определения азимута, зависящую от времени (ошибки долготы и ошибки поправки часов) найдём из выражения

$$\Delta A_N = \frac{15 \cos \delta \cos q}{\sin Z} \Delta t . \quad (1)$$

Т.к. в меридиане $\cos q=1$, то можно записать

$$\Delta A_N = \frac{15 \cos \delta}{\sin Z} . \quad (2)$$

Из выражения (2) следует, что выгоднейшими условиями для определения азимута по прохождению светил являются наблюдения светил с большими значениями склонений на больших зенитных расстояниях. Поэтому при более высоких требованиях к точности определения азимута выгоднее наблюдать светила в нижней кульминации (на севере). Если важнее требование производительности, то следует наблюдать и южные светила в верхней кульминации на больших зенитных расстояниях. Выбор ярких светил в южной части меридиана намного больше.

В табл. 1 приведены значения погрешности ΔA , рассчитанной при $\Delta t=1^с$ в зависимости от широты и зенитного расстояния, т.к. в кульминациях φ , δ и z связаны простыми линейными соотношениями.

Таблица 1. Значения погрешности ΔA в кульминациях

Верхняя кульминация						
Широты						
Z	50°	55°	60°	65°	70°	75°
Значения ΔA в "						
30°	28,2	27,2	26,0	24,6	23,0	21,2
50°	19,6	19,5	19,3	18,9	18,4	17,7
70°	15,0	15,4	15,7	15,9	16,0	15,9
80°	13,2	13,8	14,3	14,7	15,0	15,2
85°	12,3	13,0	13,6	14,1	14,5	14,8
Нижняя кульминация						
Значения ΔA в "						
30°	-	-	-	2,6	5,2	7,8
50°	3,4	5,1	6,7	8,3	9,8	11,2
70°	8,0	9,2	10,3	11,3	12,2	13,1
80°	9,8	10,8	11,7	12,5	13,2	13,8
85°	10,6	11,5	12,3	13,0	13,6	14,1

Если учесть, что на малых зенитных расстояниях резко возрастает влияние различных инструментальных погрешностей на точность определения азимута (фигуры цапфы горизонтальной оси, наклон и др.), а наблюдать светила гораздо удобнее на больших зенитных расстояниях, то оптимальными зенитными расстояниями для северных звёзд следует считать $45^\circ \leq Z \leq 85^\circ$, а для южных $55^\circ \leq Z \leq 85^\circ$. Необходимо также учитывать, что выбор ярких светил возможных для наблюдения днём и в сумерках на юге больше.

Переход от астрономического азимута к геодезическому выполняется по известному выражению Лапласа

$$A_r = a_a - \eta \operatorname{tg} \varphi + (\eta \cos A_r - \zeta \sin A_r) \operatorname{ctg} z, \quad (3)$$

где a_a – астрономический азимут; η – уклонение отвесной линии в первом вертикале; ζ – уклонение отвесной линии в меридиане.

Значения η и ζ можно снять с карт уклонений отвесных линий. Последний член в формуле (3) следует учитывать при заметных углах наклона направления и больших значений уклонений.

Для ускоренного определения азимута предлагается следующая методика. По стандартным алгоритмам вычисляются моменты прохождения светила через меридиан, для чего необходим астрономический ежегодник (АЕ), издающийся «Институтом прикладной астрономии» (СПб) (см. www.ipa.nw.ru). Перед началом наблюдений определяется поправка часов астронома или они синхронизируются с центральными часами. Инструмент ориентируется приблизительно в меридиане (с известной точностью) с установкой трубы на зенитное расстояние светила и при появлении светила в поле зрения через равные промежутки времени фиксируются моменты прохождения через вертикальную нить с отсчётами горизонтального круга. Один отсчёт должен быть выполнен при прохождении светила через меридиан, остальные отсчёты желательно выполнять симметрично относительно меридианального. При

выполнении этих требований среднее из горизонтальных отсчётов по светилу будет давать положение меридиана. Перед наблюдением светила и после необходимо наблюдать земной предмет. Одно светило можно наблюдать при одном круге, а для исключения влияния коллимационной ошибки менять круг между различными светилами. При достаточном опыте наблюдений можно менять круг и при наблюдении одного светила. При соблюдении этих требований азимут земного предмета будет равен горизонтальному углу между светилом и земным предметом.

В таблице 2 приведён образец определения азимута по наблюдению прохождения Солнца в меридиане. Наблюдения выполнены теодолитом 2Т5К, наведение на Солнце выполнялось вертикальной нитью на центр, момент верхней кульминации Солнца вычислен по таблице «Солнце» АЕ на 2009 год.

Из наблюдений получено, что угол между Солнцем в меридиане и земным предметом равен $163^{\circ}18'28''$, а следовательно азимут от точки севера равен $343^{\circ}18'28''$. Азимут этого направления, полученный из наблюдений по программе 1-го класса по часовому углу Полярной, равен $343^{\circ}17'51''$, расхождение этих значений соответствуют точности определения $0,5'$.

Как видно из табл. 2 время, затраченное на определение не более 15 минут, а включая подготовку инструмента к наблюдениям и вычисления находится в пределах 30 минут. Можно сделать вывод, что предлагаемая методика заслуживает внимания и может быть рекомендована для внедрения в производство.

Таблица 2. Определение азимута по прохождению Солнца в меридиане

Дата: 15.05.09г , пункт: СГГА			
Направление	Отсчёт времени	Отсчёт горизонтального круга	Угол
ЗП		$101^{\circ}51'00''$	
Солнце	$13^h 19^m 52^s$	$296^{\circ}31'00''$	
Солнце	$13^h 21^m 52^s$	$297^{\circ}20'00''$	
Солнце	$13^h 24^m 52^s$	$298^{\circ}32'00''$	
Солнце	$13^h 27^m 52^s$	$299^{\circ}43'48''$	
Солнце	$13^h 29^m 52^s$	$300^{\circ}32'00''$	
ЗП		$101^{\circ}51'00''$	
ЗП ср. Солнце ср.		$101^{\circ}51'30''$ $298^{\circ}32'02''$	$163^{\circ}18'28''$

УДК 528:629.783

Т.И. Горохова

СГГА, Новосибирск

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТКРЫТЫХ АЛГОРИТМОВ ОБРАБОТКИ GNSS-ИЗМЕРЕНИЙ В СИСТЕМЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА GOCA

В статье рассматривается открытая программа для обработки результатов GNSS-измерений, выполненных в режиме RTK, результаты ее тестирования и возможности использования ее алгоритмов в одном из модулей системы геодезического мониторинга GOCA.

T.I. Gorokhova

SSGA, Novosibirsk

USAGE OF OPEN ALGORITHMS OF PROCESSING OF GNSS-MEASUREMENTS IN SYSTEM OF GEODETIC MONITORING GOCA

The article deals with the open program for processing of results the GNSS-measurements, made in RTK- mode, results of its testing and possibility of using its algorithms in one of system-modules of geodetic monitoring GOCA.

GOCA (GNSS/LPS/LS-based Online Control and Alarm System) – мультисенсорная геодезическая система мониторинга инженерных сооружений и природных объектов в режиме реального времени. Сбор и предварительная обработка результатов спутниковых измерений для последующего анализа выполняются стандартным программным обеспечением производителей GNSS-приёмников, что не всегда удобно. Поэтому одним из направлений совершенствования системы GOCA является разработка специального интерфейса для прямого управления аппаратурой и предобработки данных в режиме реального времени.

Целью настоящей работы являлось ознакомление с пакетами открытых алгоритмов обработки результатов спутниковых измерений, тестирование выбранного пакета на реальных данных и проверка возможности использования отдельных функций для написания программы по обработке RTK-измерений.

Многообразие спутниковых навигационных систем и значительное расширение областей применения GNSS предъявляют новые требования к аппаратуре и программному обеспечению. В связи с этим наблюдается тенденция на упрощение конструкции и снижение стоимости приемников, и одновременно с этим усложнение и удорожание программного обеспечения для обработки результатов измерений. Однако, наряду с коммерческими существуют бесплатные, экспериментальные научные программы, разработанные зарубежными институтами для учебных и исследовательских

целей, такие как Gamit, GPSLab и RTKLib. Программный комплекс Gamit разработан для операционной системы UNIX, GPSLab написан в среде MathLab, а исходные коды программы RTKLib, как и системы GOCA, написаны на языке Visual C++, поэтому именно она была выбрана для изучения.

RTKLib – пакет программ для обработки результатов GNSS-измерений, выполненных в режиме RTK, который находится в свободном доступе на сайте Токийского университета. Алгоритм программы RTKLib включает:

- Операции с матрицами и векторами;
- Функции преобразования времени;
- Преобразование координат и модель геоида;
- Обработка навигационных данных;
- Моделирование ионосферы, тропосферы, фазового центра антенны;
- Обработка SBAS DGPS поправок;
- Абсолютный метод позиционирования (Single point positioning);
- Относительный метод позиционирования по фазе и коду;
- Разрешение целочисленной неоднозначности «на лету» (OTF);
- Ввод двоичных данных приемника;
- Определение положения/ввод-вывод сообщений NMEA;
- Ввод-вывод данных в формате RINEX и навигационных сообщений;
- Ввод точных эфемерид;
- Библиотека потоковой передачи данных;
- Библиотека NTRIP (Networked Transport of RTCM via Internet Protocol);
- Сервер RTK-GPS позиционирования;
- Обработка сообщений RTCM 2.3 и 3.0/3.1.

В состав RTKLib входят следующие прикладные программы:

- RTKNAVI, RTKRCV (позиционирование в режиме RTK);
- RTKPOST, RNX2RTKP (постобработка базовых линий);
- STRSVR, STR2STR (утилиты передачи данных);
- RTKPLOT (графическое отображение результатов измерений и положения объекта);
- RTKCONV, CONVBIN (конвертер log-файлов приемника в RINEX);
- прочие утилиты для позиционирования.

Для изучения возможностей пакета RTKLib, была проведена обработка результатов измерений, полученных одночастотным приемником Septentrio AsterX на измерительной площадке Института Прикладных Исследований г. Карлсруэ (Германия) (табл. 1).

Таблица 1. Координаты контрольных пунктов

Пункт	ITRF 2005		
	X	Y	Z
300	4146251.209	611659.393	4791886.142
301	4146246.453	611659.075	4791890.269
304	4146238.140	611664.805	4791896.701

Измерения проводились в режиме RTK, для приема RTCM-сообщений от базовой станции KARL сети EUREF использовалась программа GNSS Internet Radio.

Результаты постобработки данных программой RTKLib представлены на рис. 1, 2, 3.

Темным цветом показаны координаты, вычисленные по целым значениям неоднозначностей, так называемые фиксированные решения (fixed), светлым – координаты, вычисленные с использованием вещественных значений неоднозначностей, или плавающие (float).

Достоинствами программы являются поддержка российской спутниковой системы ГЛОНАСС, стабильность работы и довольно высокая точность вычисления плановых координат. RTKLib обладает дружелюбным интерфейсом и проста в использовании.

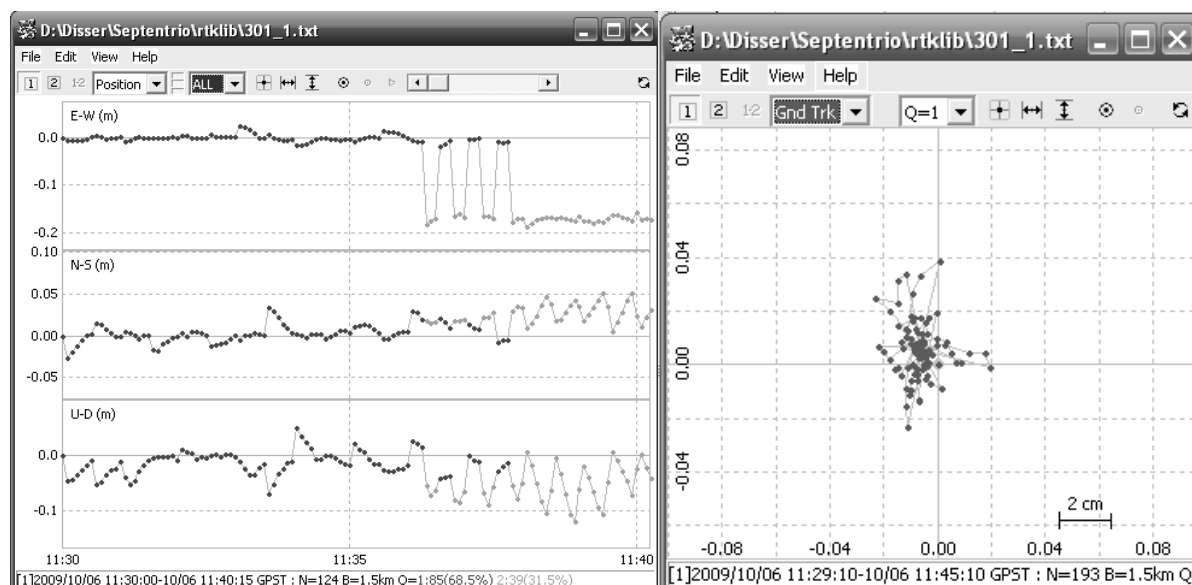


Рис. 1. Результаты измерений на пункте 300

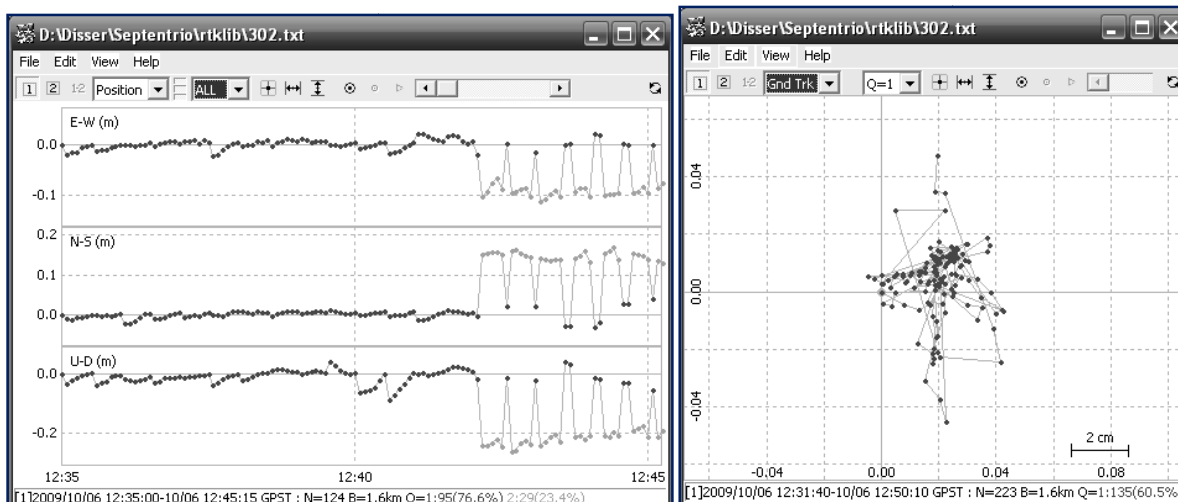


Рис. 2. Результаты измерений на пункте 301

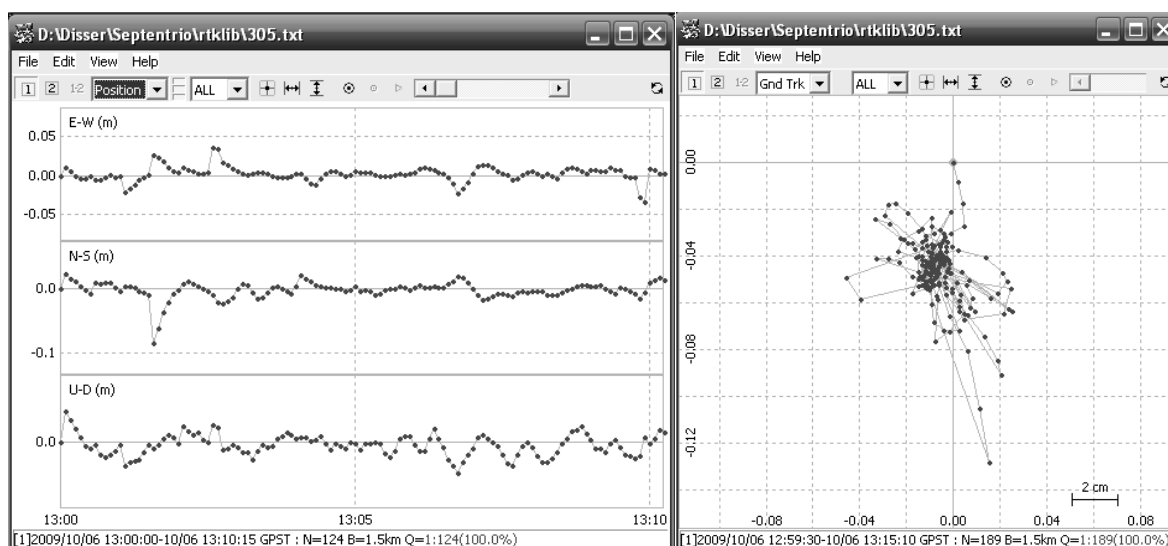


Рис. 3. Результаты измерений на пункте 304

Из недостатков программы следует отметить нестабильность точности плавающего решения, особенно если измерения проводились при плохих условиях приема сигнала. Это видно на примере пунктов 300 и 301, где во время измерений наблюдался сильный ветер.

Таким образом, RTKLib является хорошей основой для написания модуля предварительной обработки результатов GNSS-измерений в системе GOCA. Целью дальнейшей работы является усовершенствование алгоритма поиска пропусков циклов и разрешения неоднозначности, поскольку от этих факторов во многом зависит точность определения координат.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Jäger, Reiner. GOCA – Systemkonzept [Electronic resource] / R. Jäger – Нем. – Режим доступа: http://www.goca.info/docs/GOCA_Kurz_d.pdf.
2. Takasu, T. RTKLIB ver. 2.3.0 Manual [Electronic resource] / T. Takasu – Англ. – Режим доступа: <http://gpspp.sakura.ne.jp/rtklib/rtklib.htm>.

3. Becker, Matthias. Status der Modernisierung von GPS und GLONASS und Perspektiven weiterer GNSS [Текст] / М. Becker //Zeitschrift für die Vermessungswesen. - 2009. - № 5. - С. 297-305.

© *Т.И. Горохова, 2010*

УДК 528.1: 631.4

А.В. Середович, О.А. Дементьева, Е.И. Горохова
СГГА, Новосибирск

ТРЕХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УЧАСТКОВ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ

В современных условиях быстрорастущей инфраструктуры городов важной задачей является «вписывание» новых сооружений в существующее городское пространство. Архитекторы и проектировщики все более активно внедряют в практику трехмерное моделирование ситуации, рельефа и коммуникаций, которое позволяет более наглядно оценивать взаимосвязи между объектами. В статье предлагается технология создания трехмерных моделей городских территорий на основе данных наземного лазерного сканирования, которые могут сочетаться с результатами тахеометрической съемки и существующими картографическими материалами. Предлагаемая технология позволяет создавать трехмерные модели позволяющие значительно повысить качество проектирования инженерных объектов.

A.V. Seredovich, O.A. Dementyeva, Ye.I. Gorokhova
SSGA, Novosibirsk

3D MODELING OF THE CITY TERRITORIES SITES FOR ENGINEERING PROJECTS DESIGNING

Under the current conditions of the rapidly growing city infrastructure it is often important to “squeeze” new structures into the already existing city space. The architects and designers are doing their best to introduce 3D modeling of the situation, terrain and communications, which enables more vivid estimation of the interrelation between the projects. The article offers technologies for developing 3D models of the city territories on the basis the terrestrial laser scanning data, which may be combined with the tacheometric survey results and the existing map materials. The offered technology permits developing 3D models and, thus, improving the quality of engineering projects designing.

В современных условиях быстрорастущей инфраструктуры городов важной задачей является «вписывание» новых сооружений в существующее городское пространство. Архитекторы и проектировщики все более активно внедряют в практику трехмерное моделирование ситуации, рельефа и коммуникаций, которое позволяет более наглядно оценивать взаимосвязи между объектами. Существует несколько методов сбора исходных данных для моделирования, среди которых одним из наиболее эффективных является наземное лазерное сканирование (НЛС). Это связано с преимуществами НЛС:

бесконтактный способ получения информации, высокая точность измерений, высокая степень детализации, что актуально для работы на городской территории.

В Региональном центре лазерного сканирования СГГА разработана технология создания трехмерных моделей городских территорий на основе данных наземного лазерного сканирования, которые могут сочетаться с результатами тахеометрической съемки и существующими картографическими материалами [1]. Основные аспекты моделирования подобных объектов приведены в работах [2], [3].

Рассмотрим некоторые особенности моделирования некоторых объектов городских территорий.

При моделировании стен зданий и сооружений трудоемким процессом является создание оконных проемов. Для этого окна сначала моделируются в виде замкнутых полигонов, которые затем вырезаются из трехмерных моделей стен зданий. При этом следует учитывать, необходимы ли проектировщику оконные проемы или достаточно показать габариты здания с учетом выступающих элементов (балконы, козырьки и прочее) и крыши. На рис. 1 представлен фрагмент трехмерной модели городской территории, созданной для целей проектирования переходного моста. При выполнении данной работы оконные проемы не моделировались, а отображались только балконы, козырьки, лестницы, внешние элементы освещения.

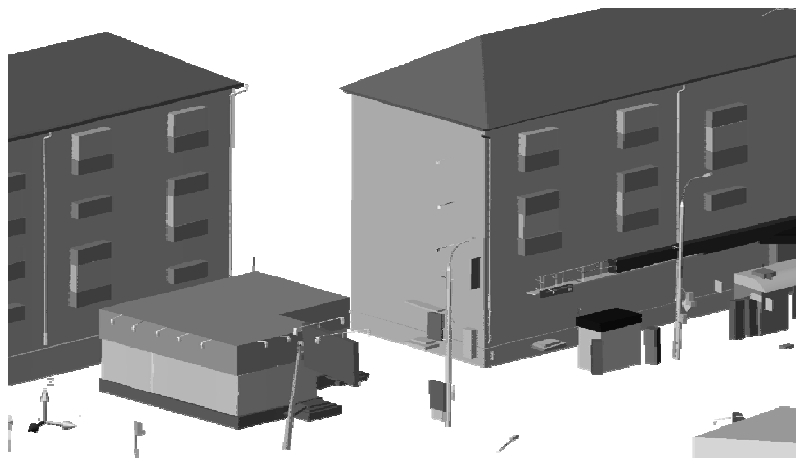


Рис. 1. Фрагмент трехмерной модели здания без оконных проемов

Как показывает опыт работ – большая часть времени тратится на построение моделей объектов, имеющих мелкие детали: ограждений, осветительных столбов, светофоров, дорожных знаков. Объекты одного типа по большей части имеют одинаковую форму, поэтому, опоры, например целесообразно строить в полуавтоматическом режиме, а остальные элементы размножить путем копирования и вписывания в точечную модель. На рис. 2 представлен пример трехмерных моделей фонарных столбов и ограждений.

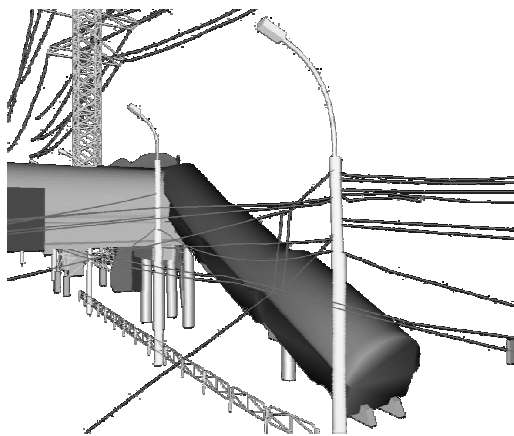


Рис. 2. Трехмерные модели
фонарных столбов и ограждений

Особое внимание следует уделить моделированию отдельно стоящих деревьев и кустарников. Предлагается выполнять моделирование ствола дерева в полуавтоматическом режиме, а контуры кроны показывать двумя полигонами. При этом полученная модель дерева точно опишет его местоположение и габариты в пространстве. На рис. 3 представлен фрагмент трехмерной модели с отдельно стоящими деревьями.

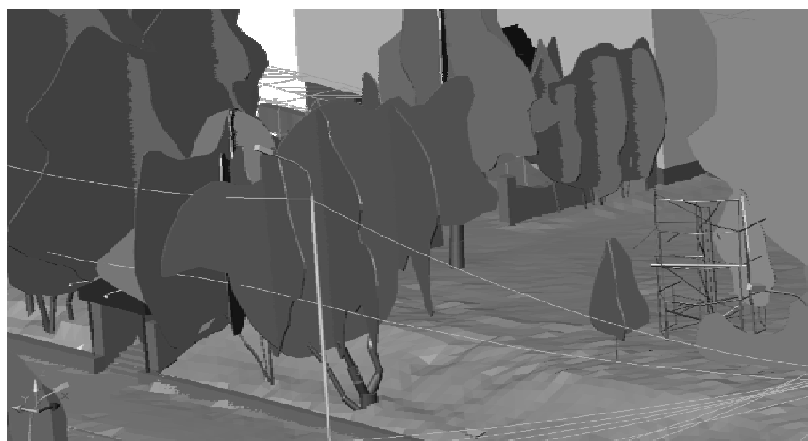


Рис. 3. Фрагмент трехмерной модели с отдельно стоящими деревьями

Для моделирования различных архитектурных элементов и крыш сложных форм предлагается строить каркас из отдельных линий, и в дальнейшем «заполнить» его полигонами.

Объекты имеющие сложную или неправильную геометрическую форму следует моделировать с использованием трехмерных полилиний и профилей, для точной передачи формы и сокращения времени работ. Этот метод зарекомендовал себя при моделировании каркасных конструкций, например опор ЛЭП и переходных мостов (рис. 4).

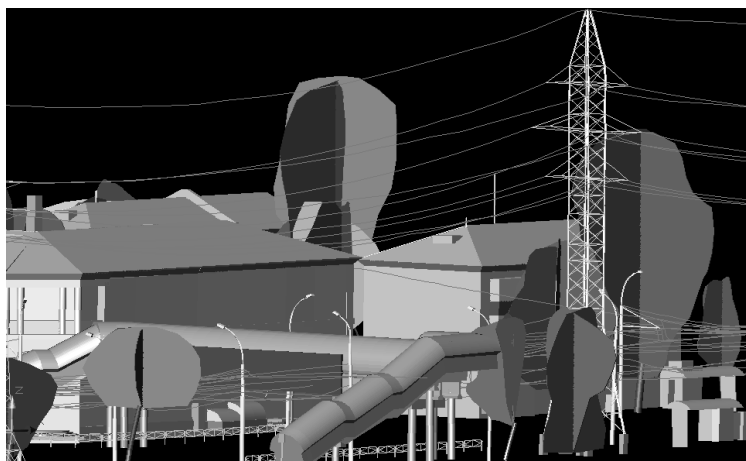


Рис. 4. Трехмерная модель опоры ЛЭП и пешеходного моста

Особое внимание следует уделить моделированию воздушных линий электропередачи и связи. Для этого предлагается следующий подход: оси проводов моделируются сперва на плоскости, а затем перемещаются по высоте до совмещения с точечной моделью. На рис. 5 представлен фрагмент трехмерной модели воздушных кабельных линий.

Цифровая модель рельефа (ЦМР) создается по методике, ранее описанной в работах [4] и [5], при этом элементы дороги, такие как бортовой камень и трамвайные пути моделируются аналогично с каркасными конструкциями (рис. 6).

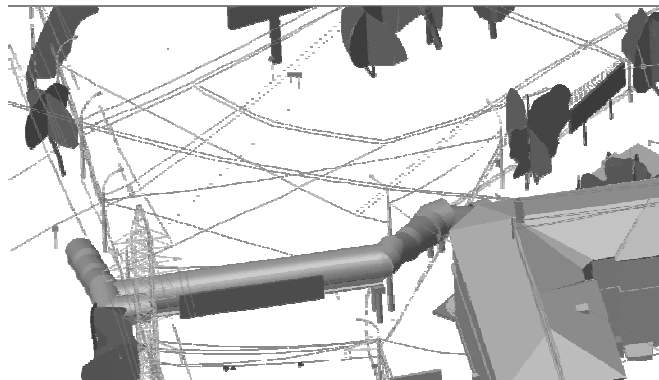


Рис. 5. Фрагмент трехмерной модели воздушных кабельных линий

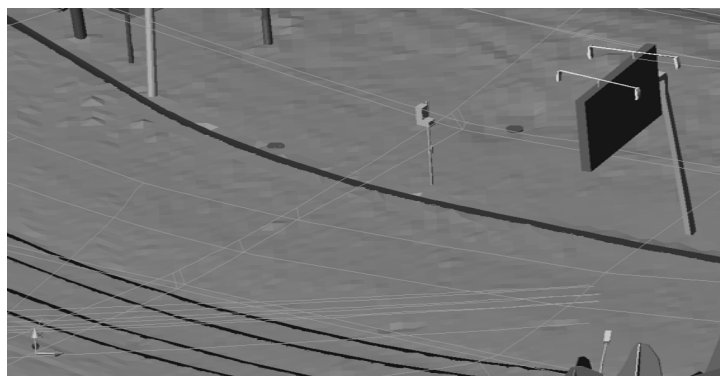


Рис. 6. Трехмерная модель проезжей части

Точечная модель не всегда позволяет дешифровать (особенно на проезжей части) наземные люки колодцев, сточные решетки. Поэтому их необходимо координировать иными методами (например, тахеометрическим). На рисунке 6 показана часть ЦМР с трехмерными моделями элементов дорожного полотна.

Создание трехмерных моделей подземных инженерных коммуникаций предлагается выполнять в следующей последовательности:

1. моделирование планового положения осей коммуникаций на основе традиционной съемки или топографических планов (векторных или растровых);
2. редактирование высотного положения узловых точек осей коммуникаций на;
3. построение трехмерных моделей коммуникаций путем «выдавливания» профилей по полученным трехмерным осям с учетом диаметров объектов.

На последней стадии ЦМР, трехмерные модели надземных и подземных объектов объединяются в единую трехмерную модель участка городской территории, пример которой представлен на рис. 7.

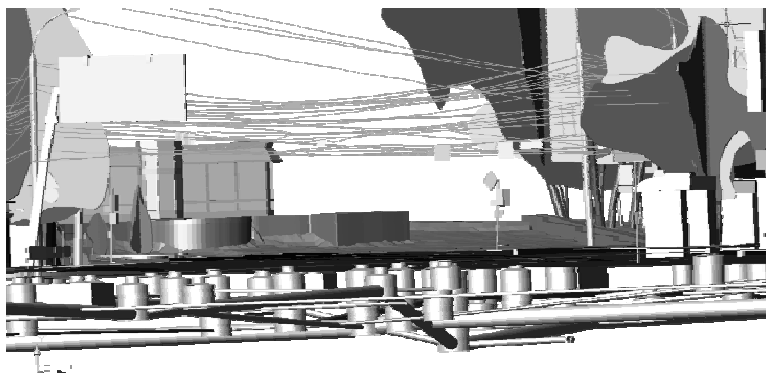


Рис. 7. Фрагмент объединенной трехмерной модели городской территории

Объекты трехмерной модели для дальнейшей работы необходимо разнести по тематическим слоям, для наглядности можно представить в разных цветах. Для придания реалистичности можно выполнить фототекстурирование элементов модели.

Предлагаемая технология позволяет создавать трехмерные модели позволяющие значительно повысить качество проектирования инженерных объектов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Середович, В.А. Особенности создания цифровых моделей городских территорий средствами наземного лазерного сканирования [Текст] / В.А. Середович, А.В. Середович, А.В. Комиссаров, А.В. Радченко, О.А. Дементьева, Л.К. Радченко, А.В. Усиков // Сб. матер.IV Международного научного конгресса «ГЕО-Сибирь-2009», 20-24 апреля 2009г., Новосибирск.- Новосибирск: СГГА, 2009. – 136 – 140.

2. Комиссаров, Д.В. Особенности обработки результатов наземного лазерного сканирования в программном продукте Cyclone [Текст] / Д.В. Комиссаров, О.А. Дементьева, Е.В. Миллер// ГЕО-Сибирь-2005. Т. 5. Геодезия, картография, маркшейдерия: Сб. материалов научн. конгресса «ГЕО-Сибирь-2005», 25-29 апреля 2005 г., Новосибирск. – Новосибирск: СГГА, 2005.- 210-212 с.

3. Комиссаров, А.В. Построение трехмерных моделей электроподстанций по данным наземного лазерного сканирования. [Текст] / А.В. Комиссаров, А.В. Середович, Т.А. Широкова, О.А. Дементьева, А.В. Иванов, В.А. Середович // GeoInfoCAD-Europe 2008. XII Международная научно-практическая конференция. «Методы дистанционного зондирования и ГИС-технологии для оценки состояния окружающей среды, инвентаризации земель и объектов недвижимости». 25 мая – 5 июня 2008 г., Италия. – Новосибирск, СГГА, 2008. – 73-78 с.

4. Комиссаров, А.В. Исследование точности построения цифровой модели рельефа по данным наземного лазерного сканирования [Текст] / А.В. Комиссаров// ГЕО-Сибирь-2006. Т. 1. Ч.2 Геодезия, картография, маркшейдерия: Сб. материалов научн. конгресса «ГЕО-Сибирь-2006», 24-28 апреля 2006 г., Новосибирск. – Новосибирск: СГГА, 2006. - С. 150-153.

5. Комиссаров, А.В. Применение наземного лазерного сканирования для планирования зон перспективного строительства. [Текст] / А.В. Комиссаров, О.А. Дементьева и др.// Геодезия и картография. 2009. – №10. – С. 13-16.

© А.В. Середович, О.А. Дементьева, Е.И. Горохова, 2010

УДК 528.5

*В.А. Середович, А.В. Иванов, А.В. Середович,
Е.И. Горохова, И.В. Бородулина, Е.В. Романович*
СГГА, Новосибирск

ПРИМЕНЕНИЕ НАЗЕМНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА И КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Проблема строительства и ремонта автомобильных дорог является актуальной, что связано со сложными климатическими условиями во многих регионах РФ. Данные работы достаточно дорогостоящи и технически сложны, что позволяет говорить о необходимости строгого контроля за расходованием строительных материалов и соблюдением технологий производства работ. Одним из средств решения таких задач может являться технология наземного лазерного сканирования, которая позволяет оперативно создавать трехмерные векторные модели дорожного полотна, подложки или рельефа на всех этапах работ.

*V.A. Seredovich, A.V. Ivanov, A.V. Seredovich,
Ye.I. Gorokhova, I.V. Borodulina, Ye.V. Romanovich*
SSGA, Novosibirsk

TERRESTRIAL LASER SCANNING APPLICATION FOR THE CONTROL OVER THE HIGHWAYS CONSTRUCTION AND MAJOR REPAIR

Due to the extreme climatic conditions in many of the regions of the R.F the problem of the motor roads construction and repair is an urgent one. The works of this kind being rather costly and technically complex, a close control over the use of construction materials and observation of the works technologies is required. One of the ways to solve these problems is terrestrial laser scanning application, which permits developing 3D vectoral models of the roadway, substrate or the terrain at all the stages of work.

Работы на автомобильных дорогах должны быть направлены на достижение их высоких транспортно-эксплуатационных качеств, и, по возможности, при минимальных материалоемкости и стоимости строительства и ремонта. При этом дорожное покрытие является одним из наиболее дорогих (затраты часто составляют более половины стоимости дороги в целом) и ответственных элементов автомобильных дорог, в значительной степени определяющих их стоимость и транспортно-эксплуатационные качества. От качества и текущего состояния дорожного покрытия во многом зависят надежность эксплуатации, эксплуатационные расходы, эстетические

достоинства дороги и безопасность движения. Поэтому, дорожное покрытие должно удовлетворять целому ряду требований: прочности, ровности, долговечности и экономичности.

Традиционные методы контроля строительства и ремонта дорог уже не удовлетворяют современным требованиям по точности и оперативности получения информации. Поэтому все большее распространение (актуальность) приобретают новейшие методы геодезических измерений.

В Региональном центре лазерного сканирования СГГА разработана и апробирована технология контроля строительства и ремонта автомобильных дорог на основе данных наземного лазерного сканирования, состоящая из следующих этапов.

1. Съёмка дорожного полотна с применением наземного лазерного сканера.

Съёмку дорожного полотна следует выполнять с точек, расположенных как можно выше относительно проезжей части. Для этого сканер необходимо помещать на прилегающие к дороге сооружения, использовать особенности рельефа или устанавливать его на крышу автомобиля. При наличии высокого транспортного потока сканирование на каждой станции необходимо выполнять в несколько сеансов для исключения теневых зон. Съёмку особенно загруженных участков целесообразно выполнять в ночное время. При создании планово-высотного обоснования, пункты закрепляются с учетом их максимальной сохранности, например в виде стенных реперов, что позволяет выполнять несколько циклов измерений. Для внешнего ориентирования сканов, особенно при отсутствии в сканере компенсатора или инклинометра (горизонтирующего устройства прибора), необходимо использовать не менее 6-8 сканерных марок, устанавливаемых по кругу на достаточном удалении от прибора. За счет такого расположения марок достигается более высокая точность горизонтирования и увязки сканов, что является важным условием для определения объемов дорожных работ. Результатом сканирования является точечная модель автомобильной дороги (рис. 1).



Рис. 1. Точечная модель автомобильной дороги

2. Фильтрация данных наземного лазерного сканирования.

Фильтрация точечной модели выполняется с целью удаления точек лазерных отражений, не принадлежащих поверхности дорожного полотна (рис. 2).

Этот этап работ является наиболее трудоемким. Для снижения трудозатрат при фильтрации необходимо пользоваться специализированными программными продуктами или узконаправленными прикладными программами, позволяющими автоматизировать данный процесс. В процессе фильтрации необходимо оставлять на точечной модели смотровые люки подземных коммуникаций, сточные решетки ливневой канализации, а также бордюрный камень, ограничивающий автомобильную дорогу.

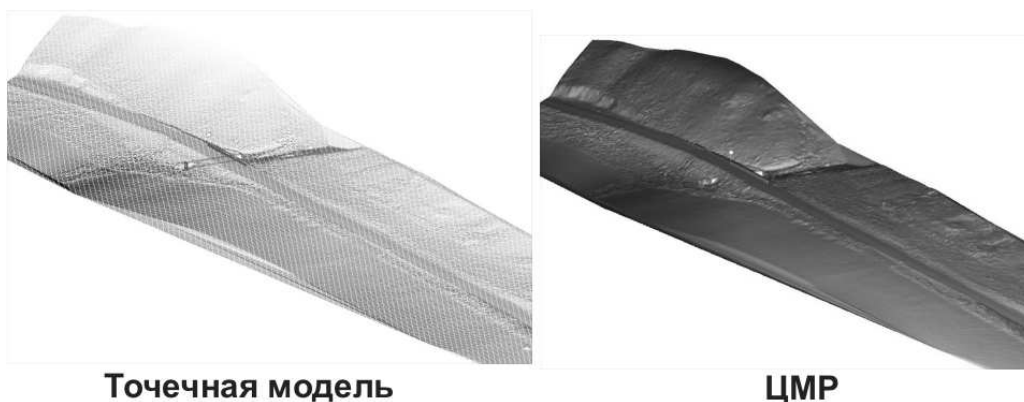


Рис. 2. Фильтрация данных лазерного сканирования

3. Представление результатов съемки автомобильной дороги

Полученная в процессе фильтрации точечная модель дорожного покрытия служит для создания полигональной трехмерной модели автомобильной дороги в виде TIN-поверхности, которая может использоваться для решения следующих задач:

а) Создание чертежей дорожного полотна, с рассечением горизонталями с любым заданным шагом. Выбор шага сечения необходимо подбирать в зависимости от особенностей дороги с таким учетом, чтобы отобразить дефекты и общую геометрию дорожного полотна (рис. 2);

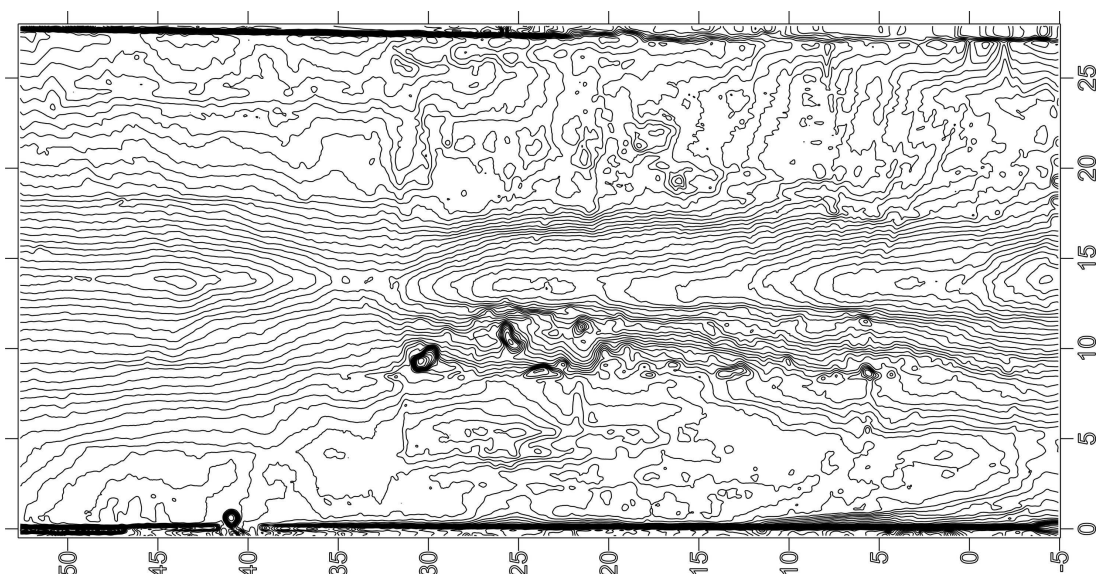


Рис. 2. Чертеж дорожного полотна с сечением горизонталями с шагом 1 см

б) Создание вертикальных продольных и поперечных сечений дорожного полотна. Сечения могут выполняться с любым заданным шагом. При этом существует возможность детализации наиболее поврежденных участков дороги (рис. 3);

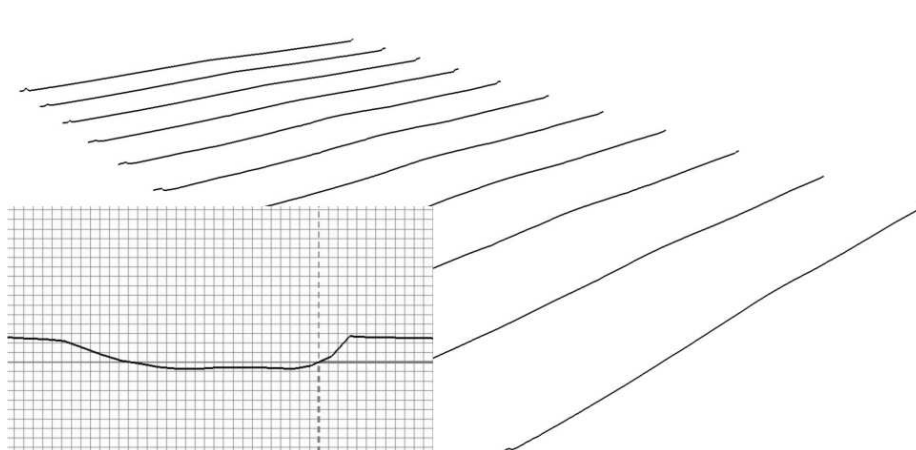


Рис. 3. Поперечные сечения дорожного полотна с детализацией наиболее поврежденных участков

в) Определение объемов ремонта. Данная задача решается на основе вычисления объема между трехмерными моделями дороги, полученными в результате нескольких циклов наблюдений (до и после ремонта автодорожного полотна). Таким образом можно контролировать фактический объем работ, выполненных дорожными службами;

Сотрудниками СГГА в 2009 г. была выполнена съемка дорожного полотна нескольких улиц г. Новосибирска с целью определения их состояния и подсчета объема ремонтных работ, в ходе которой проведена апробация представленной технологии. В результате работ определены следующие возможности

применения наземного лазерного сканирования при контроле строительства и ремонта автомобильных дорог:

1. Документирование состояния дорожного полотна с представлением отчетных материалов в виде трехмерных моделей и чертежей (горизонтальные сечения, продольный и поперечные профили);
2. Проектирование строительства и ремонта;
3. Контроль объемов строительства и ремонта, точный учет затраченных материалов.

© В.А. Середович, А.В. Иванов, А.В. Середович, Е.И. Горохова,
И.В. Бородулина, Е.В. Романович, 2010

УДК 528.73

А.С. Ессин, Э.Т. Хамитов

Западно-Сибирский филиал ФГУП «Госземкадастръёмка» – ВИСХАГИ, Омск

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ РЕЛЬЕФА ПО МАТЕРИАЛАМ ВОЗДУШНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ Г. ОМСКА

В статье приводятся результаты оценки точности цифровой модели рельефа, созданной по материалам воздушного лазерного сканирования.

A.S. Essin, E.T. Hamitov

West-Siberian Branch of FSUE «Goszemkadastrsjemka» – VISHAGI

4, Mira Avenue, Omsk, 644080, Russian Federation

THE CONSTRUCTION PRECISION RESEARCH OF DIGITAL RELIEF MODEL BY MATERIALS OF AERIAL LASER SCANNING OF OMSK URBAN AREAS

The article uncovers the results precision estimation of digital relief model, constructed with the usage of materials based on aerial laser scanning.

Создание планов застроенных территорий масштаба 1:500 – сложная производственная задача, обусловленная высокой детализацией и точностью конечной продукции. Стандартным решением для крупномасштабных съемок на больших площадях является аэрофотосъемка. Для получения контурной части плана, при аэрофотосъемке, используется стереотопографический метод [1], однако для высотной части, использование этого метода не всегда приемлемо. Причины этому – высокие технические требования и стоимость работ [3].

Альтернативой стереоскопической съемке, для получения информации о рельефе, является Воздушное Лазерное Сканирование (ВЛС), обеспечивающее более высокую производительность и меньшую стоимость [3]. Полевые работы по воздушному лазерному сканированию застроенной территории города Омска, площадью около 430 км², выполнены всего за девять летних дней.

Расчеты необходимой точности цифровой модели рельефа (ЦМР) были сделаны согласно Инструкции по фотограмметрическим работам при создании топографических планов и карт. Средние погрешности съемки рельефа, при высоте сечения 0,5 метра, не должны превышать 0.125 метра [2].

Исходя из этого приняты следующие параметры сканирования:

- Средняя высота полета, над плоскостью рельефа, 600 м;
- Средняя плановая точность лазера 0,24 м;
- Средняя высотная точность лазера 0,12 м;

- Средняя плотность точек 6,1 шт/м²;
- Лазерный сканер ALS50-II.

По окончанию съемочного процесса, важной задачей стало исследование фактической точности ЦМР, построенной по данным ВЛС. Исследование точности производилось на основании данных полевой досъемки ситуации и рельефа. Для оценки точности были взяты отметки точек стояния приборов и верхние отметки люков колодцев, всего 217 измерений на пятнадцати досъемочных участках.

В результате исследования средняя квадратическая погрешность [4] созданной ЦМР, составила 0,086 метра. Доля грубых ошибок составила 3,7%, при допуске 5% [4]. Значения средней и систематической ошибок - 0,067 метра и 0,028 метра соответственно.

Выполненное исследование подтвердило целесообразность использования воздушного лазерного сканирования для создания цифровых моделей рельефа при обновлении топографических планов застроенных территорий масштаба 1:500 с высотой сечения 0.5 метра.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Инструкция по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. М.: Недра, 1982г.
2. Инструкция по фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических карт и планов. М., 2002, 100 с. (Федеральная служба геодезии и картографии России).
3. Медведев Е.М., Данилин И.М., Мельников С.Р. Лазерная локация земли и леса: Учебное пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Геолидар, Геоскосмос; Красноярск: Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, 2007. – 230 с.: илл. 160;
4. Романовский В.И. Математическая статистика: Кн. – 2– Таш.: 1963.

© А.С. Ессин, Э.Т. Хамитов, 2010

УДК 528.5

В.А. Середович, А.В. Иванов, А.В. Середович, А.В. Усиков

СГГА, Новосибирск

А.П. Манеев

ООО «РЭТ», Новосибирск

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРЕНА И ДЕФОРМАЦИЙ ДЫМОВЫХ ТРУБ СРЕДСТВАМИ НАЗЕМНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ

Дымовые трубы теплоэлектростанций (ТЭС) являются сложными инженерными высотными сооружениями. Геодезический контроль кренов, осадок и деформаций таких сооружений является неотъемлемой частью условия их эксплуатации. В статье приведен опыт выполнения работ по определению крена и деформаций дымовых труб ТЭС с применением наземного лазерного сканирования и оптическим способом.

V.A. Seredovich, A.V. Ivanov, A.V. Seredovich, A.V. Usikov

SSGA, Novosibirsk

A.P. Maneyev

Public corporation «RAT», Novosibirsk

DETERMINATION OF CHIMNEYS HEELS AND DEFORMATIONS BY TERRESTRIAL LASER SCANNING

The chimneys of thermoelectric power stations are complex engineering high-rise structures. The geodetic control of heels, settlements and deformations of such structures is an essential part in their operation. The article presents the experience of works on determining the heels and deformations of thermoelectric power stations chimneys by the terrestrial laser scanning and optical devices.

Дымовые трубы теплоэлектростанций (ТЭС) являются сложными инженерными высотными сооружениями. Геодезический контроль кренов, осадок и деформаций таких сооружений является неотъемлемой частью условия их эксплуатации и обязательной составной частью комплексного обследования и экспертизы промышленной безопасности дымовых труб, [1, 2, 3, 4].

На сегодняшний день определение крена дымовых труб производится следующими геодезическими методами [5]:

- Способ координат;
- Способ направлений (горизонтальных углов);
- Способ малых углов;
- Способ наклонного проектирования;
- Способ зенитных расстояний.

Наибольшее распространение получил способ направлений (горизонтальных углов), особенно его частный случай, приведенный в [5], когда наблюдения выполняются с двух направлений, расположенных под прямым углом. Данный способ несомненно обладает рядом преимуществ: возможность работы на площадках с плотной застройкой, относительная простота проектирования точек наблюдений и выполнения измерений. Основную сложность при наблюдении дымовых труб оптическими методами представляет корректность определения оси сооружения, так как наружные стенки кирпичных и бетонных труб представляют собой достаточно неровную поверхность с локальными наплывами бетона и местными деформациями. Для снижения влияния данного фактора можно увеличивать количество поясов, на которые выполняются наблюдения и точек стояния теодолита (тахеометра), что увеличивает сроки работ и не всегда возможно, в связи плотной застройкой территории.

Особенности наземного лазерного сканирования позволяют говорить о возможности применения данного метода для определения крена и деформаций дымовых труб. Результатом съемки в данном случае будет являться трехмерная модель, состоящая из множества точек, измеренных по внешней поверхности трубы. Данный способ имеет следующие преимущества:

- В процессе работ нет необходимости удаляться на значительное расстояние от трубы, так как угол поля зрения большинства современных наземных лазерных сканеров позволяет выполнять панорамную съемку;
- С каждой точки стояния сканера можно выполнять измерения одновременно нескольких труб;
- Высокая плотность точечной модели позволяет определять деформации любого участка поверхности трубы и точно определять ее ось на любом уровне;
- Длительность съемки не больше, чем при оптических наблюдениях.

В качестве недостатков наземного лазерного сканирования можно определить следующее:

- В нормативных документах не определена возможность измерения дымовых труб данным способом;
- Дорогостоящее оборудование и программное обеспечение для обработки данных.

В 2010 г. СГГА в рамках хоздоговорной работы выполнены работы по определению кренов и деформаций трех дымовых труб Иркутской ТЭЦ-9 (высотой от 150 до 250 м) при помощи наземного лазерного сканера Riegl LMS-Z420. Общая технология сканерной съемки, в соответствии с которой велись работы достаточно подробно описана в работах [6], однако в данном случае имели место некоторые особенности. В связи с большой высотой труб и загруженностью территории возник вопрос об обеспечении прямой видимости. Так как сканер Riegl LMS-Z420 имеет угол поля зрения в горизонтальной

плоскости 80° , применялась подставка, позволяющая выполнять сканирование по вертикали за счет наклона прибора. Это увеличило количество точек стояния, необходимое для съемки всех дымовых труб. При использовании панорамных сканеров данная проблема будет решена. Сложность с прямой видимостью также возникла при съемке сторон труб, обращенных в сторону главного корпуса ТЭЦ, и закрытых газоходами. Поэтому приходилось выполнять сканирование с земли на очень ограниченном пространстве между трубой и главным корпусом, при этом не было возможности расположить сканерные марки на большом удалении от сканера. Однако, результаты уравнивания сканов показали, что и при такой геометрии марок точность внешнего ориентирования по 8 маркам находится в пределах от 25 до 52 мм и сопоставима со стандартной схемой их расположения, приведенной в [6]. Сканирование выполнено с 8 станций, общее время работ составило порядка 6 часов. В рамках этой работы было также выполнено определение кренов труб методом горизонтальных направлений (углов), описанном в [5] и тепловизионное обследование. При тепловизионном обследовании выявлялись дефекты изменяющие термическое сопротивление конструктивных слоев дымовой трубы, проявляющиеся в виде неоднородности температурных полей на внешней поверхности оболочки ствола.

Обработка данных наземного лазерного сканирования выполнена в следующем порядке:

1. Формирование единых точечных моделей для каждой из дымовых труб;
2. Создание трехмерных полигональных моделей дымовых труб (рис. 1);
3. Построение сечений по модели дымовых труб с шагом 1,25 м (рис. 2);
4. Вычисление положения оси труб с шагом 1,25 м на основании построенных сечений. Данный шаг был принят с учетом высоты щитов переставной опалубки, которая использовалась при возведении ж.б. оболочек труб.

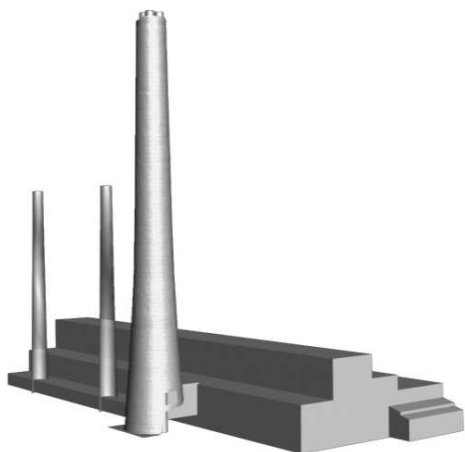


Рис. 1. Трехмерные модели дымовых труб ТЭЦ

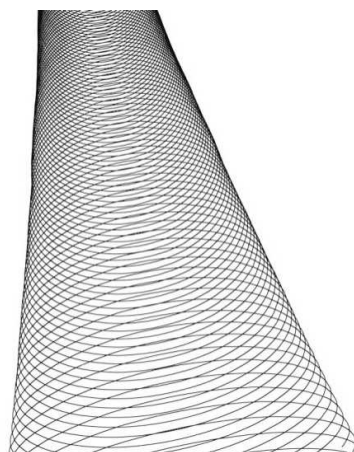


Рис. 2. Сечения трубы с шагом 1,25 м

Обработка данных традиционных геодезических измерений выполнена в следующей последовательности:

1. Обработка данных геодезических наблюдений;
2. Вычисление частных кренов по двум направлениям для каждой трубы;
3. Вычисление полной величины крена и его составляющих по осям x, y графическим способом.

Опыт выполненных работ позволяет выполнить сравнение оптического метода (способа направлений) и наземного лазерного сканирования для определения крена и деформаций дымовых труб, основные позиции которого заключаются в следующем:

- Время выполнения измерений для обоих способов сопоставимы;
- Расхождения между значениями крена, полученными обоими способами в большинстве случаев находятся в пределах ± 50 мм (рис. 3).

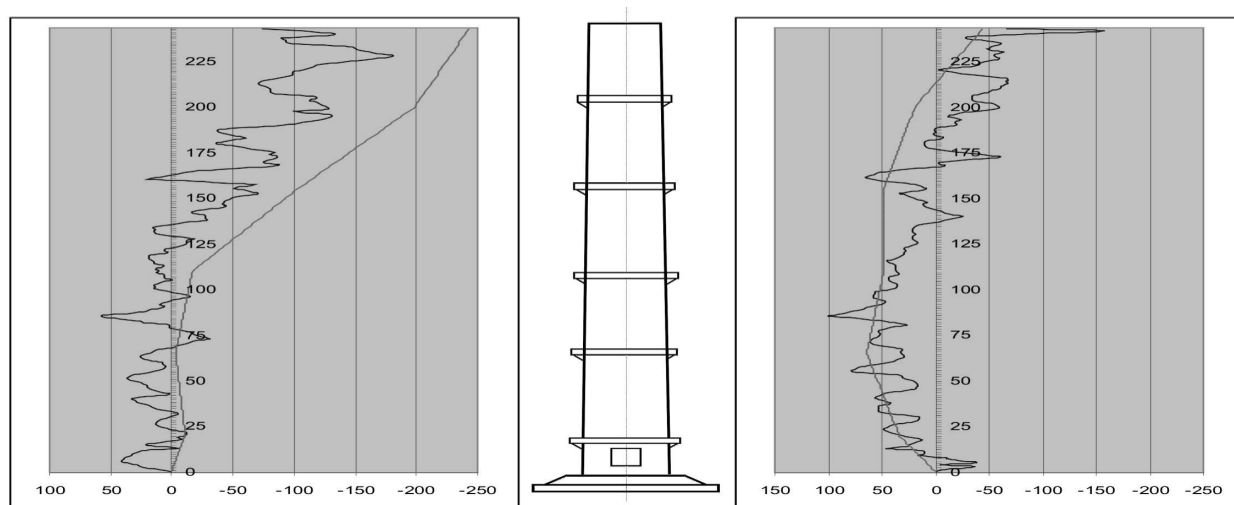


Рис. 3. Графики крена осей дымовой трубы построенные по данным оптических наблюдений и наземного лазерного сканирования

- Наземное лазерное сканирование позволило проверить фактические диаметры ж. б. стволов по всей высоте, выполнить высотную привязку светофорных площадок, выявить и установить расположение местных отклонений образующей ствола и отклонения толщины ж.б. оболочки от проектной;
- Возможности анализа характера и причин деформаций дымовых труб при сканерной съемки значительно увеличиваются;
- Полученная информация имеет важное значение при обработке результатов тепловизионного обследования.

Данная тема несомненно требует более глубокого анализа, который будет выполнен в последующих работах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ПБ 03-445-02. Правила безопасности при эксплуатации дымовых и вентиляционных промышленных труб.

2. РД 34.20.328-95. Методика обследования дымовых труб тепловых электростанций.

3. СО 153-34.21.322-2003. Методические указания по организации и проведению наблюдений за осадкой фундаментов и деформациями зданий и сооружений строящихся и эксплуатируемых тепловых электростанций.

4. СП 13-101-99. Правила надзора, обследования, проведения технического обслуживания и ремонта промышленных дымовых и вентиляционных труб.

5. Жуков Б.Н. Геодезический контроль сооружений и оборудования промышленных предприятий: Монография. – Новосибирск: СГГА, 2003. – 356 с.

6. Середович, А.В. Построение цифровых топографических планов объектов нефтедобычи с применением наземного лазерного сканирования [Текст] / А.В. Середович // Сб. материалов науч. конгр. «Гео-Сибирь-2006», 24-28 апр. 2006 г., т. 1, ч. 2, СГГА, г. Новосибирск.– Новосибирск, 2006.– С.160-164

© В.А. Середович, А.В. Иванов, А.В. Середович,
А.В. Усиков, А.П. Манеев, 2010

УДК 528.721.221.6:528.8.042

А.К. Аманова, Т.А. Широкова, А.В. Комиссаров
СГГА, Новосибирск

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ТРЕХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ СИТУАЦИИ И РЕЛЬЕФА ГОРОДСКОЙ ТЕРРИТОРИИ ПО ДАННЫМ НАЗЕМНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ Г. ТОМСКА

Цифровые трехмерные модели объектов ситуации и рельефа могут быть созданы различными методами, в том числе и с помощью данных наземного лазерного сканирования. Поскольку метод наземной лазерной съемки является сравнительно новым, для его практического использования необходимо разрабатывать как технологии выполнения лазерного сканирования объектов, так и методики обработки сканерных данных для построения цифровых моделей местности с учетом особенностей объектов съемки и решаемых задач.

A.K. Amanova, T.A. Shirokova, A.V. Komissarov
SSGA, Novosibirsk

DEVELOPMENT OF 3D MODELING TECHNIQUES FOR THE OBJECTS OF URBAN LANDS SITUATION AND RELIEF USING THE DATA OF TERRESTRIAL LASER SCANNING IN TOMSK

Digital 3D models of situation and relief objects may be developed by different ways including terrestrial laser scanning data. As the method of terrestrial laser scanning survey is rather new, its practical application requires the development of the new technologies for object laser scanning and those for scanning data processing, to be used for digital terrain models development taking into account the features of survey objects and the problem to be solved.

Трехмерное моделирование городов по данным наземного лазерного сканирования открывает новые горизонты для проектирования объектов любой величины и сложности. Например, еще до начала строительства можно оценить визуально и математически как новое здание будет согласовываться с соседними постройками, как оно будет выглядеть с различных ракурсов, учитывая ландшафт местности.

В 2008 г. сотрудниками регионального центра лазерного сканирования была выполнена съемка центральной части г. Томска наземными лазерными сканерами Riegl LMS-Z210 и Riegl LMS-Z420i [1], на которую по полученным сканерным данным с использованием программных продуктов (ПП) - Riscan PRO, Cyclone 5.2, Surfer 7.0, 3D Studio MAX построена цифровая трехмерная модель.

В процессе обработки результатов сканирования было установлено, что моделирование объектов ситуации городской территории процесс достаточно сложный, так как город насыщен большим количеством инженерных сооружений различного содержания, назначения, различной формы и размеров. Для векторизации точечной модели была предложена методика, в которой с учетом особенностей объектов ситуации используется два способа моделирования: путем вписывания в массив точек геометрических тел и примитивов и «выдавливания» трехмерных моделей объектов по построенным осям (рис. 1) [2].

Для построения трехмерных векторных моделей объектов ситуации использованы различные режимы вписывания в массив точек геометрических примитивов и тел, а именно: автоматический, полуавтоматический и интерактивный. В результате исследований разработаны практические рекомендации по применению режимов моделирования для создания моделей объектов городской территории.

Трехмерное моделирование стен зданий, колонн, заборов, ограждений, а также объектов, отсканированных с высоким разрешением, следует выполнять в автоматическом режиме. Этот способ создания векторных моделей объектов ситуации, имеющих геометрически правильную форму, наиболее точен, так как размер и положение объекта вычисляются математически по алгоритмам, реализованным в программном продукте для обработки данных наземного лазерного сканирования (в исследованиях применялся ПП Cyclone 5.2).

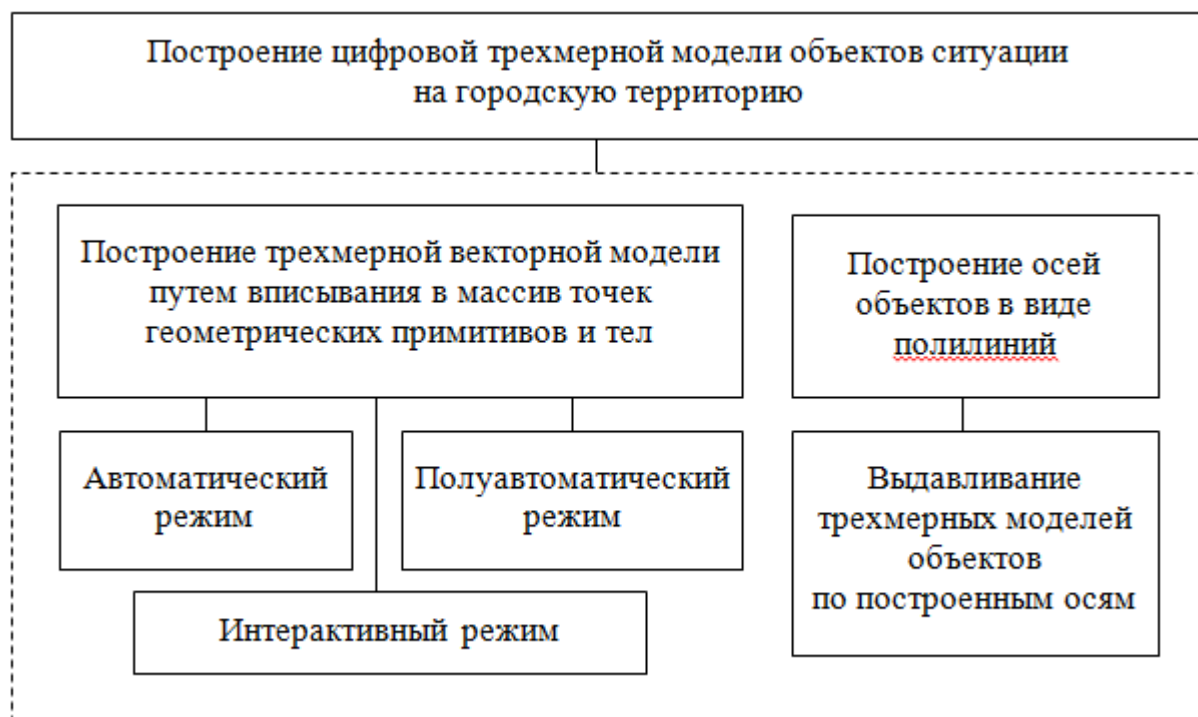


Рис. 1. Методика создания трехмерных моделей объектов ситуации городской территории

Полуавтоматический режим рекомендуется использовать при моделировании столбов линий электропередач и участков точечной модели с

большой загруженностью. Вписывание геометрического примитива в массив точек в этом случае упрощается за счет удаления точек, не принадлежащих объекту, векторная модель которого создается.

Интерактивный режим построения трехмерной модели следует применять для моделирования светофоров, фонарных столбов, мелких деталей объектов или при наличии сканерных данных низкого качества. В этом случае сначала в соответствии с формой моделируемого объекта, по указанию оператора, создается геометрическое тело или примитив. Затем выполняется редактирование его положения и параметров относительно точечной модели.

Когда объекты имеют сложную или неправильную геометрическую форму (например, купола архитектурных сооружений), то их моделирование эффективнее выполнять с использованием трехмерных полилиний и чертежей профилей. Сущность метода заключается в построении осей элементов объектов в виде полилиний, по которым затем выполняется «выдавливание» трехмерных конструкций [3]. Это позволяет с высокой точностью передать форму моделируемого объекта и значительно сократить время на обработку результатов сканирования.

При создании цифровых моделей местности (ЦММ) на городскую территорию необходимым процессом для достижения наибольшей реалистичности создаваемых трехмерных моделей зданий и сооружений является моделирование оконных проемов. Для этих целей по разработанной в ходе проведенных исследований методике окна сначала отрисовываются в виде замкнутых полигонов, которые затем вырезаются из трехмерных моделей стен зданий. Также разработана методика векторизации воздушной линии электропередач. При этом сначала оси проводов изображаются в плане в виде полилиний, а затем их положение редактируется по высоте путем совмещения с точечной моделью.

Для создания близких к реальным цифровых моделей местности городов следует также выполнять моделирование крупной древесной растительности. При обработке сканерных данных модель каждого дерева создается следующим образом: сначала в автоматическом или полуавтоматическом режиме строится модель ствола дерева в виде примитива «цилиндр», а затем в интерактивном режиме моделируется крона в виде двух взаимнопересекающихся плоскостей.

Цифровая модель рельефа (ЦМР) является неотъемлемой частью ЦММ городских территорий, поэтому выбор метода создания ЦМР является обязательным аспектом 3D-конструирования моделей городов [4]. Так как городская местность содержит большое количество зданий и сооружений, то в этом случае построить цифровую модель рельефа по методике, основанной на применении различных фильтров для удаления точек, не принадлежащих поверхности земли, нецелесообразно, потому что после фильтрации появляется большое количество пропусков в точечной модели, и ЦМР строится не корректно. В связи с этим разработана методика моделирования рельефа городской территории, приведенная на рис. 2.

В соответствии с данной методикой (рис. 2) в ПП Cyclone 5.2 в пределах всей моделируемой территории выполняется рисовка полилиний, описывающих

форму рельефа по профилям, отстоящим друг относительно друга на расстоянии 2 м. Затем по полилиниям производится набор исходных точек с координатами X_{BH}, Y_{BH}, Z_{BH} для построения ЦМР. Для этого параллельно плоскости $X_{BH} Y_{BH}$ устанавливается равномерная сетка с шагом 3 м, по которой с использованием функции Create Object указываются точки на пересечении нарисованных полилиний и линий сетки, а также в характерных местах рельефа. По координатам этих точек в программе Surfer строится регулярная сетка высот, с использованием которой в ПП Cyclone создается трехмерная модель рельефа в виде Mesh-поверхности.

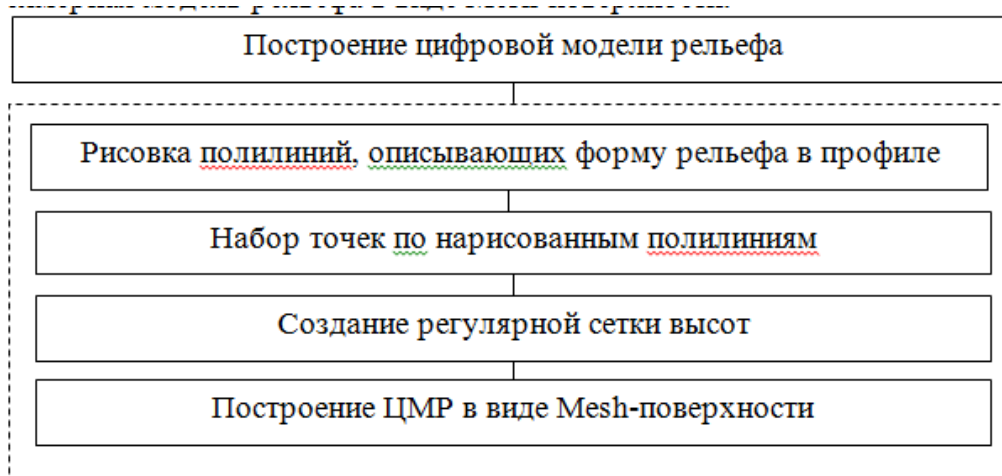


Рис. 2. Методика создания цифровой модели рельефа на городскую территорию

По предложенной методике трехмерного моделирования объектов ситуации и рельефа построена ЦММ на территорию ул. Ленина в г. Томске.

На последнем этапе выполнено оформление цифровой модели местности. В ПП Cyclone все объекты были окрашены в цвета, близкие к реальным. На модели некоторых зданий в ПП 3D Studio MAX наложена фототекстура (рис. 3). Для этих целей использовались снимки, полученные цифровой неметрической камерой.



Рис. 3. Фрагмент цифровой модели местности по ул. Ленина в г. Томске с нанесенными текстурами

При оценке точности созданной ЦММ участка городской территории вычислены средние квадратические ошибки построения моделей объектов ситуации и рельефа, которые составили 0,016 м и 0,056 м соответственно.

По построенной цифровой трехмерной модели можно измерять координаты любой точки местности, определять линейные размеры, площади и объемы объектов, а также решать задачи градостроительства, связанные с планировкой, застройкой и благоустройством территорий.

Созданная ЦММ на территорию ул. Ленина в г. Томске передана в департамент архитектуры и градостроительства мэрии г. Томска для ландшафтного проектирования и проектирования строительства. Практическое использование данной модели при проведении строительных или реконструкционных работ позволит проектировать объекты различной величины и сложности и оценивать, как новые или отреставрированные здания и сооружения будут вписываться в силуэт города.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Особенности создания цифровых моделей городских территорий средствами наземного лазерного сканирования [Текст] / В. А. Середович и др. // ГЕО-Сибирь-2009. Т. 1. Ч. 1. Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия: сб. материалов V междунар. науч. конгр., 20 – 24 апр. 2009 г., Новосибирск. – Новосибирск: СГГА, 2009. – С. 136 – 140.

2. Аманова, А. К. Технология создания цифровых топографических планов и моделей местности по данным наземного лазерного сканирования для решения задач градостроительства [Текст] / А. К. Аманова, Е. В. Романович, И. В. Бородулина // Сб. тез. докл. Новосиб. межвуз. науч. студен. конф. «Интеллектуальный потенциал Сибири» – Ч. 2, 20 – 21 мая 2009 г. – Новосибирск, 2009. – С. 66 – 67.

3. Построение трехмерных моделей электроподстанций по данным наземного лазерного сканирования. [Текст] / А. В. Комиссаров и др. // Сб. материалов XII междунар. науч.- практ. конф., 29 мая – 5 июня 2008 г. – Новосибирск: СГГА, 2008. – С. 73 – 78.

4. Трехмерное моделирование и фотореалистичная визуализация городских территорий [Электронный ресурс]: офиц. сайт интернет-журнала «ARCREVIEW». – Режим доступа: http://www.dataplus.ru/Arcrev/Number_25/12_model.htm.

© А.К. Аманова, Т.А. Широкова, А.В. Комиссаров, 2010

УДК 65.012.23:65.011.56

УДК 528.2/.5

Н.В. Мамонова, А.В. Иванов

НГТУ, СГГА, Новосибирск

ПРИМЕНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ НАЗЕМНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ПОСТРОЕНИЯ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПРЕДПРИЯТИЯ В ЗАДАЧАХ СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

В статье рассмотрен общий подход к применению метода наземного лазерного сканирования для разработки имитационной модели логистических объектов предприятия. Представлен обобщенный алгоритм разработки логистической стратегии предприятия. Сформулированы возможности практического применения полученных результатов для целей разработки логистической стратегии предприятия.

N.V. Mamonova, A.V. Ivanov

Novosibirsk State technical university, SSGA, Novosibirsk

APPLICATION OF TERRESTRIAL LASER SCANNING DATA FOR SIMULATION MODELING OF THE ENTERPRISE LOGISTICS SYSTEM IN THE CONTEXT OF THE STRATEGIC PLANNING

The general approach to the terrestrial laser scanning application for simulation modeling of the enterprise logistics objects is considered. The generalized algorithm for the enterprise logistics strategy development is presented. The possibility of using the obtained results for the enterprise logistics strategy development is stated.

Логистика – наука о планировании, контроле и управлении различных предприятий, организации совместной деятельности сотрудников функциональных ключевых подразделений предприятия, а также группы предприятий по продвижению продукции по цепи поставок на основе интеграции и координации функций по обслуживанию потребителей в целях минимизации общих затрат ресурсов предприятия.

Организация эффективной работы логистической системы предприятия является одним из ключевых факторов повышения его конкурентоспособности в современных рыночных условиях. Правильное выстраивание логистики позволяет минимизировать существенный объем издержек, увеличить рентабельность предприятия за счет сокращения товарных запасов, увеличения оборачиваемости оборотного капитала, оптимального использования складских и транспортных мощностей предприятия, предложить потребителям качественный логистический сервис.

Разработка логистической стратегии предприятия связана с рядом следующих особенностей:

- Управленческие решения принимаются в условиях жесткого ограничения по времени;
- Большинство решений принимается в ситуациях, ранее не встречавшихся, поскольку полное совпадение ситуаций в экономической или политической области – событие практически невероятное. Уникальные ситуации обладают вероятностным характером исхода;
- Выбор вариантов действий происходит, как правило, в условиях высокой степени неопределенности, связанной как со случайным характером управляемого процесса, так и с неоднозначностью целей, критериев, альтернатив действий и их последствий.

В результате приходится иметь дело с “субъективными” вероятностями исходов событий, что влечет к низкой эффективности принимаемых решений.

Сложность принятия управленческих решений указывает на актуальность построения имитационной модели логистической системы предприятия, которая позволит оценить реализуемость и обоснованность поставленных глобальных целей всей логистической системы и локальных целей каждого из ее элементов.

Под элементом логистической системы понимается функционально обособленный объект, не подлежащий дальнейшей декомпозиции в рамках поставленной задачи анализа и синтеза логистической системы, выполняющий свою локальную целевую функцию, связанную с выполнением определенных логистических функций [3].

В качестве элементов могут выступать предприятия и их структурные подразделения, участвующие в продвижении материальных потоков по логистической цепи от точки их зарождения до момента потребления (поставщики сырья и комплектующих, производственные предприятия, дистрибьюторы и оптово – розничные компании, логистические операторы).

Под имитационным моделированием понимается деятельность по разработке программных моделей реальных или гипотетических систем, выполнение этих программ на компьютере и анализ результатов компьютерных экспериментов по исследованию поведения моделей [2].

Данное моделирование производится при помощи специализированных программных средств, позволяющих на выходе получить результаты точность и вероятность которых будут напрямую зависеть от количества и качества введенной семантической и пространственной информации.

Теоретические исследования в области сбора и обработки пространственной информации показали, что рациональнее всего прибегнуть к геодезическим методам, а именно использовать наиболее современную на данный момент технологию наземного лазерного сканирования (НЛС).

Наиболее значимые причины выбора метода НЛС для получения пространственной информации:

1. Отсутствие обновленных материалов геодезических топографических съемок;
2. Высокая автоматизация процесса сбора пространственной информации;
3. Максимально возможная точность и детальность.

Сущность НЛС заключается в измерении с высокой скоростью расстояний от прибора (сканера) до объектов съемки и регистрации соответствующих направлений (вертикальных и горизонтальных углов). Принципы реализации НЛС соответствуют принципам работы с электронными тахеометрами. Однако НЛС позволяет выполнить тотальную съемку объекта, а не его отдельные характерные точки, что определяет НЛС как съемочную систему, результатом работы которой является трехмерное изображение.

Полученные результаты НЛС несут чрезвычайно большой объем информации и являются избыточными. Данная информация обладает статистической избыточностью, заключающейся в том, что соседние элементы изображения повторяют друг друга. Если применить теорему Котельникова – Шиннона, согласно которой «произвольный сигнал, спектр которого не содержит частот выше f_B (где f_B – максимальная частота), может быть полностью восстановлен, если известны отсчетные значения этого сигнала, взятые через равные промежутки времени $1/(2f_B)$ », то следует, что наземное лазерное сканирование является непрерывным способом получения информации об объекте съемки, так как обычно пространственное разрешение сканирования выше, а угловой шаг сканирования меньше ошибки определения координат отдельных точек наземным лазерным сканером. Другой тип избыточности сканерных данных определяется их «семантической» природой, позволяющей при обработке изображения учитывать особенности организации реального мира.

Помимо избыточности получения информации также необходимо отметить следующие достоинства НЛС:

- а) Трехмерная визуализация в режиме реального времени, позволяющая на этапе производства полевых работ исключить пропуск получения данных;
 - б) Неразрушающий метод получения информации;
 - в) Высокая точность измерений;
 - г) Принцип дистанционного получения информации обеспечивает безопасность исполнителя при съемке труднодоступных и опасных районов;
 - д) Высокая производительность, как следствие сокращения времени полевых работ;
 - е) Возможность выполнения работ при любых условиях освещения;
 - ж) Возможность использования НЛС для получения пространственных данных, как закрытых логистических объектов, так и протяженных по площади открытых участков местности;
- з) Высокая степень детализации [4].

Полный комплекс работ НЛС условно можно представить из двух частей, а именно:

- Полевая часть;

- Камеральная часть.

В ходе полевой части работ производится выезд специалистов подготовка и непосредственное сканирование одного или нескольких интересующих объектов.

В камеральную часть входит предварительная обработка результатов сканирования с целью получения единого массива данных, а также заключительная обработка, в ходе которой результаты НЛС можно представить в виде пространственных векторных моделей с возможностью последующего экспорта в САД или ГИС систему.

На основе проведенного теоретического исследования возможностей НЛС и поставленной задачи построения логистической стратегии предприятия был разработан обобщенный алгоритм, учитывающий этап формирования модели логистической системы на основе полученных данных наземного лазерного сканирования (рис. 1).

Представленный алгоритм состоит из трех основных этапов:

Этап 1 определяет минимально-допустимый состав и характеристики элементов логистической системы, как внутренних подразделений предприятия, так и внешних контрагентов и посредников, задействованных в обеспечении исходным сырьем, запасными частями и комплектующими для производства, а также в продвижении продукции до конечного потребителя.

На данном этапе происходит формализация целей моделирования, подготовка и проведение полевых работ по наземному лазерному сканированию, камеральная обработка данных НЛС и экспорт исходной пространственной информации.

Завершающий шаг алгоритма этапа 1 - построение имитационной модели логистической системы предприятия в стандартах одной из существующих программных систем моделирования. Для его реализации авторы статьи предлагают использовать одно из наиболее популярных программных решений - AnyLogic.

Этап 2 предназначен для оценки и сравнения альтернативных вариантов реализации целей моделирования и выбора наилучшей альтернативы.

Этап 3 подразумевает выработку управленческих решений для построения логистической стратегии, согласно выбранной на предыдущем этапе альтернативы.

Результаты моделирования логистической системы позволят предприятию:

- Разработать/реорганизовать наилучшую конфигурацию зданий, сооружений, включая технологические зоны складских мощностей, погрузочно-разгрузочные доки, инфраструктурные сооружения на территории логистических объектов (количество, состав, характеристики, ограничения и особенности);
- Спланировать конструкции и конфигурации мест хранения товара на складских объектах (подбор типов конструкций, схема расстановки и возможных модификаций);
- Разработать требования к технологическому оборудованию логистических объектов, программному и аппаратному обеспечению (подбор

характеристик и количества оборудования, разработка схем движения внутрискладского транспорта, функционал ПО и АО);

- Разработать (для новых объектов) и реорганизовать (для существующих объектов) правила выполнения технологических операций, сформировать схемы логистических бизнес – процессов;

- Рассчитать оптимальное количество персонала для обслуживания существующих и планируемых к строительству логистических объектов;

- Разработать архитектурно – планировочное решение новых объектов.

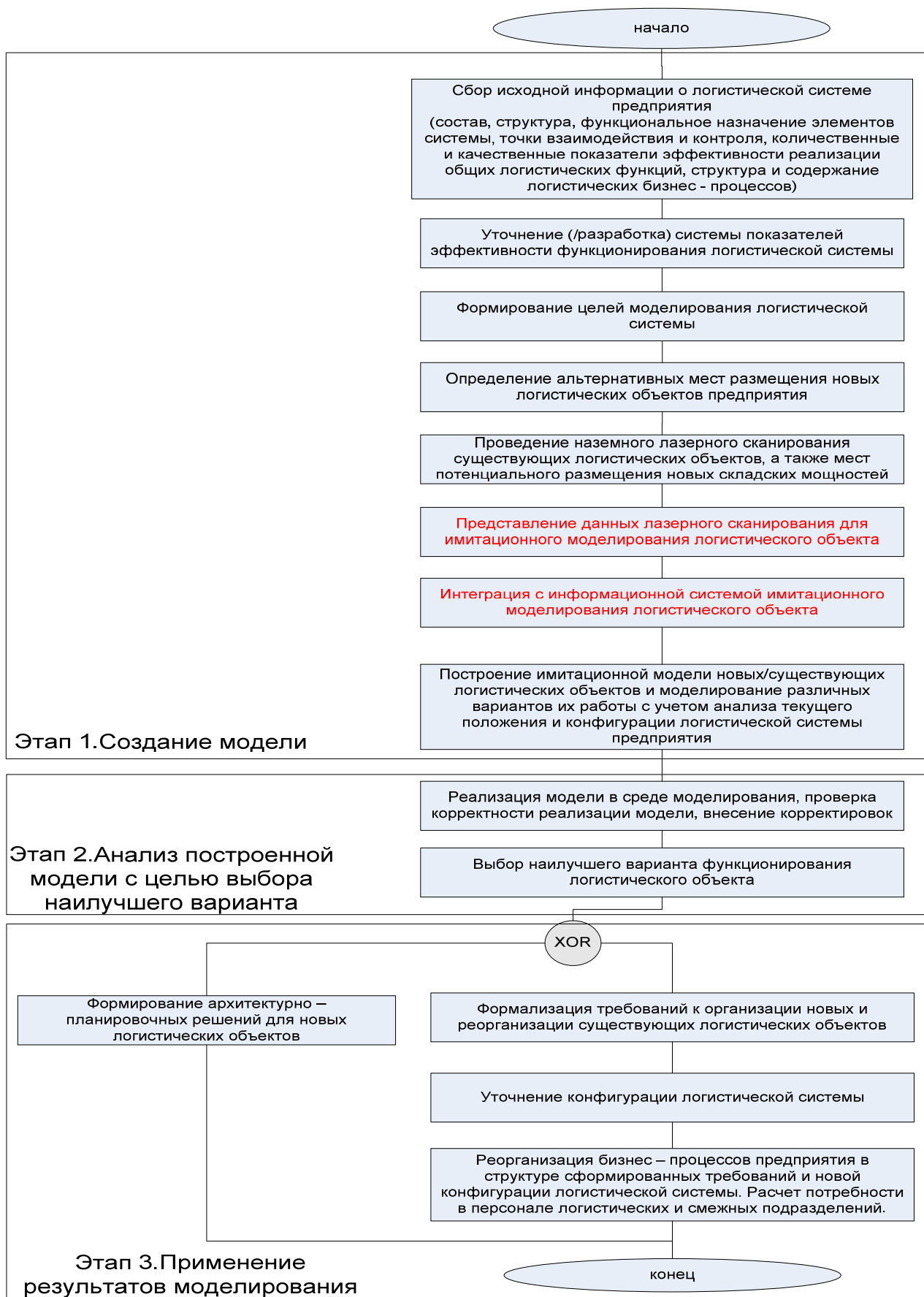


Рис. 1. Обобщенный алгоритм разработки логистической стратегии предприятия

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Natalia V. Mamonova, Prof. Vladimir I. Mamonov. Models and Methods of Enterprise Strategic Planning Automation // The Third International Forum on Strategic Technology (IFOST-2008): Proceedings - Novosibirsk. - June 23-29, 2008. - [Novosibirsk]: [NSTU]. - 2008. - с. 322-324.
2. Карпов Ю. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5. // – Спб.:БХВ-Петербург, 2005. – 400 с.
3. Миротин Л.Б., Ташбаев Ы.Э. "Системный анализ в логистике":// Учебник, Москва, Изд-во "Экзамен", 2002, 480 стр.
4. Середович В.А., Комиссаров А.В., Комиссаров Д.В., Широкова Т.А. «Наземное лазерное сканирование». // Новосибирск, СГГА – 2009. – с.7-9.

© *Н.В. Мамонова, А.В. Иванов, 2010*

УДК 528.2/.5

Аштраф А. Бештр, А.В. Иванов

СГГА, Новосибирск

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВИБРАЦИИ ШТАТИВА НА ТОЧНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЙ НАЗЕМНЫМ ЛАЗЕРНЫМ СКАНЕРОМ

Экологические и техногенные факторы окружающей среды, такие как температура, давление, влажность, освещенность, вибрация т.д., имеют большое влияние на точность измерений наземного лазерного сканера. Колебания и вибрация могут вызвать большие ошибки в измеряемых углах, и эти ошибки трудно поддаются количественной оценке. В данной статье описано влияние вибрации штатива с установленным лазерным сканером, на точность получения данных.

Ashtraf A. Beshtr, A.V. Ivanov

SSGA, Novosibirsk

RESEARCH OF THE TRIPOD VIBRATION EFFECT ON THE TERRESTRIAL LASER SCANNER MEASUREMENTS ACCURACY

Ecological and technogenic factors of environment like temperature, pressure, humidity, illumination, vibration, etc have a pronounced effect on the TLS measurements accuracy.

Vibrations may cause serious errors in angles measurements, which are hardly subject to the quantitative assessment. It is shown how the vibration of the tripod with the laser scanner mounted on it affects the data accuracy.

Для достижения высокоточных результатов, полученных при выполнении работ с помощью наземного лазерного сканера необходимо, чтобы НЛС не перемещался по отношению к объекту. Тем не менее, во многих случаях применения сканирования, например для определения деформаций инженерных сооружений, работы сопряжены с влиянием вибрации, исходящей от различных источников, таких как строительная техника, машины и механизмы.

Известно, что технология лазерного сканирования заключается в определении пространственных координат точек поверхности объекта и реализуется посредством измерения расстояния до всех определяемых точек с помощью лазерного безотражательного дальномера. Ошибка, вызванная вибрацией штатива НЛС, будет носить в основном систематический характер, и влиять на измеряемые углы и расстояния, следовательно, и на координаты полученных точек.

Вследствие этого исследование влияния вибрации штатива на точность и достоверность измерений наземным лазерным сканированием является актуальной задачей.

Для достижения этой цели было выполнено экспериментальное исследование. Эксперимент представлял собой наблюдение восьми закрепленных светоотражающих марок с влиянием вибрации и без. Наблюдения выполнялись в помещении при искусственном освещении, температуре окружающей среды 20°C и нормальном давлении (рис. 1).

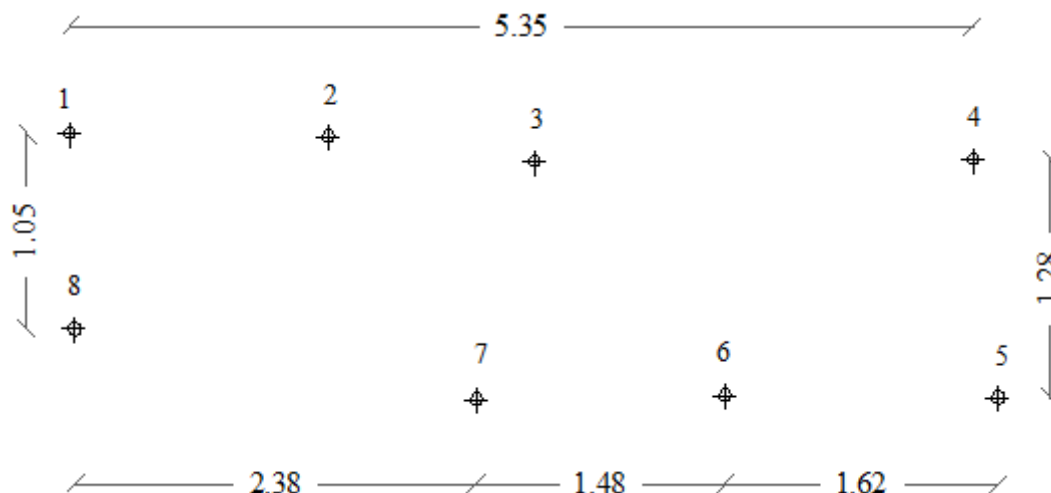


Рис. 1. Схема расположения светоотражающих марок

Также координаты всех марок дополнительно определены с помощью тахеометра Leica TCR 1205 PinPoint R100, его паспортная точность измерения угла $5,0''$ и расстояний 3 мм в безотражательном режиме, дальность действия до 170 м.

Для имитации вибрации на ножке штатива зафиксирован электрический вентилятор. Для создания различных частот колебаний штатива, на лопасти вентилятора помещался эксцентрик с дополнительной массой. Далее выполнено два варианта установки ножек штатива. Первый вариант – обычная установка ножек штатива, в которой расстояние между ними равно ≈ 93 см. Во второй установке расстояние между ножками штатива было уменьшено до ≈ 57 см (рис. 2).

Экспериментальное исследование выполнено с помощью наземного лазерного сканера Riegl LMS-Z420i, который имеет следующие технические характеристики: точность единичного измерения расстояний

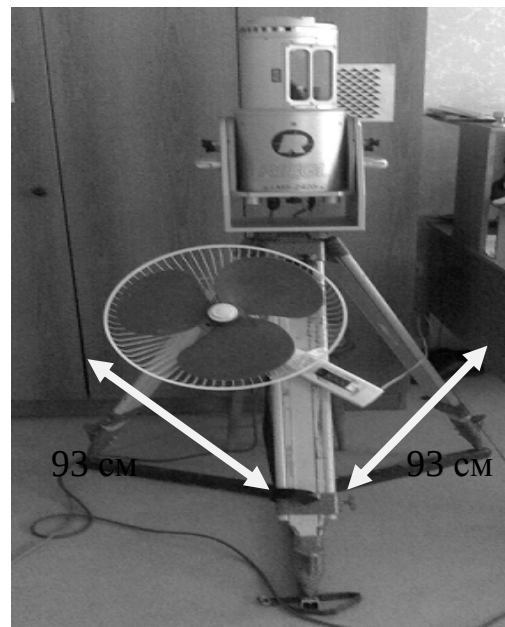


Рис. 2. Внешний вид закрепления вибрирующего на ножке штатива НЛС

порядка 6 мм, дальность действия до 800 м; паспортная точность измерения вертикального угла составляет 6,0", горизонтального угла 7,0".

Съемка тестового полигона выполнялась семь раз. Первое сканирование выполнено без влияния вибрации штатива. Остальная съемка проводилась с различной позицией эксцентрика на лопасти вентилятора при двух расстояниях между ножками штатива.

Для исследования влияния вибрации штатива на точность измерений, полученных НЛС, производилось сравнение данных, как показано на схеме рис. 3.

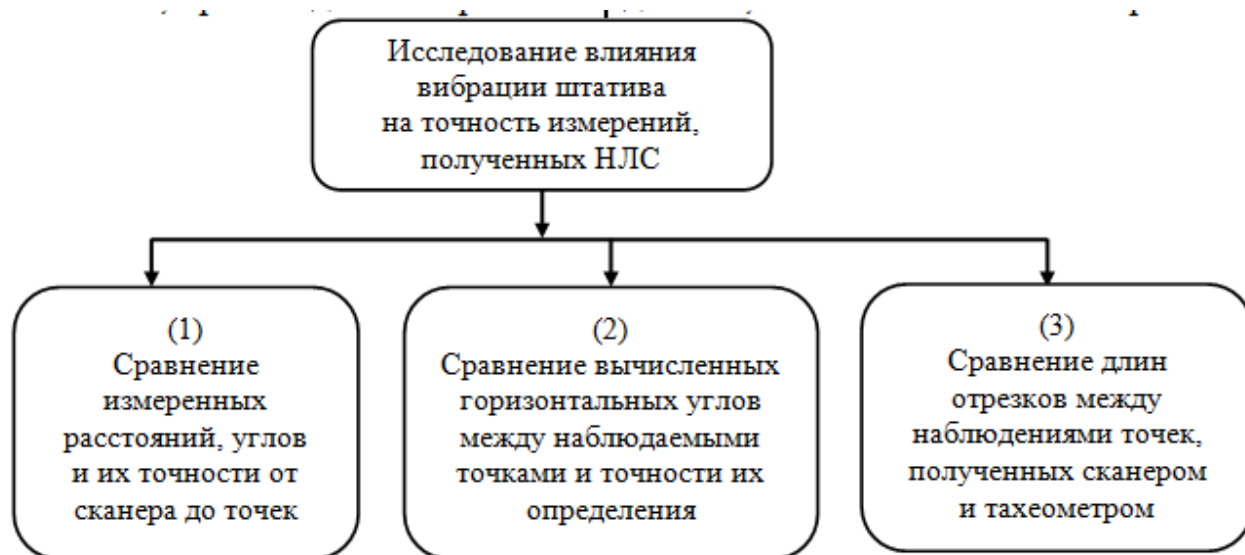


Рис. 3. Схема обработки полученных данных наземным лазерным сканером при выполнении исследования влияния вибрации штатива

В зависимости от координат наблюдаемых точек были определены расстояния, горизонтальные и вертикальные углы от сканера до каждой марки при каждом сканировании. На основе полученных результатов расстояний и углов от сканера до наблюдаемых марок производилось сравнение расстояний, горизонтальных и вертикальных углов, полученных сканером с влиянием вибрации штатива и без нее. По результатам сопоставленных данных построены графики зависимости влияния колебания штатива на измеренные расстояния и углы от сканера до точек. Один из таких графиков приведен на рис. 4.



Рис. 4. Отклонение расстояний от сканера до точек на основе значений вибрации штатива при расстоянии между ножками штатива, равном 93 см

На основе анализа результатов измерения расстояний и углов от сканера до наблюдаемых марок с влиянием вибрации следует, что:

- Для всех вариантов колебаний штатива, вибрация приводит к изменению измеренных расстояний от сканера до точек в среднем от 0,3 мм до 2,50 мм. Изменение измеренных горизонтальных углов, полученных сканером в зависимости от влияния вибрации штатива в среднем от 4'' до 100'' с относительной ошибкой, равной от (1:6000) до (1:8500), однако изменение измеренных вертикальных углов достигает до 70'';
- Увеличение колебания штатива приводит к повышению ошибок измерений полученных НЛС и, следовательно, уменьшению точности определения координат точек;
- Ошибки измерений углов сканером из-за влияния вибрации штатива больше, чем ошибки измерений расстояний;

На основе полученных результатов измеренных горизонтальных углов между наблюдаемыми точками, выполнено сопоставление горизонтальных углов с вибрацией и без.

Получены результаты отклонений измеренных горизонтальных углов между марками и лазерным сканером с вибрацией и без вибрации, которые приведены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты определения отклонений измеренных горизонтальных углов сканером с влиянием вибрации и без вибрации

Горизонтальные углы между марками	Отклонение горизонтальных углов сканером с вибрацией, секунда					
	$\alpha_{\text{Виб.}} - \alpha_{\text{Без-виб.}}$					
	Расстояние между ножками штатива равно 93 см			Расстояние между ножками штатива равно 57 см		
	Первая пола массы	вторая пола массы	Третья пола массы	Четвёртая пола массы	Пятая пола массы	Шестая пола массы
α_{1-2}	-23	-27	17	22	-4	54
α_{1-3}	-51	-53	-107	-17	-74	12
α_{1-4}	22	40	37	-30	-14	-37
α_{1-5}	-7	15	121	18	-96	-121
α_{1-6}	-8	-35	119	9	29	95
α_{1-7}	24	-28	18	1	76	33
α_{1-8}	27	24	29	-139	-123	-196
СКО отклонений углов, секунда	28,8	35,1	76,8	56,0	71,3	103,4

Из табл. 1 видно, что СКО определений горизонтальных углов между марками и лазерным сканером в зависимости от вибрации штатива увеличивается.

Автор работы [1] предлагает уменьшить влияние вибрации на измерения сканером математически в ходе обработки полученных данных, путем применения алгоритма расчета ближайших точек.

Так как геодезисты не могут управлять параметрами вибрации, а могут только ослабить ее влияние на измерение. То практически, наиболее эффективный метод для ослабления влияния вибрации штатива на измерения заключается в том, что бы изолировать НЛС от источника вибрации, например с помощью внешних устройств стабилизации посредством установки между источником вибрации и объектом виброзащиты, например, используют амортизирующие подкладки из резины.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Blais, F. Recursive model optimization using ICP and free moving 3D data acquisition [Электронный ресурс] / F. Blais, M. Picard, G. Godin // Canada, 2003. Режим доступа: <http://grok.ecn.uiowa.edu/Projects/USARSim/docs/nrc-45834.pdf>.

© Ашраф А. Бешир, А.В. Иванов, 2010

УДК 528.5

В.А. Середович, А.В. Иванов, А.В. Середович, О.А. Дементьева
СГГА, Новосибирск

СОВМЕСТНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ И РЕЗУЛЬТАТОВ НАЗЕМНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМОВ ДОБЫЧИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Одной из задач, решаемых на действующих горнодобывающих предприятиях является определение объемов извлекаемых полезных ископаемых и минерального сырья (породы). Это выполняется для учета добываемой продукции, оплаты услуг подрядных организаций, уплаты соответствующих налогов и получения прибыли. В статье представлена методика совместной обработки данных наземного лазерного сканирования и моделирования рудных тел, позволяющая вести точный учет объемов добычи и рационально планировать горные работы.

V.A. Seredovich, A.V. Ivanov, A.V. Seredovich, O.A. Dementyeva
SSGA, Novosibirsk

JOINT USE OF GEOLOGICAL DATA AND TERRESTRIAL LASER SCANNING RESULTS FOR THE MINERALS VOLUME DETERMINATION

One of the problems faced by the mining enterprises concerns determination of the extracted minerals volume to be used for the production recording, payment of taxes and to contractors, as well as for getting a profit. The article presents the techniques for joint processing of the data on the terrestrial laser scanning and modeling of ore body, which permits keeping an accurate record of the extracted minerals volumes and rational planning of mining operations.

Одной из задач, решаемых на действующих горнодобывающих предприятиях является определение объемов извлекаемых полезных ископаемых и минерального сырья (породы). Это выполняется для учета добываемой продукции, оплаты услуг подрядных организаций, уплаты соответствующих налогов и получения прибыли.

Определение объемов осуществляется на основе традиционных маркшейдерских съемок горных выработок. При этом ошибка определения объема в процентном отношении достаточно велика. Это связано с особенностями горных выработок, имеющих очень сложную геометрическую форму поверхности. Значительно более эффективным в данном случае, являлся бы метод, позволяющий автоматизировано выполнять измерения сложных поверхностей с высокой детальностью, например, наземное лазерное

сканирование. При этом, результаты съемок будут представлены в трехмерном виде.

Рассмотрим пример подобных работ, выполненных на базе Регионального центра лазерного сканирования СГГА в 2009 г. Целью работы являлось определение объемов добычи в карьере рудника по добычи марганцевых руд на основе нескольких циклов измерений. В процессе работы возникла задача проведения эксперимента по построению трехмерных моделей рудных тел по данным геологической разведки и совмещения этих данных с результатами лазерного сканирования.

Процесс выполнения сканерной съемки рассмотрен достаточно широко в работе [1], поэтому подробно останавливаться на нем не стоит.

Камеральная обработка заключалась в построении полигональной модели поверхности карьера. Для этого использовался следующий алгоритм действий:

1. Фильтрация данных, т.е. удаление точек лазерных отражений не принадлежащих поверхности карьера;
2. Объединение отдельных сканов в единую модель. В ходе этого процесса массив точек фильтровался по регулярной сетке с шагом 0,5 м;
3. Формирование трехмерной полилинии, которая описывает границу карьера и будет учитываться при построении модели карьера;
4. Построение полигональной модели карьера в виде TIN – поверхности.

На рис. 1 показана полигональная модель поверхности карьера, построенная по описанному алгоритму.



Рис. 1. Полигональная модель поверхности карьера рудника

Следующим этапом работы явилось определение объема добычи. Для этого вычислялась разность объемов двух полигональных моделей (двух последних циклов измерений) поверхности карьера относительно произвольной базовой плоскости. Полученная разность составляет объем вынутой породы в

карьере за определенный период. На рис. 2 показан фрагмент двух совмещенных полигональных моделей.

Параллельно по полученным данным строились горизонтали с заданным сечением, была составлена карта превышений между интересующими циклами измерений, т.е. результаты измерений были представлены в наглядном и удобном для работы виде.

В ходе проекта была выполнена экспериментальная работа по построению трехмерных моделей рудных тел по результатам геологической разведки. Результаты геологической разведки представляли собой набор контуров семи рудных тел на шести геологических горизонтах (от 216 м до 166 м). Эти данные были представлены на бумажных планшетах, на каждом из которых представлен один геологический разрез и нанесена координатная сетка. На первом этапе планшеты сканировались и при помощи программного продукта (ПП) MapInfo трансформировались в рабочую систему координат. Затем контура рудных тел векторизовались на каждом геологическом горизонте и экспортировались в ПП AutoCAD. На рис. 3 показан фрагмент планшета с векторизованными контурами рудных тел.

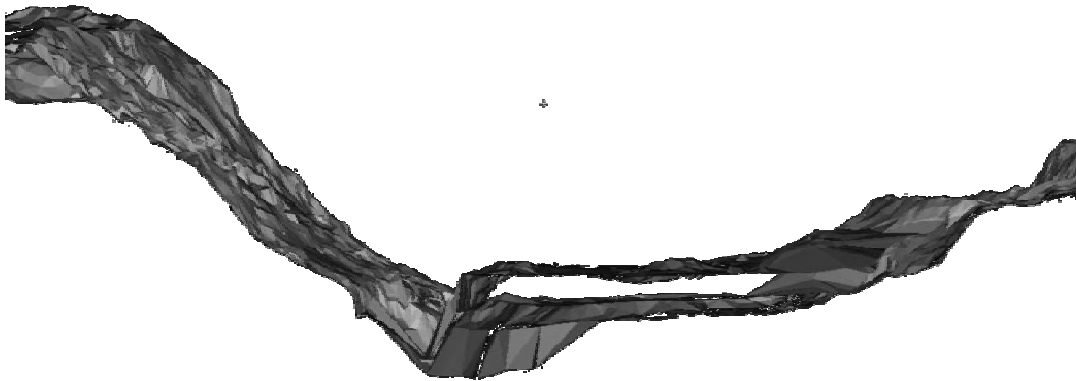


Рис. 2. Фрагмент двух совмещенных полигональных моделей

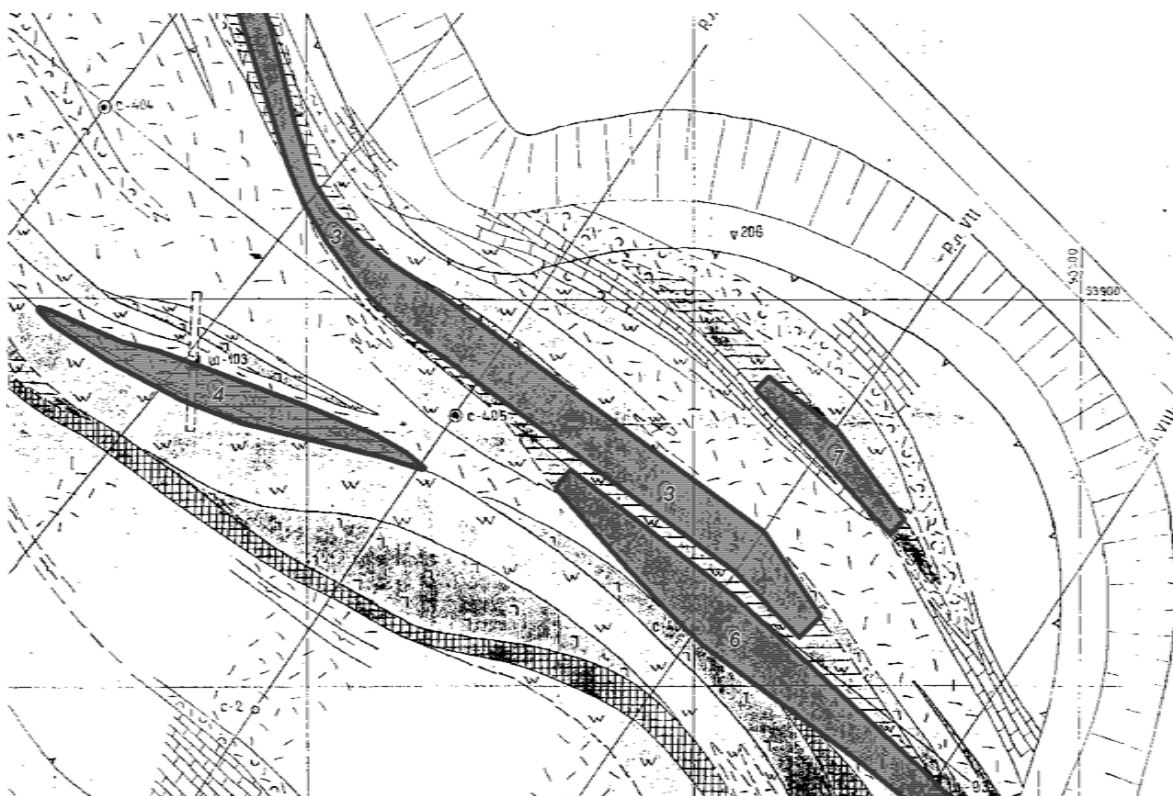


Рис. 3. Фрагмент одного из планшетов с отвекторизованными контурами рудных тел 3, 4, 6 и 7

Средствами ПП AutoCAD контурам были присвоены высоты соответствующих геологических горизонтов. Затем по полученным трехмерным полилиниям в ПП RapidForm строились трехмерные модели каждого из рудных тел. На рис. 4 на примере рудного тела 3 показаны его контура на соответствующих высотах и результат моделирования.

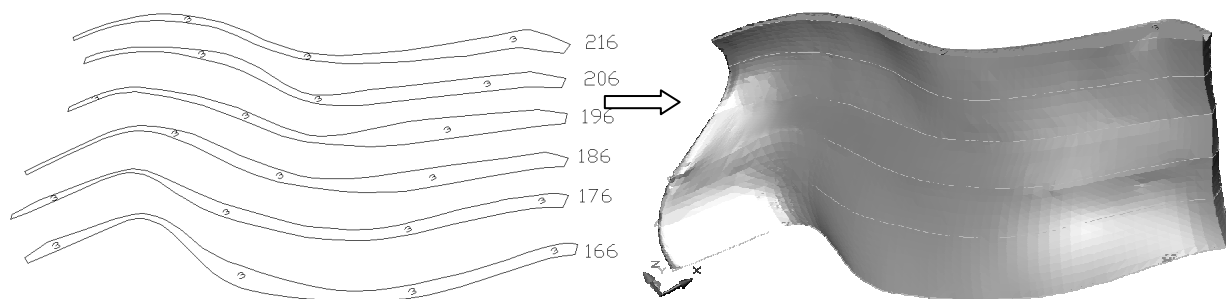


Рис. 4. Контура рудного тела 3 на соответствующих высотах и результат моделирования

Так как работа выполнялась в единой системе координат, трехмерные модели рудных тел и поверхности карьера совмещались (рис. 5).

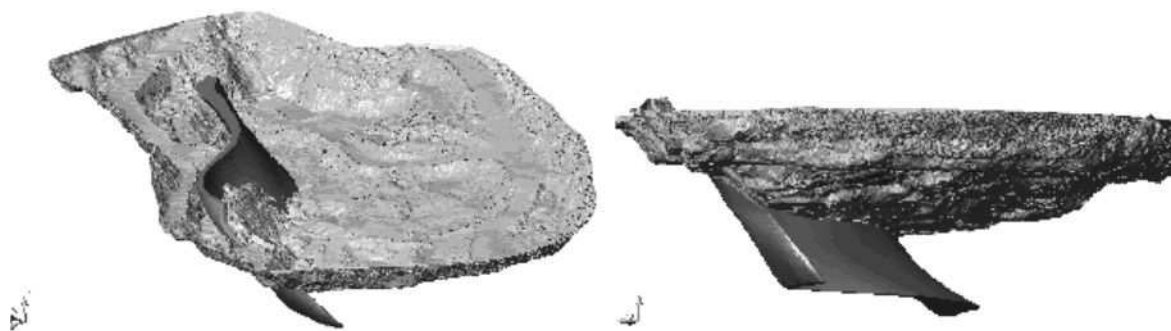


Рис. 5. Совмещенные трехмерные модели рудного тела и поверхности карьера

Полученные данные позволили выполнить подсчет баланса руды в карьере и определить необходимое направление разработки карьера. Полученный опыт показал, что представленная методика может быть использована горнодобывающими предприятиями для учета и рационального планирования горных работ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Середович, А.В. Построение цифровых топографических планов объектов нефтедобычи с применением наземного лазерного сканирования [Текст] / А.В. Середович // Сб. материалов науч. конгр. «Гео-Сибирь-2006», 24-28 апр. 2006 г., т. 1, ч. 2, СГГА, г. Новосибирск. – Новосибирск, 2006.– С.160-164.

© В.А. Середович, А.В. Иванов, А.В. Середович, О.А. Дементьева, 2010

УДК 528.5

Е.И. Горохова, А.В. Комиссаров

СГГА, Новосибирск

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТОННЕЛЕЙ ПО ДАННЫМ НАЗЕМНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ

В статье рассматривается возможность определения деформационных характеристик тоннеля по данным наземного лазерного сканирования.

Ye.I. Gorokhova, A.V. Komissarov

SSGA, Novosibirsk

DEFINITION OF DEFORMATION PARAMETERS OF TUNNELS ACCORDING TO THE DATA OF TERRESTRIAL LASERSCANNING

The article deals with the possibility for definition of deformation parameters of a tunnel according to the data terrestrial laserscanning.

При строительстве и эксплуатации тоннелей в них под влиянием горного давления возникают деформации тоннельной обделки, в результате которых собранные кольца тоннеля изменяют проектную форму поперечного сечения. Поэтому, необходима организация тщательных наблюдений за состоянием подземных сооружений. Наблюдения производят регулярно, на всех этапах строительства с целью отслеживания поведения конструкций как во время строительства, так и после их сооружения, и выявления мест интенсивных деформаций (осадок, смещений), для своевременного принятия необходимых мер.

Разность между диаметром уложенного кольца и его проектным значением называют эллиптичностью. Для каждого кольца тоннельной обделки определяют эллиптичность по четырем диаметрам (рис. 1), а именно по горизонтальному, вертикальному и двум косым (под углом 45°). При этом она не должна превышать ± 50 мм, независимо от материала обделки.

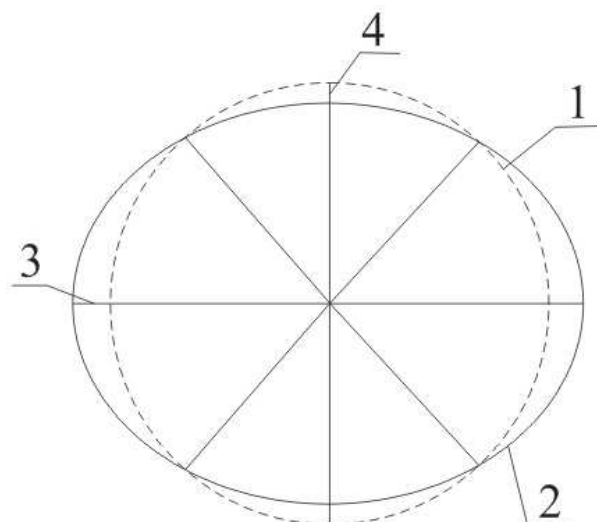


Рис. 1. Эллиптичность кольца:

1,2 – проектное и фактическое положения, 3,4 – горизонтальная и вертикальная эллиптичности кольца

Традиционными методами геодезических измерений, применяемых в тоннелестроении являются: нивелирование, угловые измерения, линейные измерения. При этом производится периодическое нивелирование сводовой части крепления и тоннельной обделки, линейные измерения горизонтальных, вертикальных и косых диаметров и расстояний между знаками, заложенными в стенах сооружения. Нивелируется также нижняя часть сооружения.

Однако со временем появляются новые методы и технологии в тоннелестроении. Среди них особое место занимает технология наземного лазерного сканирования, позволяющая определять любые виды геометрических деформационных характеристик.

Определение деформаций тоннеля может осуществляться двумя способами [1, 2]:

1. Сравнение сканерных данных с проектными. Данный способ предполагает сравнение величин деформационных характеристик тоннеля сканерных данных какой-либо эпохи измерений с проектными характеристиками. Это позволяет в первую очередь отследить появление и развитие деформаций непосредственно в процессе строительства и в начале эксплуатации и отклонение строящегося тоннеля от проекта.

2. Сравнение данных между двумя эпохами. Данный способ более предпочтителен для наблюдения деформаций в процессе эксплуатации тоннеля.

Региональным центром лазерного сканирования выполнен ряд работ по инженерно-геодезической съемке внутреннего очертания тоннеля средствами наземного лазерного сканирования. На основе практического опыта разработана технология определения деформаций. Суть данной технологии заключается в сравнении проектного и действительных сечений. Сравнение

сечений выполняется в программном продукте Cyclon в интерактивном режиме [3,4]. Расхождение в поперечных сечениях тоннеля оценивается в местах, показанных на рис. 2. Технология определения деформационных параметров следующая:

1. Исходя из рисунка 1, к проектному сечению проводится касательная, из точки которой восстанавливается перпендикуляр до пересечения его с действительным сечением тоннеля.
2. Затем измеряется длина перпендикуляра (с помощью функции Measure distance), которая указывает на отклонение сечения от проектного.
3. После этого выполняется переход к оценке следующего сечения.

После обработки результатов всех измерений определяются зоны с различными величинами деформаций и делаются выводы о состоянии тела тоннеля. На основании полученных данных прогнозируются аварийные ситуации, принимаются меры по их предотвращению, а так же составляются рекомендации по текущему обслуживанию.

Полученный опыт практического применения подтверждает высокую эффективность разработанной методики.

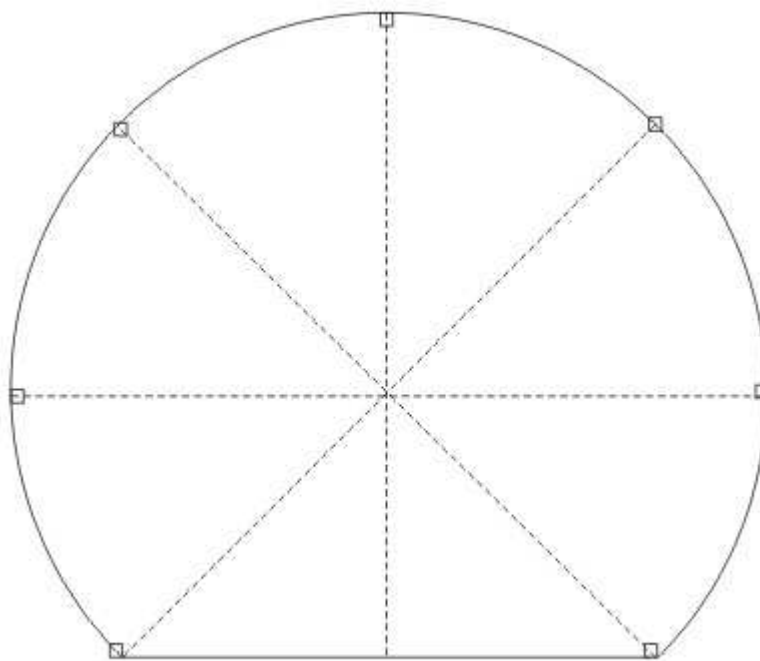


Рис. 2. Точки исследования деформаций и поперечные диаметры тоннеля

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Горохова Е.И., Возможности применения наземного лазерного сканирования при геодезическом обеспечении тоннелей.// Горохова Е.И.// Сб. матер.IV Международного научного конгресса «ГЕО-Сибирь-2008», 22-24 апреля 2008г., Новосибирск.- Новосибирск: СГГА, 2008. – 157-160.

2. Горохова Е.И., Сравнение традиционных методов и технологии наземного лазерного сканирования при мониторинге деформаций тоннелей.// Горохова Е.И.// Сб. матер.IV Международного научного конгресса «ГЕО-Сибирь-2008»,22-24 апреля 2008г., Новосибирск.- Новосибирск: СГГА, 2008. – 173 – 176.

3. Горохова Е.И., Мониторинг деформаций тоннелей с помощью наземного лазерного сканирования. // Горохова Е.И.// Сб. матер.IV Международного научного конгресса «ГЕО-Сибирь-2008»,20-24 апреля 2009г., Новосибирск.- Новосибирск: СГГА, 2009. – 254 – 256.

4. Горохова Е.И., Опыт применения наземного лазерного сканирования при съемке железнодорожных тоннелей. // Горохова Е.И., Иванов А.В. // Сб. матер.IV Международного научного конгресса «ГЕО-Сибирь-2008»,20-24 апреля 2009г., Новосибирск.- Новосибирск: СГГА, 2009. – 257 – 260.

© Е.И. Горохова, А.В. Комиссаров, 2010

УДК 504

В.А. Середович, А.В. Середович

СГГА, Новосибирск

СОЗДАНИЕ ТРЕХМЕРНЫХ ПАСПОРТОВ БЕЗОПАСНОСТИ ПОТЕНЦИАЛЬНО-ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

Современные требования к безопасности на потенциально-опасных объектах диктуют необходимость создания их паспортов безопасности. В настоящее время наиболее оптимальным является представление данных таких паспортов в трехмерном виде, что позволит более качественно решать вопросы обеспечения безопасности и реагирования в случае чрезвычайной ситуации. В статье приведены возможности создания и применения трехмерных паспортов безопасности.

V.A. Seredovich, A.V. Seredovich

SSGA, Novosibirsk

THE CREATION OF HAZARDOUS FACILITIES 3D SAFETY DATA SHEETS

Present-day safety requirements to hazardous facilities necessitate their safety data sheets. Nowadays 3D format is the best way to execute those data sheets in order to improve the quality of decisions in case of safety ensuring and emergency response. The article mentions possibilities to create and apply 3D safety data sheets.

Потенциально-опасными объектами считаются предприятия использующие, производящие, перерабатывающие, хранящие или транспортирующие радиоактивные, пожаровзрывоопасные, опасные химические и биологические вещества, а также гидротехнические сооружения. Каждый такой объект обязан иметь паспорт безопасности, в котором описывается наиболее опасный и вероятный сценарий развития чрезвычайных ситуаций (ЧС) [1].

В соответствии с требованиями [1] паспорт безопасности потенциально-опасных объектов разрабатывается для решения следующих задач:

- Оценки возможных последствий чрезвычайных ситуаций на опасном объекте;
- Оценки возможного воздействия чрезвычайных ситуаций, возникших на соседних опасных объектах;
- Оценки состояния работ по предупреждению чрезвычайных ситуаций и готовности к ликвидации чрезвычайных ситуаций на опасном объекте;
- Разработки мероприятий по снижению риска и смягчению последствий чрезвычайных ситуаций на опасном объекте.

В паспортах безопасности потенциально-опасных объектов, кроме всего прочего отображаются следующие данные:

- Количество опасного вещества;
- Возможное количество погибших среди персонала;
- Площадь зон действия поражающих факторов;
- Количество разрушенных или поврежденных зданий, сооружений или технологического оборудования в зонах действия поражающих факторов;
- Краткая характеристика наиболее вероятного сценария развития чрезвычайной ситуации (последовательность событий).

В настоящее время зоны последствий от возможных чрезвычайных ситуаций наносятся на ситуационный план, прилагаемый к паспорту безопасности. Современное развитие информационных технологий позволяет представлять такую информацию в трехмерном виде. Это позволит повысить оперативность принимаемых решений. На сегодняшний день, согласно указанию Сибирского регионального центра по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий трехмерные паспорта безопасности потенциально-опасных объектов должны содержать следующие данные [2]:

- Подъездные пути;
- 3D модели зданий и сооружений;
- Зоны разрушений;
- Зоны безвозвратных потерь;
- Зоны заражения;
- Зоны действия опасных факторов;
- Фотографии;
- поэтажные планы;
- Планы коммуникаций;
- Схемы размещения технологического оборудования;
- Фотографии участков, на которых вероятно ЧС.

Кроме того, трехмерные модели должны поддерживать возможность работы с ними в автономном режиме (без использования специализированного программного обеспечения) и разделены на отдельные слои: стены, этажи с планировкой, крыша, технологическое оборудование и т.д.

Одним из наиболее эффективных методов получения данных для создания трехмерных паспортов безопасности является наземное лазерное сканирование. Основным преимуществом данного метода является возможность создания фактических трехмерных моделей территорий промышленных предприятий, технологического оборудования, создания поэтажных планов на основе одного цикла съемки. Полученная в ходе наземного лазерного сканирования трехмерная точечная модель, может использоваться для создания любых отчетных материалов: планы, чертежи, векторные трехмерные модели.

1. Навигация по трехмерной модели.
2. Определение путей эвакуации людей и подъезда спасательной техники с указанием габаритов проездов и материала дорожного покрытия. В идеале, при этом, может выполняться пространственный анализ для определения наиболее оптимального пути (например, при повреждении отдельных проездов должен выполняться перерасчет) (рис. 1).



Резервуар: РВС-1 (10000 м³)

Данные паспорта безопасности опасного объекта

- Характеристики опасной продукции
- Зоны воздействия поражающих факторов при пожаре
- Зоны заражения при утечке нефтепродуктов
- Опасные объекты в зоне воздействия ЧС
- Возможные разрушения или повреждения сооружений

Опасность	Сценарий	Параметры
Пожар	Пожарные трубопроводы	13-2151: 199 м
	Водоподачи	14-5201: 8 м
	Нефтеприемники	14-5203: 29 м
	Газопроводы	13-5201: 9 м
	Кабины ДЗВ 10,4 кВ и КИЗ	20 м
Взрыв	Пожарные трубопроводы	13-2151: 247 м
	Водоподачи	14-5201: 41 м
	Нефтеприемники	14-5203: 139 м
	Газопроводы	14-5201: 49 м
	Кабины ДЗВ 10,4 кВ и КИЗ	31 м
Угроза безопасности	Спасные объемы	100-2, РВС-3
	Сборники	110-1
	Пожарные трубопроводы	13-2151: 61 м
	Водоподачи	14-5203: 172 м
	Водоподачи	14-5201: 248 м
Угроза безопасности	Нефтеприемники	13-5201: 9 м
	Газопроводы	13-5201: 3 м
	Кабины ДЗВ 10,4 кВ и КИЗ	156 м

Рис. 2. Визуализация зон воздействия опасных факторов

моделям, который регламентировал бы формат представления модели, требования к моделированию и составу семантических данных. Эти требования могут быть использованы для создания программного обеспечения (ПО), которое может быть представлено в виде рабочего места оперативного сотрудника.

Представление паспортов безопасности потенциально-опасных объектов в трехмерном виде позволит повысить оперативность и качество принятия решений, осуществлять дистанционное управление эвакуацией людей, спасательными работами в случае чрезвычайной ситуации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Об утверждении типового паспорта безопасности опасного объекта. Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий. Приказ № 506 от 04.11.2004 г.

2. О создании информационной базы в формате 3D по потенциально-опасным объектам. МЧС России. Сибирский региональный центр по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий. Указание № 404 от 20.12.2008 г.

© В.А. Середович, А.В. Середович, 2010

УДК 528.9:004

И.Е. Курбатова

Институт водных проблем РАН, Москва

Д.В. Горбачев

Московский государственный университет геодезии и картографии, Москва

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АНИМАЦИОННОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ КАТАСТРОФИЧЕСКИХ НАВОДНЕНИЙ

В статье рассматривается опыт использования динамического картографирования в традиционном и геоинформационном вариантах для определения границ распространения штормовых нагонов на побережье Северного Каспия при различных положениях его уровня.

I.E. Kurbatova

Russian Academy of Sciences, Water Problem Institute

D.V. Gorbachev

Moscow University of Geodesy and cartography

THE EXPERIENCE OF USING ANIMATION CARTOGRAPHY FOR DISASTROUS FLOOD INVESTIGATIONS

In the present paper the experience is considered of using dynamic cartography in traditional and geoinformational variants for determination of storm surge spreading verges on the North Caspian coast for different sea level states.

Главная отличительная особенность современного этапа развития отечественной картографии - переход от традиционного составления карт к цифровым и электронным картам. Одно из перспективных направлений – интерактивное картографирование, позволяющее с помощью современных программных технологий создавать анимационные модели для отображения динамических изменений геосистем или их отдельных компонентов. Области применения таких моделей весьма разнообразны, особенно эффективны они при исследовании быстрых и эпизодических процессов, быстрой оценке результатов и принятии оперативных решений при развитии негативных природных воздействий.

К числу наиболее опасных динамичных природных явлений относятся наводнения, которые сопровождают человека с древнейших времен до наших дней. Причины возникновения наводнений многообразны – они происходят не только в долинах рек в результате половодий, паводков, ледовых заторов, но и на побережьях океанов и морей во время действия ураганов, штормовых нагонов, цунами. Такие наводнения характеризуются внезапностью и интенсивностью подъема морской воды, значительным ущербом. Проблема

носит глобальный характер, так как протяженность низменных побережий составляет почти треть общей длины береговой линии Мирового океана, а в его 40-километровой береговой зоне проживает почти половина населения земного шара. Ущерб, причиняемые наводнениями, будут постоянно расти в силу природных и антропогенных причин (по мнению ряда ученых, за вторую половину XX века они выросли более чем в 10 раз). Перед современным обществом остро стоит проблема уменьшения факторов риска и обеспечения безопасности жизнедеятельности населения вдольбереговых территорий.

В России проблема штормовых нагонных наводнений в той или иной степени актуальна практически для всех мелководных побережий окраинных и внутренних морей, крупных озер, а также для низменных территорий устьев рек. Наводнения наносят как прямой ущерб (разрушение хозяйственных объектов, эвакуация населения, гибель посевов, домашнего скота), так и косвенный (частое и длительное затопление побережий, их заболачивание, ухудшение плодородия почв, засоление из-за вторжения соленых морских вод, размывание берегов, затруднение хозяйственного использования территории и др.). Величина ущерба зависит от степени экономического освоения территории, стоимости затопляемых сооружений, высоты и скорости подъема уровня воды, площади затопления, заблаговременности штормового предупреждения, наличия защитных гидротехнических сооружений.

Одним из наиболее сложных для изучения и прогнозирования ситуации объектов является Каспийское море, где штормовые сгонно-нагонные явления происходят на фоне значительных вековых многолетних и сезонных колебаний уровня. За последние 100 лет уровень Каспия понижался на 3 м (с отметки – 26 м в 1929 г. до – 29 м к 1977 г.) а начиная с 1978 г. повысился на 2 м. В настоящее время уровень моря стабилизировался около отметки – 27 м.

Мелководный Северный Каспий занимает одно из первых мест в мире по величине сгонов и нагонов и их влиянию на хозяйственную деятельность и формирование природных особенностей побережья. Нагоны у западного мелководного побережья вызываются часто повторяющимися ветрами юго-восточных и восточных направлений. Сгоны морской воды обусловлены действием ветров северо-западных и западных направлений.

Продолжительность нагонов составляет от нескольких часов до нескольких суток, а подъем уровня может достигать 0,5 – 3,5 и более метров, что вызывает значительные (до 10-20, а в экстремальных случаях и до 30-50 км) перемещения уреза воды вглубь низменной территории. Средняя интенсивность подъема уровня воды при нагоне составляет 4 см/час, а при максимальных скоростях ветра 25-30 м/с может достигать 20-25 см/час. По данным гидрометеорологических наблюдений с 1936 по 2001 гг., на российском побережье Каспия наблюдалось свыше 40 опасных нагонных наводнений, приносящих огромный ущерб народному хозяйству [Атлас...2005].

Подверженность северо-западной части российского побережья Каспия катастрофическим нагонам заставляет исследователей искать надежные способы предсказания штормовых наводнений и определения границ области их распространения. Сложность и разнообразие физико-географических

условий Северного Каспия и крайне низкая плотность сети постов стационарных гидрометеорологических наблюдений не позволяют получить натурные данные в нужном количестве и с требуемой степенью точности. Многие факторы, определяющие синоптический механизм возникновения нагонной волны, дальность ее распространения и продолжительность стояния воды не всегда могут быть учтены, измерены или предсказаны достаточно точно. В настоящее время в данном направлении для разработки заблаговременных прогнозов ведутся исследования, базирующиеся на математическом моделировании гидрологических и метеорологических процессов. Пространственное представление о конфигурации границ зон затопления нагонами различной величины можно получить, используя картографический метод исследования.

В рамках разработки программы картографического обеспечения мониторинга экологических ситуаций и природных рисков морских побережий был осуществлен опыт использования динамического картографирования в традиционном и геоинформационном вариантах для определения границ распространения штормовых нагонов на российском побережье Северного Каспия.

Геоинформационное картографирование должно базироваться на опыте комплексных географических исследований и опыте системного тематического картографирования [Берлянт, 2006], поэтому разработка анимационных моделей в нашем случае опиралась на результаты многолетних исследований разновременных колебаний уровня Каспийского моря, рассматриваемых с гидрологических и геоэкологических позиций. Тщательная и кропотливая подготовка исходного картографического материала также способствовала эффективности и детальности визуализации.

Исходными материалами при создании анимаций являлись разработанные ранее тематические карты, отражающие вековые и краткосрочные (сгонно-нагонные) колебания уровня моря.

Базовой являлась составленная в цифровом и электронном видах карта динамики береговых линий Северного Каспия за последние 100 лет [Верещака, Курбатова..., 1999]. На карте показаны положения береговой линии, соответствующие характерным уровням моря для периодов его стабильности, регрессии и трансгрессии: -26,0 м - максимальный среднегодовой для столетия (1900 – 1929 гг.); -28,0 м - стабильно низкий (1942 – 1969 гг.); -29,0 м - минимальный для столетия (1977 г.); -27,8 м - промежуточный (1985 - 1987); -27,0 м - современный.

Для положений уровня моря -28 м абс. была разработана карта «Опасность нагонных затоплений северо-западного побережья Каспийского моря» в традиционном варианте. При составлении карты использовались материалы разновременной космической съемки и их ландшафтно-индикационной интерпретации, данные наблюдений гидрометеорологических постов, результаты полевых наземных и аэровизуальных наблюдений. Выделены границы зон затоплений побережья штормовыми нагонами 1.4, 1.7, 2.1 и 3.0 м высоты, что соответствовало критической, опасной, особо опасной и

катастрофической ситуации (при отметке уровня моря – 28 м). Каждая зона соответственно была охарактеризована как тревожная (риск затопления один раз в 2 года), опасная (один раз в 25 лет), особо опасная (один раз в 50 лет) и экстремальная (один раз в 100 лет) [Курбатова, Голубева...2005].

Составленная в масштабе 1:500 000 карта позволила оценить размеры затопленных площадей и районов, находящихся в зоне риска временного затопления, выявить участки побережья, подверженные активному размыву, определить границы подтопления городских территорий, промышленных зон, транспортной сети, сельскохозяйственных угодий. Выделение площадей затоплений нагонами различной величины дает возможность, во-первых, установить попадающие в зоны действия нагонов наземные очаги промышленного и сельскохозяйственного загрязнений; во-вторых, выделить территории, подверженные вторичному загрязнению морской водой.

Разработка интерактивной карты «Штормовые нагоны на западном побережье Каспийского моря» выполнялась в новой версии программы для создания профессиональных анимационных Flash-файлов - Adobe Flash Professional, которая обеспечивает быструю и плодотворную работу с Flash технологией благодаря функциональному интерфейсу, наличию расширенных инструментов для обработки видео и анимации, а также широкой интеграции с другими графическими приложениями компании Adobe. Присутствует возможность импорта файлов из Adobe Photoshop, Adobe Illustrator, CorelDRAW и других программ. Удобная временная шкала позволяет наиболее точно накладывать эффекты движения и расширенные средства для создания и редактирования основных геометрических форм, с возможностью генерации своих фигур с помощью встроенного модуля JavaScript API.

С помощью Flash-приложения осуществлялась визуализация изображения на мониторе, которое имеет следующую компоновку: вверху – название карты, в левой половине монитора расположено окно с многослойным анимационным изображением, в правой части – панель управления, окно комментариев и условные обозначения. Панель управления представляет собой набор кнопок, которые позволяют комбинировать различные сочетания слоев с изображением береговой линии моря выбранного уровня и границы зоны затопления побережья нагоном заданной величины. Так, выбрав одну из предлагаемых в разделе «Уровень моря» отметок уровня (- 27 или -28 м) получаем изображение карты побережья Северного Каспия, соответствующее этой ситуации. Затем, выбрав в разделе «Нагоны» кнопку величины нагона (1.4, 1.7, 2.1 или 3.0 м) и активизировав ее, наблюдаем плавное перемещение береговой линии вглубь суши до границы затопления ее нагоном данной величины. Чем больше величина нагона и выше уровень моря, тем шире полоса затопления. Отдельные участки местности, относительная высота которых над уровнем моря больше, чем высота нагона, изображаются в виде небольших «островков безопасности». На изображении побережья можно также выделить от одной до четырех границ зон затопления его нагонами без заливки голубым цветом, что позволяет видеть, какие антропогенные объекты попадают в зону штормового нагона. Дополнительное удобство представляет масштабная линейка, перемещающая

которую по всему полю изображения, можно точно определить ширину зоны затопления в конкретном месте. Таким образом, исследователь получает возможность управлять динамической последовательностью в интерактивном режиме, менять численные значения многолетних и краткосрочных положений уровня моря, получать анимации прогнозируемых ситуаций.

В окне «Комментарии» находится текстовое описание нагонов как явления, приводятся характеристики наиболее катастрофических нагонов на Северном Каспии.

В раздел «Условные обозначения» включены условные знаки, составляющие основное содержание карты – природные (гидрографическая сеть, каналы морские, лиманы, бессточные понижения, тростниковые болота и заболоченные территории, солончаки) и антропогенные (населенные пункты, дорожная сеть, газопроводы, склады горючего, нефтепромыслы)

Предлагаемая методика составления анимационных моделей может быть использована при разработке прогнозных сценариев затопления побережья штормовыми нагонами при возможном изменении положения уровня моря как в сторону его повышения, так и понижения. В этих случаях за исходную должна быть принята береговая линия, соответствующая современной или прогнозной отметке уровня.

Достоинства анимационные картографических моделей, разработанных с помощью программной среды Adobe Flash CS3 Professional, заключаются в следующем:

- Представляют собой наглядную иллюстрацию разновременных динамических изменений положения береговой линии Северного Каспия;
- Отличаются высокой точностью благодаря нанесению градусной сетки и наличию передвижной шкалы измерений, соответствующей линейному масштабу, что позволяет получать такие количественные характеристики, как ширину зоны затопления в каждом конкретном месте, площади территорий, затапливаемых нагонами определенной величины, площади «островков безопасности» и т.д.;
- Сохранением детализации содержания, которая обеспечена в процессе составления традиционных карт, взятых за основу.

Разработанные анимационные модели могут быть использованы в географических информационных системах, направленных на различные аспекты изучения проблем защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций как для Северного Каспия, так и других побережий со сгонно-нагонными явлениями; при согласовании перспективных планов дальнейшего хозяйственного развития территорий и разработке мер по уменьшению материального ущерба от штормовых наводнений (путем выбора оптимальной высоты защитных сооружений, прокладки маршрутов безопасности для эвакуации населения и т.д.).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Берлянт А.М. Теория геоизображений. – М.: ГЕОС, 2006. – 262 с.

2. Верещака Т.В, Курбатова И.Е, Баранова Е.В. Карта многолетней изменчивости береговой линии Северного Каспия и ее электронная версия. // Геодезия и картография. 1999. № 10. С.35-42.

3. Курбатова И.Е., Голубева З.Г. Опасность нагонных затоплений северо-западного побережья Каспийского моря. Карта, пояснительная записка к карте // Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций в Российской Федерации / под общей редакцией С.К. Шойгу. – М.: ИПЦ Дизайн. Информация. Картография. – 2005. С. 122, 126-127.

© И.Е. Курбатова, Д.В. Горбачев, 2010

УДК 622.831.32

Г.И. Кулаков

ИГД СО РАН, Новосибирск

КРИЗИСНЫЕ И ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ, СВЯЗАННЫЕ С ВНЕЗАПНЫМИ ВЫБРОСАМИ УГЛЯ И ГАЗА НА ШАХТАХ ДОНБАССА, КУЗБАССА, КАРАГАНДИНСКОГО БАССЕЙНА

Рассматриваются временные циклы частоты внезапных выбросов угля и метана синхронные технологическим процессам при подземной добыче угля, в частности, обобщенные недельные циклы, обобщенные месячные циклы, обобщенные годовые циклы и изменение структуры этих циклов на принятых к рассмотрению отрезках времени длительностью семь лет и десять лет.

G.I. Kulakov

Research Mining Institute, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences,
Novosibirsk

CRISIS AND EMERGENCY SITUATIONS RESULTING FROM THE SUDDEN DISCHARGE OF COAL AND GAS IN MINES OF DONBASS, KUZBASS AND KARAGANDA FIELD

The paper deals with the time cycles of the coal and methane sudden discharge frequency simultaneous with the technological processes of the deep mining, in particular, generalized week-, month- and year cycles and the changes in the structure of these cycles during the considered seven- and ten-year periods.

Подземные горные работы по добыче угля с некоторой глубины обычно сопровождаются нежелательным явлением – внезапными выбросами раздробленного угля и газа метана, при этом потоки газа переносят значительные массы угля на расстояния от первых метров до сотен метров. При этом попутно разрушаются горные выработки их крепь, горнодобывающая техника и оборудование, травмируются, а в ряде случаев погибают горнорабочие. Упомянутые глубины, на которых фиксируются первые выбросы составляют обычно 150-200 м. Количество переносимого газовыми потоками разрушенного угля составляет от 2-5 т, до 100-200 т, а в ряде случаев до 1000-2000 т, количество выделившегося метана составляет соответственно 20-50 м³, 2000-5000 м³, а при особо мощных выбросах достигает 20 000-100 000 м³.

Для горного предприятия такие проявления являются авариями и сопровождаются нарушением технологического процесса, потерей добычи, значительными, а при крупных выбросах большими объемами дополнительных затрат труда и материальных средств на ликвидацию последствий выброса.

В табл. 1 приведены сведения о внезапных выбросах угля и газа на шахтах Донбасса: «Юнкон» (46 выбросов), «Комсомолец» (4 выброса), им. Артема (38 выбросов), им. Карла Маркса (32 выброса), «Красный Профинтерн» (13 выбросов). В таблице содержатся сведения: дата выброса, день недели, соответствующий дате выброса (колонка 3), мощность пласта и угол падения (колонки 4 и 5), глубина от поверхности до очага выброса (колонка 6), параметр мощности (интенсивности) выброса (количество выброшенного угля, т) – колонка 7. В колонке 8 указано место выброса – наименование горной выработки, в которой произошел внезапный выброс.

Выбросы в табл. 1 относятся к шестилетнему периоду 1947-1952 г.г. Всего в таблице приведено 133 выброса.

На основе данных табл. 1 построены годовые недельные циклы для шахт, приведенные в табл. 2 по годам 1947 – 1948 – 1949 – 1950 – 1951 – 1952.

Годовые недельные циклы по каждой шахте объединены в обобщенные недельные циклы по каждой из пяти шахт табл. 1, выделенные в строках «Всего» табл. 2.

Обобщенный недельный цикл для шахты «Юнком» двухмодальный с максимумами в обобщенную среду (12 выбросов) и в обобщенную субботу (9 выбросов).

Обобщенный недельный цикл для шахты им. К. Маркса трехмодальный с максимумами в обобщенный понедельник (7 выбросов), в обобщенную пятницу (6 выбросов) и в обобщенное воскресенье (6 выбросов).

Аналогичный недельный цикл для шахты им. Артема также трехмодальный с максимумами в обобщенный понедельник (7 выбросов), в обобщенную пятницу (7 выбросов) и в обобщенное воскресенье (10 выбросов).

Аналогичный недельный цикл по шахте «Красный Профинтерн» одномодальный с максимумом в обобщенный четверг (4 выброса).

Внизу табл. 2 приведен обобщенный недельный цикл для группы из пяти шахт. Распределение трехмодальное с максимумами в обобщенный понедельник (23 выброса), в обобщенный четверг (21 выброс) и в обобщенное воскресенье (21 выброс).

Последнюю колонку табл. 2 можно рассматривать как годовые циклы по каждой из пяти шахт. Объединим эти циклы в однопериодный годовой цикл для пяти шахт. Запишем этот цикл в виде таблички:

1947	1948	1949	1950	1951	1952	Итого
1	3	14	34	47	34	133

Получили обобщенный шестилетний цикл, характеризующий пять шахт – обобщенный шестигодовой цикл для группы шахт. Распределение одномодальное с максимумом в 1951 году (47 выбросов).

Перейдем к анализу вопроса увеличения газовыделения метана в момент внезапного выброса. Рассмотрим табл. 3, где приведены сведения по 11 выбросам, включая два выброса по Кузбассу, два выброса по Карагандинскому бассейну и семь выбросов на шахтах Донбасса (шахты «Юнком», им. Калинина, им. Артема, «Глубокая», «Ольховатская»).

В таблице приведены: бассейн, шахта, дата выброса (колонка 2); геологические условия (глубина от поверхности до центра выброса, мощность угольного пласта, его угол падения и естественная газоносность пласта q , м³/т (колонки 3, 4, 5); мощность выброса по количеству выброшенного угля, т по количеству выделившегося метана, м³ (колонки 6, 7); дальность распространения выброшенного угля (колонка 8); в колонке 9 приводится количество метана и выделившегося на 1 т выброшенного угля (параметр η , м³/т); в колонке 10 приводятся сведения о коэффициенте η/q увеличения газовыделения в момент выброса.

Выделившееся при внезапных выбросах количество метана на 1 т выброшенного угля колеблется от 20 до 200 м³, иногда до 300 м³, в частности, на шахтах Кузбасса [5], что превышает природную газоносность угольных пластов на той же глубине в 3-13 раз [5].

Мощность (интенсивность) внезапных выбросов принято характеризовать количеством выброшенного угля P , т и количеством выделившегося газа V , м³, введем дополнительно дальность отброса продуктов выброса (угля и породы) L , м. Коэффициент газоотдачи пласта в зоне внезапного выброса $\eta = \frac{V}{P}$. В табл. 3

приведены сведения по 11 внезапным выбросам, в том числе по двум выбросам в Кузбассе (выброс № 1 пласт «Неизвестный» [5], № 2 – выброс на шахте № 12, 25.09.90 г.), по двум выбросам в Карагандинском бассейне (№ 3 на шахте им. Ленина Тентекского района, № 4 на шахте «Стахановская» [3] и по семи выбросам на шахтах Донбасса [1, 2]).

В таблице обозначено: в случае № 1 при выбросе на пласте «Неизвестный» в Кузбассе имеет: естественная газоносность угольного пласта до выброса $q = 22.6$ м³/т; выброшено $P = 300$ т угля и выделилось $V = 50\,000$ м³ метана, при этом на 1 т выброшенного угля выделилось $\eta = 50\,000 : 300 = 167$ м³/т метана, что в 7,4 раза превышает естественную газоносность этого пласта $q = 22.6$ м³/т. В случае шахты им. Ленина Карагандинского бассейна превышение выделившегося метана при выбросе по сравнению с естественной газоносностью пласта составило $\eta/q = 650 : 22 = 29.4$. Поскольку это не единичные примеры, то специалисты вынуждены искать ответ на вопрос: откуда возникает дополнительное количество метана (не добавка метана, а увеличение в разы и даже на порядок).

Гипотеза 1. Дополнительный метан выделяется из соседних пластов и из боковых пород.

Гипотеза 2. Выделяется метан, сорбированный молекулярной структурой угля, а не только содержащийся в норах.

Гипотеза 3. Уголь пластов в естественном состоянии представляет твердый раствор газа метана в угле.

Гипотеза 4. Установлено, что в условиях низких температур возникает соединение метана с молекулами угля и воды за счет слабых химических связей. Считается, что основные запасы метана на Земле сосредоточены не в газовых месторождениях и не в угольных бассейнах, а в виде месторождений газогидратов в вечномерзлых участках земной коры. При повышении

температуры метан из газогидратов высвобождается и разрушает структуру угольного пласта, формируется внезапный выброс.

Авторы гипотезы 4 предполагают, что в угольных пластах присутствуют в каком-то количестве газогидраты. Распадаясь в условиях внезапного выброса, они и обеспечивают избыток метана.

К сожалению гипотезы 3 и 4 экспериментально пока недостаточно обоснованы.

Гипотеза 5. Ряд специалистов Донецкого физико-технического института более 30 лет назад под руководством акад. АН Украины А.А. Галкина начали исследования горных пород и углей методами ядерного магнитного резонанса (ЯМР) и электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) [6, 7]. В последних изложены научные основы методов ядерного магнитного (ЯМР) и электронного парамагнитного резонансов (ЭПР). Приведены результаты исследований сорбции газов и жидкостей горными породами и углем, дан анализ их микро- и макроструктуры с помощью резонансных методов. Рассмотрен прогноз выбросоопасности угольных пластов радиофизическими методами.

Гипотеза 6. В работе [8] отмечается, что при исследовании органической массы углей ряда метаморфизма из геологических нарушений, опасных и неопасных по внезапным выбросам угля и газа, методами инфракрасного анализа, газовой хроматографии получены данные, указывающие на возможность создания способа прогноза выбросоопасности вообще и геологических нарушений, в частности, на базе ЭПР-спектроскопии.

Высказаны взгляды на природу формирования выбросоопасных зон и геологических нарушений как результат структурно-химических преобразований углей в процессе механохимических реакций, обусловленных деформацией под давлением при воздействии на них тектонических сил.

В работе [9] отмечается, что при внезапных выбросах угля и газа количество выделившегося метана превышает иногда на порядок, природную метаноносность пластов [9, 10]. Например, при выбросах на пласте h_8 «Прасковиевский» шахты им. Калинина ПО «Донецкуголь», природная метаноносность которого составила 25-28 м³/т, при выбросах выделилось 290-310 м³/т метана.

В работе [3] отмечается, что величины удельного метановыделения при внезапных выбросах на шахтах Карагандинского бассейна на глубине проявления выбросов изменяются от 10.7 до 22.1 м³/т, тогда как объем выброшенного метана изменяется от 30 до 250 м³/т, а в ряде случаев до 608 – 650 – 860 м³/т. Природа такого метановыделения не обменивается с позиций сорбционных представлений.

Исследования авторов [8, 9] методом инфракрасной спектроскопии показали, что органическая масса углей в окрестности полостей внезапных выбросов обогащена алифатическим углеродом, представленным кислородметилметиленовыми мостиками.

Алифатические структуры (химическая энциклопедия, Т. 1) – углеводороды и их производные, углеродные атомы которых связаны между собой в открытые неразветвленные или разветвленные цепи.

Методом ЭПР-спектроскопии [8, 9] определена концентрация неспаренных электронов (ПМЦ), характеризующая степень дефективности межатомных связей мостиковых структур. Обогащение органической массы углей алифатическими структурами происходит за счет деструкции конденсированной ароматики, что подтверждается рентгеноструктурным анализом углей.

Углехимическими исследованиями [8, 9] установлено, что мостиковые структуры в составе органической массы углей представляют связи пониженной прочности, при этом повышение дефектности углерод-кислородных и углеводородных мостиков переводит их в фрагменты структуры, отличающиеся повышенной нестабильностью и высокой реакционной способностью. Таким образом, в основе механизма газообразования и газовыделения лежат процессы деструкции углеводородных алифатических цепей, имеющих повышенную дефектность.

Отличие опасных и неопасных по выбросоопасности структур принципиально и состоит в степени дефектности молекулярных связей, предельный уровень этой связи необходим для возбуждения в структуре механохимических реакций деструкции связей по свободно-радикальному механизму, сопровождающихся генерацией газовой фазы. При этом начальный энергетический импульс, необходимый для инициирования механохимических превращений системы получает при изменении природного равновесия напряженного состояния в результате ведения горных работ.

Вывод. Внезапные и обыкновенные метановыделения, сопровождающие разработку угольных пластов, имеют единую механохимическую природу. Следовательно, внезапные метановыделения не являются следствием истечения «готового метана», накопленного в сорбционном объеме органической массы углей в течение геологической истории пласта. С окончанием воздействия на горный массив метановыделения не прекращаются, но стабилизируются на значительно более низком «фоновом» уровне, продолжается бесконечно долго во времени, поскольку управляется процессами метаморфических преобразований углей, т.е. процессами межатомных взаимодействий, сущность которых состоит в упрощении химического состава и структуры углерода органической массы угля.

Перейдем к рассмотрению конкретных выбросов на шахтах Донбасса. В табл. 1 приведены сведения о выбросах на шахтах «Юнкон» (46 выбросов), «Комсомолец» (4 выброса), им. Артема (38 выбросов), им. К. Маркса (32 выброса), «Красный Профинтерн» (13 выбросов). В таблице приведены: дата выброса, день недели, соответствующий дате выброса (колонка 3), мощность пласта и угол падения, глубина очага выброса от поверхности (колонка 6), место выброса – тип горной выработки, в которой произошел выброс.

На основе табл. 1 построены обобщенные по годам недельные циклы (табл. 2), по каждой из пяти рассмотренных шахт.

В пределах каждой из пяти шахт в строке «Всего» приведены обобщенные в пределах нескольких лет обобщенные недельные циклы. Такое распределение для шахты «Юнком» является двухмодальным с максимумами выбросов в среду и субботу. Для шахты им. К. Маркса соответствующее распределение

трехмодальное с максимумами в понедельник (7 выбросов), в пятницу (6 выбросов) и в воскресенье (6 выбросов).

Рассматриваемое распределение для шахты им. Артема также трехмодальное, максимумы которого пришлись на понедельник обобщенного недельного цикла, четверг и воскресенье.

Для шахты «Красный Профинтерн» распределение в строке «Всего» одномодальное с максимумом в четверг (4 выброса).

Обобщенный недельный цикл для группы из пяти шахт представлен трехмодальным распределением с максимумами в понедельник (23 выброса), в четверг (21 выброс) и в воскресенье (21 выброс).

Сведения в последней колонке табл. 2 следует рассматривать как обобщенные циклы во времени за соответствующие периоды по каждой из шахт. Для шахты «Юнком» это обобщенный годовой цикл за пятилетний период, представленный одномодальным распределением с максимумом, расширенным на два этапа по 15 выбросов. Для шахты им. К. Маркса это одномодальное распределение с максимумом 16 выбросов. Для шахты им. Артема это двухмодальное распределение с максимумами 10 выбросов и 11 выбросов. Для шахты «Комсомолец» и шахты «Красный Профинтерн» соответствующие циклы не сформировались.

Обобщенный годовой цикл по пяти шахтам запишется в следующем виде:

Наименование Шахты	1947	1948	1949	1950	1951	1952	Итого
«Юнком»	-	3	4	9	15	15	46
«Комсомолец»	3	1	-	-	-	-	4
Им. К. Маркса	-	-	-	10	16	6	32
Им. Артема	1	-	10	7	11	9	38
«Красный Профинтерн»	-	-	-	5	4	4	13
Всего	3	4	14	31	46	34	133

Это одномодальное распределение с максимумом 46 выбросов в 1951 г.

Таблица 1. Внезапные выбросы на шахтах «Юнком», «Комсомолец» (Донбасс)

№№ пп	Число, месяц, год выброса	День недели	Мощность пласта, м	Угол падения, α^0	Глубина, м	Мощность выброса угля, т	Место выброса, выработка
1	2	3	4	5	6	7	8
Шахта «Юнком», пласт «Толстый», m_3							
1	01.06.49	Ср	1.05	66	340	383	сбойка
2	28.10.48	Чт	1.0	66	400	2	гезенк
3	07.09.50	Чт	0.7	66	446	6	гезенк
4	22.12.50	Пт	1.0	66	478	3	гезенк
5	05.08.48	Чт	0.8	66	480	4	гезенк
6	05.10.51	Пт	0.7	60	430	-	гезенк
7	22.01.52	Вт	0.7	66	420	-	гезенк
8	08.10.51	Пт	0.7	66	430	20	лава
Пласт «Мазур», ℓ_1							
9	03.09.50	Вс	1.1	66	484	10	гезенк
10	25.09.50	Пн	1.1	66	474	25	гезенк

Пласт «Каменка», κ_8							
11	19.02.49	Сб	1.0	66	460	14	лава
Пласт «Юльевский», κ_7^{1-H}							
12	25.08.50	Ср	1.5	65	500	20	штрек
13	25.08.50	Пн	1.4	65	380	45	лава
14	21.02.51	Ср	2.0	65	460	600	лава
15	11.04.51	Ср	1.2	65	420	981	лава
16	09.04.52	Ср	2.2	65	410	440	лава
Пласт «Александровский», κ_7							
17	29.04.49	Пт	1.3	66	490	17	штрек
18	10.04.50	Сб	1.3	66	490	3	гезенк
19	05.08.50	Сб	1.7	66	470	135	лава
20	23.12.50	Сб	1.55	66	430	34	лава
21	29.12.50	Пт	1.3	66	440	6	лава
Пласт «Андреевский», κ_4							
22	27.08.51	Пн	0.95	66	480	6	штрек
Пласт «Рудный», κ_4							
23	07.01.51	Вс	0.67	66	490	7	штрек
24	05.06.51	Вт	0.77	68	480	5	штрек
25	05.02.52	Вт	0.7	66	520	8	штрек
26	12.06.51	Вт	0.7	66	410	3	лава
27	14.06.51	Чт	0.7	66	450	4	лава
28	20.06.51	Ср	0.76	66	470	21	лава
29	28.07.51	Сб	0.76	66	470	3	лава
30	28.07.51	Сб	0.76	66	440	11	лава
31	22.08.51	Ср	0.74	66	440	16	лава
32	20.09.51	Вт	0.78	66	410	80	лава
33	06.12.51	Чт	0.70	66	400	5	лава
34	14.01.52	Пн	0.70	66	436	7	лава
35	16.01.52	Ср	0.70	66	450	7	лава
36	17.01.52	Чт	0.70	66	430	35	лава
37	23.02.52	Сб	0.70	66	460	3	лава
38	09.04.52	Ср	0.70	66	470	11	лава
39	26.07.52	Сб	0.60	66	487	10	лава
40	11.10.52	Сб	0.79	66	487	4	лава
41	12.11.52	Ср	0.71	66	470	14	лава
42	18.11.52	Вт	0.72	66	480	14	лава
43	20.11.52	Чт	0.90	66	470	15	лава
44	09.12.52	Вт	0.60	66	470	3.2	лава
45	17.12.52	Ср	0.60	66	470	4	лава
Пласт «Дерезовка», κ_3							
46	02.11.49	Ср	0.90	67	500	140	квершлаг
Шахта «Комсомолец», пласт «Куций», m_5							
1	15.04.50	Сб	1.2	59	618	52	штрек
2	17.04.50	Пн	1.15	59	608	1.5	просек
3	27.06.50	Вт	-	59	-	11	штрек

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8
Пласт «Девятка», ℓ_4^4							
4	13.08.51	Сб	1.8	52	618	186	просек
Шахта № 10 им. Артема, пласт «Никанор»							
1	20.03.49	Вс	1.7	67	368	15	штрек
2	25.03.49	Пт	1.7	67	368	25	штрек
Пласт I «Подалмазный», ν_2							
3	03.12.47	Пт	-	-	368	20	штрек
4	15.02.52	Вт	1.8	62	363	20	штрек
5	07.10.49	Пт	1.15	65	363	3	гезенк
6	22.12.49	Чт	1.1	65	363	7	гезенк
7	02.04.50	Вс	1.6	65	353	29	просек
8	22.01.50	Вс	1.1	65	358	64	лава
9	30.04.50	Вс	1.2	65	247	20	лава
10	09.05.50	Вт	1.25	65	348	5.5	лава
11	11.05.50	Чт	1.1	65	348	40	лава
Пласт II «Каменский», κ_6							
12	17.09.51	Пн	0.8	65	360	30	штрек
13	01.10.51	Пн	0.85	65	360	8	штрек
14	08.10.51	Пн	0.8	65	360	25	штрек
15	12.11.51	Пн	0.7	65	361	1	штрек
16	19.11.51	Пн	0.7	65	363	20	штрек
17	22.11.51	Чт	0.8	65	363	8	штрек
18	18.02.52	Пн	1.1	65	358	20	штрек
19	04.04.52	Пт	0.3	65	360	5	штрек
20	03.06.52	Вт	0.55	65	360	1.5	штрек
21	20.06.52	Пт	0.6	65	358	5	штрек
22	21.11.51	Пт	0.8	65	356	16	лава
23	25.09.51	Вт	0.7	65	356	25	лава
24	07.10.51	Вс	0.8	65	358	40	лава
25	18.10.51	Чт	0.8	65	356	18	лава
26	14.11.51	Ср	0.7	65	358	1	лава
27	14.06.52	Сб	0.8	65	353	4	лава
28	17.06.52	Вт	0.95	65	353	9	лава
29	23.06.52	Пн	0.95	65	353	7	лава
30	19.09.52	Пт	0.75	65	358	9	лава
Пласт III «Камнский», κ_3							
31	27.02.49	Вс	0.8	65	363	456	штрек
32	20.03.49	Вс	0.8	65	363	43	лава
33	29.06.49	Ср	0.7	65	333	80	лава
34	09.07.49	Пт	0.8	65	333	20	лава
35	10.08.49	Ср	0.85	65	318	169	лава
36	20.09.49	Вс	0.7	65	318	17	лава
37	10.12.49	Сб	0.8	65	318	197	лава
38	10.11.50	Вс	0.85	65	313	30	лава

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8
Шахта им. К. Маркса, пласт «Двойной», в_8							
1	05.03.50	Вс	0.65	68	470	3	просек
2	28.07.50	Пт	0.6	68	494	20	штрек
3	20.03.51	Вт	0.9	68	473	35	штрек
4	05.03.50	Вс	0.65	70	454	9	лава
5	06.04.50	Чт	0.65	70	402	18	лава
6	20.04.50	Чт	0.6	69	478	5	лава
Пласт «Девятка», ℓ_4							
7	02.11.50	Чт	0.9	68	504	42	штрек
8	18.11.50	Сб	0.8	68	504	25	штрек
9	25.07.52	Пт	1.0	68	504	35	штрек
10	05.11.50	Вс	0.9	68	494	20	просек
11	15.01.51	Пн	0.8	68	504	20	просек
12	13.10.52	Пн	0.9	68	500	15	просек
13	06.11.50	Пн	1.15	68	486	60	лава
14	07.05.51	Пн	0.8	68	471	60	лава
15	12.08.51	Вс	0.05	68	448	-	лава
16	24.11.51	Сб	0.9	68	478	12	лава
17	10.12.51	Пн	0.9	68	490	10	лава
18	29.10.52	Ср	1.0	68	480	8	штрек
19	02.02.51	Пт	1.6	68	461	5	штрек
20	27.02.51	Вт	1.6	68	446	25	лава
21	13.07.51	Пт	1.55	68	450	15	просек
22	10.04.52	Чт	1.6	68	440	60	просек
Пласт «Кирпичевка», ℓ_2							
23	27.08.51	Пн	0.9	70	445	20	штрек
24	19.04.51	Чт	1.1	68	457	40	штрек
25	21.08.51	Вт	1.7	68	461	45	штрек
26	05.11.51	Пн	1.1	68	449	10	просек
27	14.12.51	Пт	1.5	68	438	70	лава
28	28.12.51	Пт	1.5	68	436	25	лава
29	13.05.52	Вс	1.2	68	446	2	лава
30	10.07.51	Вт	1.2	68	450	8	гезенк
31	25.04.50	Вт	1.2	68	459	7	гезенк
Пласт «Дерезовка»							
32	02.12.51	Вс	2.1	67	508	150	квершлаг
Шахта «Красный Профинтерн», пласт «Андреевский», κ_4							
1	16.03.51	Пт	0.5	68	486	5	штрек
2	06.05.51	Вс	0.5	68	545	30	штрек
3	08.07.51	Вс	0.85	68	543	15	штрек
4	09.01.52	Ср	0.40	69	548	5	штрек
5	24.01.52	Чт	0.2÷0.4	70	548	20	штрек
6	06.08.51	Пн	0.87	68	536	5	лава
7	25.02.52	Пн	0.58	68	532	22	лава

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8
Пласт «Бураковка», κ_1							
8	27.07.50	Чт	0.60	68	545	12	штрек
9	01.02.52	Пт	0.70	68	541	15	гезенк
10	27.07.50	Чт	0.70	68	535	10	лава
11	21.09.50	Чт	0.70	68	474	15	лава
12	27.12.50	Ср	0.80	68	540	350	лава
13	24.09.50	Вс	0.70	68	543	50	просек

Таблица 2. Обобщенные по годам недельные циклы

Годы (периоды)	Дни недельного цикла							
	Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Вс	Итого
Шахта «Юнком»								
1948			•	••				3
1949			••		•	•		4
1950	••			•	••	•••	•	9
1951	••	•••	••••	••	•	••	•	15
1952	•	••••	•••••	••		•••		15
Всего	5	7	12	7	4	9	2	46
Шахта «Комсомолец»								
1950	•	•				•		3
1951	•							1
Всего	2	1	-	-	-	1	-	4
Шахта им. Карла Маркса								
1950	•	•		•••	•	•	•••	10
1951	•••••	••••		•	•••	•	••	16
1952	•		•	•	••		•	6
Всего	7	5	1	5	6	2	6	32
Шахта № 10 им. Артема (гор. 254-374)								
1947					•			1
1948								-
1949		•	••	•	•	•	••••	10
1950		•		•	•		••••	7
1951	•••••	•	•	••	•		•	11
1952	••	••		•	•••		•	9
Всего	7	5	3	5	7	1	10	38
Шахта «Красный Профинтерн» (гор. 440-537)								
1950			•	•••			•	5
1951	•				•		••	4
1952	•		•	•	•			4
Всего	2	-	2	4	2	-	3	13
ИТОГО	23	18	18	21	19	13	21	133

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бобров И.В. Внезапные выбросы угля и газа на шахтах Донбасса / В.И. Бобров, Р.М. Кричевский, В.И. Михайлов // М.: Углетехиздат. – 1954. – 514 с.
2. Каталог внезапных выбросов угля и газа на шахтах // Ленинграу, Украинский филиал ВНИМИ. – 1989. – 196 с. Составители: А.Е. Жуков, В.А. Канин / под ред. д.т.н. И.М. Петухова.
3. Бирюков Ю.М. Проблемы техногенных газодинамических явлений / Ю.М. Бирюков, А.А. Пименов, Р.Р. Ходжаев // Калининград, КГТУ. – 2005. – 200 с.
4. Опарин В.Н.
5. Лудзиш В.С. Аварийность и травматизм на шахтах Кузбасса и меры по их снижению / В.С. Лудзиш, Г.И. Кулаков. / отв. ред. проф., д.т.н. О.И. Чернов // Новосибирск, изд-во СО РАН. – 1999. – 220 с.
6. Алексеев А.Д., Зайденварг В.Е., Синолицкий В.В., Ульянов Е.В. Радиофизика в угольной промышленности // М., Недра. – 1992. – 184 с.
7. Алексеев А.Д., Сургай Н.С. Прогноз и управление состоянием горного массива // Изд-е Донецкого физико-технического института АН Украины. Киев. – 1994. – 200 с.
8. Фролков Г.Д. и др. Влияние природной механоактивации на выбросоопасность углей / Г.Д. Фролков, М.И. Фандеев, Г.В. Налов, А.Г. Фролков, С.А. Французов, В.В. Соболев. 1997 // Интернет: http://vostnii.must.ru/outbursts_ru.htm из КЭША Gooqil.
9. Фролков Г.Д. и др. О механохимической природе выделения угольного метана / Г.Д. Фролков, А.Г. Фролков // Шахтинский центр ВостНИИ.
10. Малышев Ю.Н. и др. Техногенная геодинамика. Кн. 1. // В.Б. Артемьев, И.В. Еремин, А.В. Лисуренко, С.Г. Гагарин. Условие образования и характерные признаки динамически активных углей. – М. «Недра коммюникейшен ЛТД». – 1999. – С. 376-378.

© Г.И. Кулаков, 2010

УДК 528.8

И.С. Кошечкин, В.В. Чернов, А.А. Якимов

ВСФ ФГУП «Госземкадастръёмка» ВИСХАГИ, Иркутск

МОНИТОРИНГ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ВОД НА БЕРЕГОВУЮ ЗОНУ БРАТСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

В статье обобщен опыт практических исследований состояния береговой зоны Братского водохранилища. Отмечена высокая степень разрушительных береговых процессов и неэффективность проводимых берегозащитных мероприятий. Даны рекомендации по предупреждению негативного воздействия вод на береговую зону Братского водохранилища.

I.S. Koshechkin, V.V. Chernov, A.A. Yakimov

ESF Goszemkadastrsyomka VISHAGI, Irkutsk, Russia Federation

MONITORING OF NEGATIVE INFLUENCE OF WATERS ON THE WATERSIDE AREA OF THE BRATSK STORAGE POOL

Experience of practical researches of the state of waterside area of Bratsk water basin is generalized in the article. The high degree of destructive processes of watersides and unproductiveness of the conducted coast-protecting measures is marked. Recommendations on prevention of negative influence of waters on the waterside area of the Bratsk storage pool are made.

Регулирование водных отношений, согласно Водному кодексу РФ, осуществляется исходя из представления о водном объекте как важной составной части окружающей среды, месте обитания объектов животного и растительного мира, как о природном ресурсе, используемом человеком для личных и бытовых нужд, осуществления хозяйственной и иной деятельности и, одновременно, как об объекте права собственности и иных прав.

Для Иркутской области, обладающей огромными гидроэнергетическими ресурсами и крупнейшими водохозяйственными системами, изучение характера взаимодействия и взаимовлияния водного объекта и прилегающей территории крайне необходимо.

В силу положений п.3, п.4 ст. 5 Водного кодекса РФ, поверхностные водные объекты состоят из поверхностных вод и покрытых ими земель в пределах береговой линии (граница водного объекта), которая определяется для водохранилища по нормальному подпорному уровню (НПУ) воды (Водный кодекс). При этом в соответствии НПУ – это наивысший проектный подпорный уровень верхнего бьефа, который может поддерживаться в нормальных условиях при эксплуатации гидротехнических сооружений (ГОСТ 19185-73, пункт 38; СТ СЭВ 2261-80, пункт 59).

В настоящее время определение границ созданного водохозяйственного объекта достаточно затруднено. Во-первых, отсутствует законодательно установленная методика. Во-вторых, законом не предусмотрено, на какой момент подлежит установлению его граница (в данном случае – на момент возникновения водохранилища, либо на другую дату, например с момента постановки на государственный кадастровый учет).

Указанное обстоятельство имеет принципиальное значение, т.к. фактически границы водного объекта изменяются в той или иной мере ежедневно по разным причинам: в связи водохозяйственными решениями, изменением уровня водохранилища, с негативным воздействием вод - затоплением, подтоплением, разрушением берегов водных объектов, заболачиванием и другими негативными воздействиями, причем не только летом, но и зимой. Изначально, при проектировании гидротехнических сооружений, определялся НПУ, по нему определялись границы затопления, законодательно производилось перераспределение земель, выносились в натуру границы водохранилищ.

Так, проектирование Ангарского каскада ГЭС выполнял Институт «Гидропроект» имени С. Я. Жука. Законодательно утвержденный проектный НПУ Братского водохранилища – 401,73м. (Балтийская Система высот), отображенный на топографических картах М 1:25000, хранится в государственном фонде землеустроительной документации Управления Роснедвижимости по Иркутской области. Каталоги координат НПУ обнаружить не удалось.

Зафиксированное положение проектного НПУ водохранилища, как исходная граница водного объекта, определяющая площадь и местоположение проектируемого водохозяйственного объекта, позволяет однозначно произвести расчет потерь земельных ресурсов от негативного воздействия вод и составить прогноз размыва берегов на долгосрочный период.

Впервые реализация данной концепции выполняется в рамках Государственного контракта № П-09-01 от 08.05.09, заключенного между ФГУП «Госземкадастръемка»-ВИСХАГИ Восточно-Сибирского филиала и Енисейским БВУ Федерального агентства водных ресурсов по теме «Разработка рекомендаций по предупреждению негативного воздействия вод на береговую зону Братского водохранилища».

Цели контракта:

1. Определение положения проектного НПУ по материалам гидротехнического проектирования;
2. Определение положения бровки береговой зоны и динамика ее изменения на протяжении 3 лет наблюдения;
4. Оценка негативного воздействия вод на береговую зону Братского водохранилища;
5. Разработка рекомендаций по предупреждению негативного воздействия вод на береговую зону Братского водохранилища.

Используя предоставленный архивный материал проектное местоположение НПУ, как проектной границы водохозяйственного объекта, оцифровано и перенесено на современные ортофотопланы для отдельных участков береговой полосы, подверженных интенсивному размыву, и карту М 1:100 000, изданную после достижения Братским водохранилищем проектных отметок.

Получив начальную точку отсчета для определения уровня негативного воздействия вод и прогноза их развития на любом из обследованных 2115 км береговой полосы Братского водохранилища, мы смогли выделить участки, где фактическое разрушение превысило прогнозные показатели, наиболее опасные участки с интенсивным развитием абразионных процессов, а также участки, где размыв берегов еще не достиг своих проектных показателей.

Следовательно, мы сейчас имеем возможность прогнозировать и оценивать процесс разрушения береговой полосы не от абстрактного ее местоположения на какой-то год, а процесс именно негативного воздействия вод на береговую зону Братского водохранилища от проектного местоположения бровки берега и определить участки, где она вышла, или нет, за пределы своего проектного планового местоположения.

В результате проведенного анализа и в соответствии с техническим заданием были намечены и закреплены на местности 19 мониторинговых площадок для последующего детального изучения эрозионных процессов, оценки негативного влияния вод и разработки рекомендаций по предупреждению их воздействия на береговую зону Братского водохранилища.

Братское водохранилище относится к крупнейшим глубоким искусственным водоёмам. По географическому положению оно расположено в умеренных широтах и является водоёмом плоскогорной области. Водохранилище заняло часть территории Братского, Куйтунского, Балаганского, Усть-Удинского, Аларского, Боханского, Черемховского, Усольского, Осинского, Нукутского районов Иркутской области.

При затоплении безвозвратно потеряны земельные лесные и сельскохозяйственные ресурсы – свыше 5 тыс. км² территории.

По интенсивности проявления техногенных геологических процессов на берегах Братское водохранилище относится к типу геодинамически неустойчивых, характеризующихся циклически сменяющимися стадиями активизации и относительной стабилизации процессов, что в значительной степени определяется уровнем режимом водоёмов.



Основным фактором, определяющим распространенность размываемых берегов, является ветровое волнение, а интенсивность размыва определяется (кроме ветрового волнения) геолого-геоморфологическими условиями береговой зоны. Наиболее интенсивно размываются крутые склоны и склоны, сложенные легкоразмываемыми породами. Геологические факторы совместно с морфологическими и гидродинамическими определяют многообразие абразионных и аккумулятивных процессов, интенсивность и масштабы их развития, формы разрушения береговых уступов, состав наносов, скорости и пути перемещения их и т.д.

В результате многолетней эксплуатации водохранилища ширина размыва берега на некоторых участках, сложенных рыхлыми отложениями, достигла 140-200 м, скальными и полускальными - до 80 м. Из-за продолжающегося и в настоящее время интенсивного разрушения берегов потери земли, включая сельхозугодья, и число затронутых населённых пунктов и дворов растут.

Некоторые посёлки находятся в зоне разрушения берегов водохранилища. В такой зоне оказались посёлки Бильчир, Казачье, Карахун, Чистый, Середкино, Шумилова, Заславск, Усть-Уда, Коновалово, Приморский, Рассвет.



Попытки защитить берега на отдельном участке не приносят успеха. Считаем, что одной из причин является то, что берегоукрепительные сооружения (пос. Бильчир, Приморский) выполнялись по фактической бровке разрушения береговой полосы, т.е. земельный участок под строительство берегоукрепительного

сооружения отводился с учетом фактического местоположения нормального подпорного уровня (по максимальной величине размыва береговой полосы). А так как затопленные водами Братского водохранилища земли теперь являются землями водного фонда и относятся к федеральной собственности, то и процедура отвода федеральных земель под строительство, с переводом земель водного фонда в другую категорию практически невыполнима.

На основании анализа материалов выполненной съемки и оцифрованного архивного материала видно, что, например, в районе пос. Приморский проектный НПУ водохранилища в настоящее время на 70 метров находится под водой. Похожие ситуации характерны и для других поселков и ряда опасных участков береговой полосы, где Братское водохранилище давно перешагнуло через свои проектные границы и продолжает безвозмездно захватывать, без

какого-либо перевода, земли муниципальных образований Иркутской области в федеральную собственность.

Остановимся подробнее на одном из характерных участков, где были организованы мониторинговые наблюдения.

На участке побережья вблизи пос. Рассвет Осинского района размером в 3593 метра, по всем параметрам благоприятного для разрушения берегов и формирования песчаного пляжа, водохранилище перешагнуло границу своего проектного местоположения и захватило 28320 кв. м. лесных и сельскохозяйственных земель Осинского района.

Максимальное удаление современной береговой бровки от проектного НПУ на данном участке составило 160м., среднее по участку – 60м.

Из всего выше изложенного и данного примера, видим, что процесс разрушения берегов существенен, при данном режиме эксплуатации ГЭС постоянен, а в защите берегов и их использовании заинтересованы и администрации разных уровней и предприниматели, но выполнение берегоукрепительных работ без должной проработки мало эффективны.

Учитывая результаты работ по мониторингу состояния береговой полосы Братского и Иркутского водохранилищ, проведенные в 2009 и предыдущие годы, можно сделать следующие выводы:

- Братское водохранилище на многих участках береговой полосы вышло за пределы своего прогнозного планового местоположения (проектного НПУ);
- Условий для стабилизации местоположения бровки береговой полосы на всем ее протяжении нет;
- Создавшиеся на береговой полосе условия требуют защиты не только земельных ресурсов, но и населенных пунктов;
- Выполнение берегоукрепительных работ на отдельно взятом участке по местоположению фактически разрушенной береговой полосе неэффективно;

Учитывая вышесказанное, предлагаем:

- Оформление отвода земельных участков под строительство берегоукрепительных сооружений и других объектов в прибрежной зоне осуществлять с учетом проектного НПУ водного объекта.
- Проектирование гидротехнических сооружений проводить с учетом всех параметров, влияющих на развитие процессов разрушения береговой полосы, в пределах всего морфологического образования защищаемого от размыва.

УДК 528.9

А.В. Контев, Б.Н. Олзоев

ИрГТУ, Иркутск

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ АНГАРСКИХ ВОДОХРАНИЛИЩ ПО КАРТОГРАФИЧЕСКИМ И КОСМИЧЕСКИМ МАТЕРИАЛАМ

В статье рассмотрена динамика состояния природной среды в зоне воздействия ангарских водохранилищ по разновременным картам и космическим снимкам. В качестве примера исследования выбран один из участков Усть-Илимского водохранилища.

A.V. Koptev, B.N. Olzoev

Irkutsk State Technical University (ISTU)

83 Lermontova UI, Irkutsk, Russian Federation

STATEMENT OF RESEARCH PROBLEMS OF DYNAMICS OF THE CONDITION OF THE ENVIRONMENT IN THE ZONE OF INFLUENCE OF ANGARSK WATER BASINS ON CARTOGRAPHICAL AND SPACE MATERIALS

In article dynamics of a condition of an environment in a zone of influence of angarsky water basins on maps occurring at different times and space pictures is considered. As a research example one of sites of the Ust-Ilim water basin is chosen.

При строительстве гидроэлектростанций и образования водохранилищ на р. Ангара изменились природные компоненты, попадающие в зону влияния на них каскада ангарских водохранилищ (Иркутское, Братское, Усть-Илимское). В свою очередь это привело к изменению местного микроклимата (радиационный баланс, температура, влажность, ветровой режим и др.), береговой эрозии, изменению водного баланса бассейна р. Ангара, изменению видов растительности и места обитания животных. В целом, преобразовался ландшафт прибрежной территории р. Ангара. В результате возникла необходимость исследования динамики влияния водохранилищ на прибрежную территорию.

Авторами предлагается использовать метод сравнения разновременных карт на территорию исследования и космических снимков, полученных в период с 1990-2008 гг. Последние относятся к дистанционным материалам, что требует разработки и совершенствования дешифровочных признаков и использования существующих образцов дешифрирования снимков на акватории крупных водоемов.

Концептуальный подход к исследованию основывается на изучении геосистемных связей между природными и антропогенными компонентами окружающей среды.

Несколько слов о прибрежной зоне водохранилищ Приангарья. Ей свойственен гористый характер. Перепад высот на прилегающих территориях достигает 300-500 метров в пределах 10-километровой зоны. Берега Братского и Усть-Илимского водохранилища изрезаны заливами. Устья многих рек затоплены, образуя заливы. Например, подтопление крупных притоков Ангары – реки Ока, Ия, Илим достигает до 150-200 км от устья, создавая при этом обширные водные акватории шириной до 20 км в некоторых местах.

Разнообразные природные условия, особенности геолого-геоморфологического строения береговой зоны и ложа водохранилищ, гидрологические и гидродинамические условия определили развитие процессов абразии. Среднегодовая амплитуда температур понижена по сравнению с показателями прошлых лет, особенно на Братском водохранилище. Усть-Илимское и Братское водохранилища формировались в русле Ангары и её притоков, расположенных в основном на лесопокрытых территориях. Поэтому, кроме разнообразных абразионных процессов береговой зоны, воздействию подверглись лесные массивы, что свидетельствует о наличии плавающей древесной массы на акваториях водохранилищ.

На этапе сбора карт и космических снимков особое внимание уделено старым материалам до затопления пойм реки Ангары и ее притоков, что позволяет провести анализ изменений местности. Для проведения детального исследования была составлена карта-схема эталонных полигонов. В качестве примера был выбран Седановский эталонный полигон на Усть-Илимском водохранилище.

На рис. 1 представлены фрагменты разновременных топографических карт и космических снимков.



карта до затопления, 1967 г.



карта после затопления, 1992 г.



спектрозональный снимок, 1993 г.

сканерный снимок, 2008 г.

Рис. 1. Фрагменты топографических карт и космических снимков на территорию Седановского эталонного полигона

Остановимся подробно на визуальном анализе изменений местности на основе использования этих материалов. Сравнивая фрагменты топографических карт 1967 г. и 1992 г., можно выделить объекты местности, которые попали в зону затопления полностью и частично, т.е. провести пространственный анализ (районирование, буферизация, тематическое картографирование), используя при этом возможности инструментальных ГИС (MapInfo, ArcGIS, Карта 2008 и т.д.).

По фрагменту топографической карты до появления Усть-Илимского водохранилища можно определить рисунок береговой линии Ангары, острова и протоки в долине реки. По горизонталям можно отметить территории вдоль Ангары, попадаемые в зону затопления будущего водохранилища. Также можно выявить низменные заболоченные участки речной долины. Светотеневым оформлением рельефа хорошо выражена ложе и береговая линия будущего водохранилища. Перепад высот между урезом Ангары и отметками высот прибрежных возвышенностей достигает 600 метров. Под затопление попадут крупные острова Шаманский, Чилипчан и Большой. Устьевые пойменные участки мелких рек (р. Выдорма) будут затоплены.

По топографической карте 1992 г. по отношению к предыдущему фрагменту можно определить, что между урезом Ангары и отметкой уровня водохранилища разница высот составляет около 40 метров. Затоплению подверглись все острова и низменности ниже уровневой отметки водохранилища. Образовался новый остров, где расположен населённый пункт Подъяланка, находившийся на берегу реки и не попавший в зону затопления. По карте отчётливо выявляется изменение воздействия на долинные берега. Ранее, до появления водохранилища, река Ангара воздействовала на террасированные низменные берега. Наблюдалось заболачивание прибрежных территорий на протяжении многих сотен лет. На карте прослеживается уже переработка новых берегов, упирающаяся на отвесные склоны.

По разновременным космическим снимкам можно выявить динамику природных процессов и явлений. По спектрозональному космическому снимку отчётливо прослеживается контурный рисунок береговой линии

водохранилища. На обоих берегах видны участки вырубок. На острове хорошо распознаются вспаханные земли. Светло-зелёным фоном хорошо наблюдается преобладание светлых пород леса в этом районе. При просмотре сканерного космического снимка видны изменения, произошедшие за пройденное время после съёмки предыдущего фрагмента. Появились новые вырубки, старые начали зарастать. Характерным не отчётливым рисунком дешифрируются горелые леса. На снимке хорошо наблюдаются контуры прибрежных ландшафтов. Поймы рек, впадающих в водохранилище, дешифрируются по характерным извилистым рисункам. Берега водохранилища по снимку отчётливо подвержены склоновым абразионным процессам.

В ходе визуального анализа собранных материалов и предварительной их обработки в целях исследования динамики процессов, связанных с воздействием водохранилищ на природную среду, предлагается решение следующих задач:

1. Определение гидрографических характеристик водохранилища:
 - Выявление основных частей водохранилищ и их элементов (береговой склон, побережье, береговая отмель);
 - Определение линии уреза воды водохранилищ;
 - Выделение прибрежной растительности и определение степени зарастания и фазы зарастания водохранилищ;
2. Определение гидрометрических характеристик водохранилищ – определение длины и изрезанности береговой линии водохранилищ.
3. Задачи, связанные с паводками и наводнениями на водохранилищах:
 - Выявление границ затопленных территорий и границ зон затопления;
 - Выявление участков сведения лесного покрова в пределах водоохранных зон крупных водотоков (водозащитных лесов).
4. Воздействие на береговую зону водохранилища:
 - Определение участков береговой зоны, испытывающих воздействие селитебных и промышленных объектов, и находящихся в разной степени преобразованности.
5. Воздействие на акваторию водохранилища:
 - Выделение на поверхности водохранилищ участков, загрязненных поверхностно-активными и минеральными веществами (аварийных сбросов и разливов загрязняющих веществ), определение их размеров и ранжирование, и определение источников загрязнения;
 - Определение площади и степени засорения водохранилищ древесиной.

При решении поставленных задач будет проведен пространственный анализ прибрежной территории водохранилищ и их акваторий, в результате будут построены трехмерные модели экологического состояния водоема и прогнозная оценка потенциала зоны воздействия водохранилища на природную среду.

УДК 614.8(571.1/5)

А.А. Евсюков, В.В. Ничепорчук, А.А. Марков

Институт вычислительного моделирования СО РАН, Красноярск

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СРЕДСТВ ОПЕРАТИВНОГО ГЕОМОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ЧС НА ТЕРРИТОРИИ СИБИРСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА

В статье рассмотрены вопросы использования средств оперативного гео моделирования для мониторинга ЧС на территории Сибирского Федерального округа.

A.A. Yevsyukov, V.V. Nicheporchuk, A.A. Markov

The Institute of Computational Modeling, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Krasnoyarsk

OPERATIONAL GEOMODELING APPLICATION FOR MONITORING OF THE EMERGENCY SITUATIONS ON THE TERRITORY OF SIBERIAN FEDERAL DISTRICT

The problems considered in the article deal with the operational geomodeling to be used for monitoring of the emergency situations on the territory of Siberian Federal district.

1. Введение

Оперативное географическое моделирование является важной частью информационной поддержки территориального управления. Мониторинг территорий любого масштаба (социально-экономический, экологический, чрезвычайных ситуаций и др.) предполагает наличие больших массивов данных, имеющих как пространственную, так и временную составляющую. Помимо сбора и первичной обработки показателей мониторинга необходим детальный анализ данных, расчет комплексных показателей и визуализация результатов в виде тематических карт. Результаты такого анализа являются основой для планирования, проведения и контроля мероприятий по управлению территориями.

Для решения таких комплексных задач необходимо создание систем, построенных на интеграции современных информационных технологий, таких как географических информационных систем (ГИС) и методы оперативной аналитической обработки данных OLAP (On-Line Analytical Processing). OLAP обеспечивает наглядное представление многомерных данных, выполнение аналитических операций над ними, высокое быстродействие и оперативное построение аналитических отчетов, а ГИС позволяет строить динамические

картограммы, иллюстрирующие результаты анализа показателей мониторинга территорий.

В работе предложен метод картографической визуализации результатов анализа многомерных данных OLAP-системы. Разработаны алгоритмы динамического формирования картографических слоев на основе атрибутивной информации источника данных OLAP-системы и пространственной информации топографических слоев ГИС. Динамически сформированные слои могут применяться в качестве тематических слоев для геомоделирования результатов OLAP-анализа. Инструментарий динамического формирования картографических слоев впервые разработан для средств геомоделирования, интегрированных с OLAP-системами.

2. Алгоритм картографической привязки многомерных данных для формирования тематических карт

Формально многомерный куб данных может быть представлен в виде: $G = \langle D, F \rangle$, где $D = \{d_1, d_2, \dots, d_m\}$ – множество осей – измерений гиперкуба: каждое измерение представляет собой упорядоченное множество значений определенного типа; $F = \{f_1, f_2, \dots, f_n\}$ – совокупность множеств значений показателей, определяющих его информационное наполнение – меры куба. В рамках представленной модели многомерных данных для определения значения показателя будем использовать функцию от m переменных, по числу измерений: $f_i = f_i(d_1, d_2, \dots, d_m)$.

Для осуществления картографической привязки в гиперкубе выделим географическое измерение $\hat{d}$.

Для построения тематической карты зафиксируем значения измерений $d_i \subseteq D : d_i \neq \hat{d}, i = \overline{1, m}$ и из F выберем показатель, который будет отображаться на карте: $f^* = f^*(d^*_1, d^*_2, \dots, \hat{d}, \dots, d^*_m)$, где $d^*_1, d^*_2, \dots, d^*_m$ – фиксированные значения измерений (метки), кроме $\hat{d}$, которое не фиксировано и соответственно может принимать любое значение из своей области определения. Построение множества значений показателя f^* определим как операцию среза над гиперкубом данных G по всем фиксированным измерениям.

Для отображения значений показателя f^* определим электронную карту $M = \langle L, S \rangle$, где $L = \{L_1, L_2, \dots, L_p\}$ – множество картографических слоев; $S = (s_1, s_2, \dots, s_q)$ – упорядоченное множество значений свойств отображения карты.

Слой L_i определяется как: $L_i = \langle O_i, T_i, A_i(O_i, T_i), P_i \rangle$, где $O_i = (o_i^1, o_i^2, \dots, o_i^{f_i})$ – упорядоченное множество территориальных объектов заданного типа;

$T_i = (t_i^1, t_i^2, \dots, t_i^{g_i})$ – упорядоченное множество атрибутивных свойств слоя – полей атрибутивной таблицы A_i ;

$A_i(O_i, T_i)$ – атрибутивная таблица, элементы которой $a_i^{j,k}$ определены значениями из набора T_i для каждого объекта из O_i , здесь $j = \overline{1, f_i}$ определяет строки таблицы, а $k = \overline{1, g_i}$ – столбцы таблицы (поля);

$P_i = \langle B_i, C_i \rangle$ – легенда слоя, здесь $B_i = (b_i^1, b_i^2, \dots, b_i^{v_i})$ – упорядоченное множество значений свойств слоя, $C_i = (c_i^1, c_i^2, \dots, c_i^{w_i})$ – упорядоченное множество классов разбиения множества объектов O_i слоя L_i .

Привязка географического измерения $\hat{d}$ осуществляется к одному или нескольким картографическим слоям. Пусть $L' \subseteq L$ – подмножество слоев, к которым осуществляется привязка, и мощность его $|L'| = l$. Каждый слой содержит атрибутивную таблицу $A'_i, i = \overline{1, l}$, в одном из полей таблицы $t_i^{k^*}$, $k^* \in [1, g_i]$ хранится множество идентификаторов объектов слоя. Если значение идентификатора $a_i^{j, k^*} \in \hat{d}$, $j = \overline{1, f_i}$, то к объекту o_i^j можно построить картографическую привязку значения показателя f^* .

На основе представленной выше модели построен алгоритм картографической привязки многомерных данных. Упрощенная блок-схема алгоритма приведена на рис. 1. После выбора карты, перед выбором слоев для картографической привязки, добавлена возможность динамического формирования картографических слоев. Если необходимость в динамическом формировании слоя в поставленной задаче существует, во множество слоев L карты M добавляется слой L_d . При этом динамически можно сформировать не один, а несколько новых слоев.

Реализация данного алгоритма в виде программного модуля позволила использовать его в интегрированных информационных системах различного назначения [1]. Система «Аналитик» внедрена в работу Краевого медико-информационного центра, где используется для анализа медико-демографических показателей, построения комплексных аналитических моделей (финансирования мероприятий, оказания услуг, реформирование сети медицинских учреждений и другие). Экспертная геоинформационная система ЭСПЛА-ПРО используется для анализа обстановки с промышленными и бытовыми пожарами на территориях Сибирского федерального округа. Оперативный многомерный анализ данных в сочетании с ГИС позволяет специалистам органов управления по делам ГО и ЧС готовить обоснованные решения по управлению пожарной безопасностью территорий с учетом их специфики, расстановки сил и средств и многих других факторов[2].

3. Программная реализация системы OLAP-GIS

Рассмотрим использование средств оперативного геомоделирования на примере одной из последних разработок ИВМ СО РАН – системы OLAP-GIS. Система предназначена для проведения оперативного анализа статистических баз данных мониторинга чрезвычайных ситуаций и чрезвычайных происшествий (ЧС, ЧП) и данных метеорологической обстановки на территории Сибирского федерального округа с использованием справочников и классификаторов. Результаты анализа данных представляются в виде таблиц со сложной структурой, различного рода диаграмм и картограмм.

Информационной основой системы OLAP-GIS являются базы данных по ЧС и ЧП с 1999 года (более 16500 событий). База данных оперативно

обновляется в Сибирском региональном центре МЧС России. Событие заносится в базу данных на основании критериев, определенных постановлением Правительства РФ от 21 мая 2007 г. №304 «О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» и приказом МЧС РФ от 08.07.2004 № 329 «О критериях чрезвычайных ситуаций».

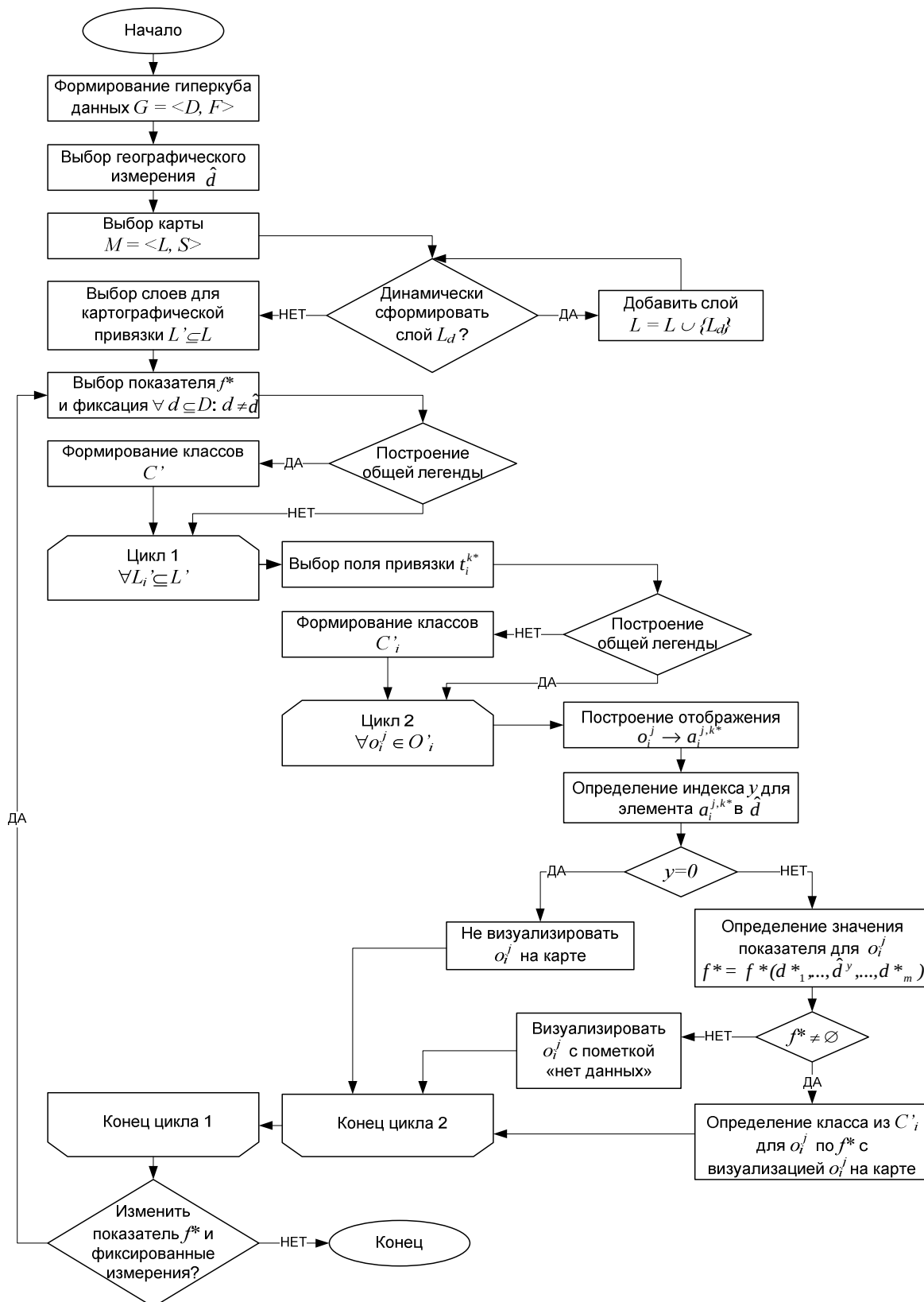


Рис. 1. Алгоритм картографической привязки многомерных данных

Аналитические модели строятся на основании административно-территориального деления округа и классификатора событий МЧС. Система позволяет проанализировать данные по количеству событий, погибшим, пострадавшим, материальному ущербу за произвольный период. Атрибутивная информация картографических слоев позволяет осуществить территориальную привязку анализируемых данных, причем картограммы могут строиться с делением как по субъектам округа, так и по муниципальным образованиям.

Система содержит модуль создания новых аналитических моделей, используя который пользователь за шесть шагов определяет необходимые показатели, измерения, по которым проводится анализ; ограничения на выборки данных, а также способ привязки полученных данных к карте.

На рис. 2 показан один из видов кросс-таблицы анализа количества техногенных ЧС в разрезе субъект/год и соответствующая таблице картограмма. Гибкий инструментарий ГИС-модуля позволяет настроить вид легенды динамического слоя, количество классов, тип разбиения и многое другое.

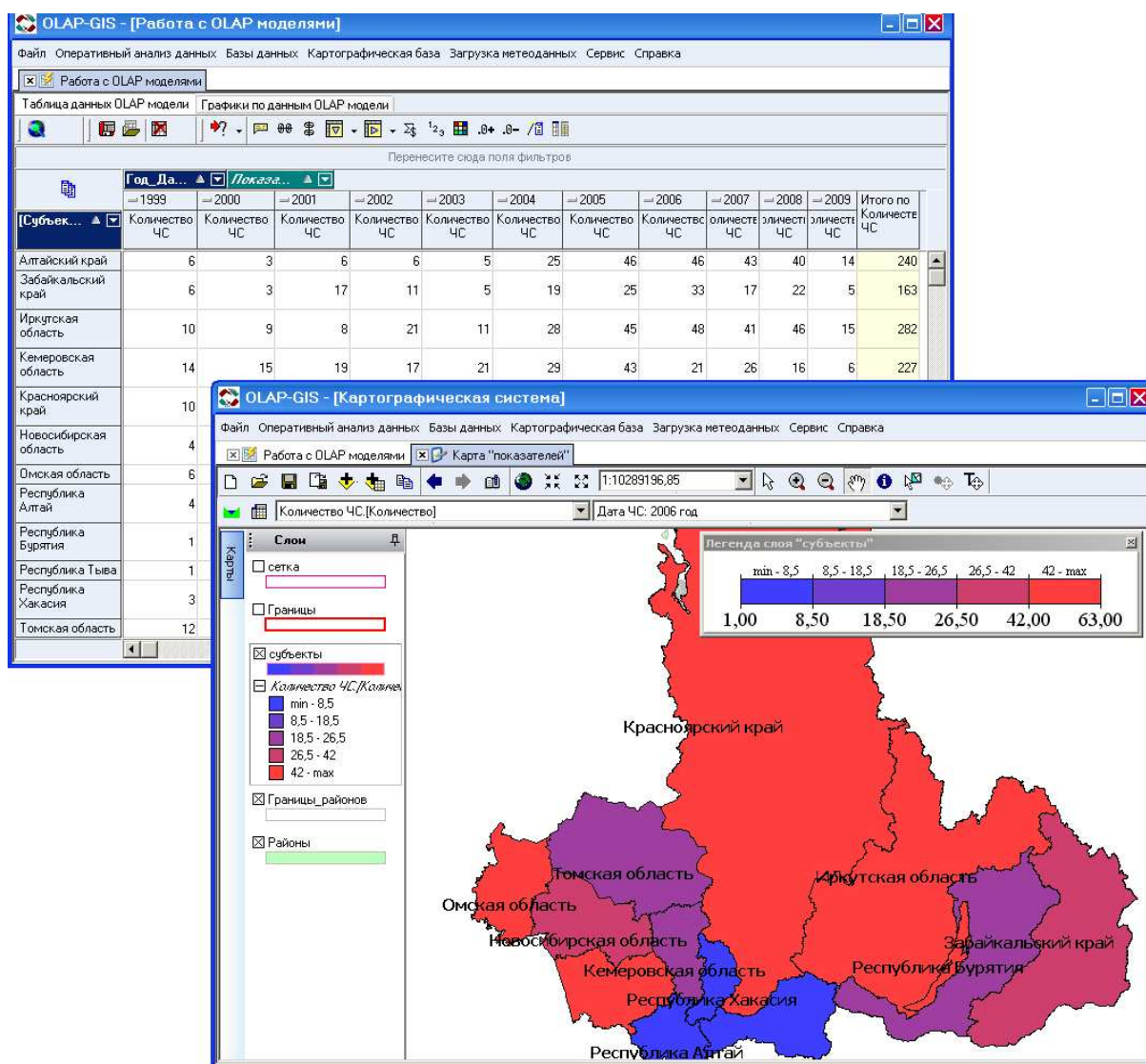


Рис. 2. Пример построения кросс-таблицы и аналитической картограммы

Заключение

Система OLAP-GIS представляет собой удобный инструментарий, построенный на интеграции современных информационных технологий. Модульный принцип построения и открытая архитектура системы позволяет легко настраивать ее на любую предметную область, наборы данных, размещенные на любых источниках. Описанный инструментарий должен повысить эффективность управления безопасностью территорий за счет многомерного оперативного анализа данных в виде таблиц и картограмм.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ноженкова, Л.Ф., Евсюков А.А., Ноженков А.И. Методы управления и геоинформационного моделирования в технологии OLAP // Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies 1 (2009 2), 49-58.
2. Ноженкова Л.Ф., Исаев С.В., Ничепорчук В.В., Евсюков А.А., Морозов Р.В., Марков А.А. Применение экспертной ГИС для анализа пожарной обстановки в Красноярском крае. Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. №2. М. 2009. С. 75-85.

© А.А. Евсюков, В.В. Ничепорчук, А.А. Марков, 2010

УДК 504

А.Я. Гиенко

СКТБ «Наука» СО РАН, Красноярск

Л.А. Пластинин, В.П. Ступин

ИрГТУ, Иркутск

ОПЕРАТИВНЫЙ ДИСТАНЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ ПРИАНГАРЬЯ В ИНТЕРЕСАХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ

В статье приведен опыт использования методов и материалов оперативного дистанционного зондирования в интересах мониторинга зоны влияния водохранилищ ангарского каскада. Освещены проблемы этих водохранилищ, связанные с эксплуатацией лесных и минеральных ресурсов.

A.Y. Gienko

SKTB «NAUKA» SB PAS, Krasnoyarsk, Russia Federation

L.A. Plastinin, V.P. Stupin

Irkutsk State Technical University (ISTU)

83 Lermontova UI, Irkutsk, Russian Federation

OPERATIVE REMOTE MONITORING OF ANGARSKI KRAI IN INTERESTS OF MAINTENANCE OF RATIONAL WILDLIFE MANAGEMENT AND EFFICIENT CONTROL

In the article experience of use of methods and materials of operative remote sounding in interests of monitoring of a zone of influence of water basins of the Angarsk cascade is resulted. Problems of these water basins connected with operation of wood and mineral resources are shined these.

В последнее время все больше утверждается мнение о необходимости «разумного ограничения» уровня потребления природных ресурсов и недопущении их бездумного расходования. Сохранение биосферы является одним из условий устойчивого развития территорий, характеризующихся высокими темпами развития. Но, несмотря на государственное регулирование охраны окружающей среды и природопользования, существуют экологические и технологические риски, связанные с эксплуатацией природных ресурсов, работой промышленных объектов и гидротехнических сооружений. Все крупные техногенные сооружения являются потенциально опасными объектами и требуют систематического мониторинга режима эксплуатации и их технического состояния. Авария на Саяно-Шушенской ГЭС показала, что угрозу катастроф нельзя недооценивать даже на самых «надежных» объектах.

Приангарье является регионом, которому отведена важная роль в развитии Восточной Сибири. С середины прошлого столетия на Ангаре было развернуто масштабное гидроэнергетическое строительство, что позволило задействовать уникальные природные ресурсы и обеспечило интенсивное развитие экономики региона. Но сейчас стало ясно, что при реализации многих программ не были учтены экологические императивы, в результате чего возникли проблемы, требующие неотложного оперативного мониторинга природной среды и корректировки стратегии природопользования.

Основные социально-экологические проблемы в бассейне Ангары связаны с преобразованием речной сети, строительством водохранилищ и ГЭС, загрязнением воды, а также эксплуатацией лесных и минеральных ресурсов. Для анализа ситуации по этим направлениям природопользования выбраны 3 эталонных участка: район деятельности Усть-Илимского лесопромышленного концерна, район строительства Богучанской ГЭС и район золотодобычи в бассейне реки Каменка – правого притока Нижней Ангары. Предполагается, На этих участках предполагаются систематические наблюдения за изменением природной среды с использованием геоинформационных технологий.

Проблемы, связанные с преобразованием водных объектов

В настоящее время примерно 940 км Ангары (53% общей протяженности) представляют собой водохранилища Иркутской ГЭС (наполнено в 1956-1960 гг.), Братской ГЭС (наполнено в 1961-1967 гг.) и Усть-Илимской ГЭС (наполнено в 1974-1977 гг.). Общая площадь этих водохранилищ составляет 7546 кв. км, суммарный объем водной массы – 230.3 куб. км. Общая длина береговой линии равна 12 тыс. км, из них на долю абразионных, абразионно-обвальных, абразионно-оползневых и других сложных берегов приходится, по нашей оценке, до 50% длины берегов.

В 455 км от устья Ангары завершается строительство очередной в каскаде Богучанской ГЭС. После ввода в эксплуатацию этого объекта под водохранилищами окажется 74% длины Ангары, ее продольный профиль продолжит формирование ступенчатой формы (рис.1). В результате такого крупномасштабного гидротехнического строительства произошло нарушение естественного гидрологического режима Байкала (в связи с подпором уровня воды плотиной Иркутской ГЭС), всей Ангары (в связи с зарегулированностью стока), а также нижнего участка Енисея. Как следствие этих преобразований в Ангаре замедлился водообмен, существенно снизилась способность самоочищения воды.

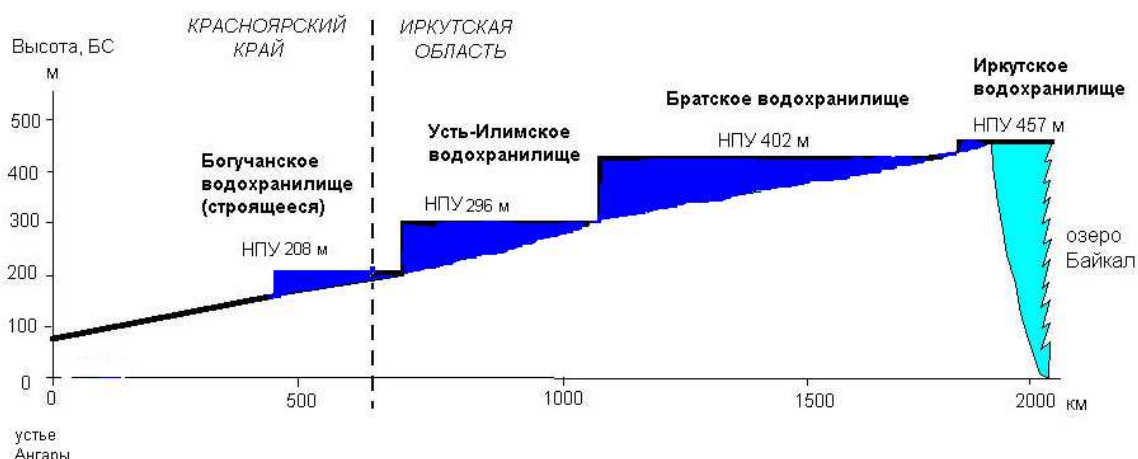


Рис. 1. Продольный профиль Ангары. Расстояния даны по фарватеру реки

Любое речное водохранилище представляет собой проточное озеро и само по себе не является источником загрязнения воды. Но в Ангару сбрасывается значительное количество недостаточно очищенных стоков с урбанизированных территорий и промышленных предприятий Иркутской области, что крайне отрицательно влияет на состояние водных экосистем построенных на ней водохранилищ. Отметим здесь, что после планируемого ввода в эксплуатацию Богучанского гидроузла с отметкой НПУ водохранилища 208 м в новом водоеме будут аккумулироваться стоки с Усть-Илимского ЛПК (рис. 2), что вызовет локальное вторичное загрязнение воды. Этот вопрос требует внимательного рассмотрения и эффективного решения: рационально снизить уровень подпора БО ГЭС с целью сохранения проточного участка Ангары в нижнем бьефе Усть-Илимской ГЭС до границы с Красноярским краем.



Рис. 2. Выпуск сточных вод в Ангару с Усть-Илимского ЛПК. Съемка 28 августа 2009 г.

Кроме того, на состояние воды оказывает большое влияние качество подготовки ложа водохранилищ. Так, на Братском водохранилище затоплена третья часть лесов, на Усть-Илимском - практически вся древесная масса. В результате гниения древесины и поступления сточных вод качество воды в водохранилищах ниже Иркутска ухудшилось и по ряду химических и биологических показателей не соответствует требованиям рыбохозяйственного и хозяйственно-питьевого водопользования. Задачей оперативного аэрокосмического мониторинга является отслеживание, оценка и прогноз изменений состояния ангарской водной системы (проблемы – определение площади водной поверхности в случае аварийных ситуаций на плотинах и продвижения волны прорыва, фиксация ареалов возможного поверхностного загрязнения воды, контроль за переформированием берегов, определение мест скопления плавающей древесины и др.) и прибрежных территорий (анализ антропогенной составляющей изменений местности).

Проблемы, связанные с эксплуатацией лесных ресурсов

С середины прошлого века в бассейне Ангары осуществляется интенсивная эксплуатация лесных ресурсов, в результате чего леса на значительных территориях истощены. Так, в Верхнем и Среднем Приангарье уже вырублена примерно половина лесных массивов (рис. 3).

В этих условиях важной задачей является регулирование лесохозяйственной деятельности с целью воспроизводства лесного фонда, обеспечения рационального лесопользования, исключения незаконных рубок.



Рис. 3. Приангарская тайга в районе нижнего бьефа Усть-Илимской ГЭС (среднемасштабный космический снимок эталонного участка № 1). Пятна светлого тона – вырубленные и горелые леса.

При сравнительном анализе данных разновременного дистанционного зондирования уверенно выделяются наиболее изменяемые элементы местности,

регистрируемые на материалах космической съемки. В частности, к ним относятся все нарушения естественного состояния лесных массивов.

На район строительства Богучанской ГЭС (эталонный участок № 2) планируется разработка карт динамики природной среды в масштабе 1:750 000 с использованием космических снимков, топографических карт и других материалов картографического значения. На них будут выделены разновременные вырубки, гари, сельскохозяйственные земли, дорожная сеть, линии электропередач и другие объекты. Отслеживание динамики изменений местности, связанных с деятельностью человека в районах нового хозяйственного освоения Приангарья, является важной научно-практической задачей, решение которой возможно на основе мониторинга природной среды дистанционным и картографическим методами.

Проблемы, связанные с эксплуатацией минеральных ресурсов

Крупномасштабным изменениям природной среды подвергаются практически все районы, в которых производятся открытые горные разработки. Для оценки нарушенности такой геосистемы выбран один из бассейнов малых рек Нижнего Приангарья, где добыча россыпного золота открытым способом ведется уже более века. В качестве ключевого полигона намечен бассейн р. Удереи - приток р. Каменка, впадающей в Ангара у подножия Енисейского кряжа (эталонный участок № 3).

При проведении горных разработок дражно-гидравлическим способом на днищах долин рек и ручьев формируется специфический техногенный грядово-бугристый рельеф с высотным расчленением до 5-7 м. С перестройкой строения днищ долин связано изменение естественных гидрогеологических условий в бассейне, что влечет за собой повышение инфильтрационных свойств толщи рыхлых отложений, трансформацию гидрологического режима водотоков и разбалансированность природных связей. Почвенно-растительный покров днищ долин полностью уничтожается. Дrajные полигоны являются опасными загрязнителями рек. Нарушенность природной среды на таких полигонах четко фиксируется на материалах дистанционной съемки (рис. 4), что позволяет объективно и оперативно отслеживать происходящие изменения и разрабатывать комплекс природоохранных мероприятий, направленных на минимизацию негативных техногенных нарушений долинных экосистем.



Рис. 4. Дождевые разработки в бассейне р. Каменка (Нижнее Приангарье).
Среднемасштабный космический снимок эталонного участка № 3

В заключение отметим, что решение поставленных задач требует адаптирования методик космического мониторинга к специфическим условиям Приангарья. Оперативные дистанционные мониторинговые наблюдения могут обеспечить контроль за реализацией концепции рационального природопользования в региональном масштабе. Устойчивое развитие Приангарья должно базироваться на внедрении в экономику экологически безопасных технологий, обеспечивающих сохранение естественных экологических систем и природных комплексов.

© А.Я. Гиенко, Л.А. Пластинин, В.П.Ступин, 2010

УДК 528.8

А.Я. Гиенко

СКТБ «Наука» СО РАН, Красноярск

ПРОБЛЕМЫ ОПЕРАТИВНОГО МОНИТОРИНГА ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ КАСКАДА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ НА АНГАРЕ

В статье рассматриваются состояние, проблемы, задачи и пути развития системы оперативного экологического мониторинга водохранилищ Ангарского каскада.

A.Y. Gienko

SKTB «Nauka» SB RAS, Krasnoyarsk, Russian Federation

PROBLEMS OF THE OPERATIVE MONITORING OF NATURAL ENVIRONMENT IN THE AREA OF INFLUENCE OF CASCADE OF HYDROTECHNICAL BUILDINGS ON ANGARA

The state, problems, tasks and ways of development of the system of the operative ecological monitoring of storage pools of the Angara cascade, is examined in the article.

Современные геоинформационные методы и технологии позволяют получать не только достоверную информацию о состоянии природной среды любого региона, но и использовать эти данные для решения управленческих проблем природопользования. Эти задачи являются особенно актуальными для территорий активного освоения, к которым относится Приангарье. Масштабная техногенная трансформация геосистем здесь связана с гидроэнергетическим строительством на Ангаре во второй половине XX века, когда был построен каскад водохранилищ ГЭС, выросли новые промышленные центры с ориентацией преимущественно на комплексное использование местных ресурсов [1]. В результате реализации этой политики был получен крупный народно-хозяйственный эффект, но, с другой стороны, были принесены в жертву не только сама Ангара с ее чистой водой, но и ценные пойменные земли, сотни населенных пунктов и веками сложившийся уклад жизни коренного населения. Водоохранилища оказывают разностороннее воздействие на окружающую среду, в том числе негативное [2]. На обзорном космическом снимке Ангары отображен каскад действующих водохранилищ, у плотин которых построены города, производящие более 40% промышленной продукции Иркутской области. Вместе с тем происходит загрязнение воздуха и почв, истощение лесных ресурсов. Деграция биосферы может привести к реальной угрозе ухудшения экологического состояния региона и качества среды

обитания будущих поколений. Поэтому необходимо усилить внимание мониторинговым наблюдениям за техническим состоянием и режимом эксплуатации гидротехнических сооружений, многочисленных предприятий с вредными производствами в городах, в том числе анализу экологической ситуации на окружающих территориях и вопросам рационального природопользования в региональном аспекте.

Рассматриваемая проблема актуальна в связи с продолжающимся гидротехническим строительством на Ангаре (Богучанская ГЭС) и планируемым строительством Эвенкийской гидроэлектростанции на Нижней Тунгуске. Отметим здесь, что целесообразность строительства крупного Эвенкийского гидроузла в социально-экологическом плане не имеет надлежащего обоснования, поскольку ущерб северной геосистеме несоизмерим с предполагаемой выгодой. Целесообразно исследовать альтернативные варианты (строительство ГЭС на малых реках, выработку электроэнергии с использованием местных горючих полезных ископаемых и др.).

Сейчас в обществе все больше укрепляется понимание того, что природные ресурсы небезграничны и для обеспечения устойчивого развития территорий необходимо их рациональное (экономное) использование. Игнорирование этого подхода может привести к экологической катастрофе.

В результате техногенного воздействия на природу Верхнеангарского региона изменился ход природных процессов на площади более 50 тыс. км². Здесь можно выделить 3 зоны:

1. **Водохранилища** – пространства, где наземные экосистемы (долина Ангары) заменены водными. Суммарная площадь зеркала действующих водохранилищ (без оз. Байкал) составляет 40,4 тыс. км², полный объем – 230330 млн. м³. По традиции, принятой в государстве, на большей части площади затопления лес вообще не вырубался. Вследствие резкого снижения скорости водообмена и загрязнения воды стоками городов, а также гниения затопленной и плавающей древесины водноэкологическая ситуация экосистемы неудовлетворительная. По всей вероятности, проблема загрязнения водных объектов в обозримом будущем положительно не решится и биологическая продуктивность водохранилищ еще долгое время останется низкой. Поэтому вопрос оптимизации водопользования на преобразованном участке Ангары является актуальной научно-практической задачей и требует системного решения. Один из примеров: после ввода в эксплуатацию Богучанской ГЭС с отметкой НПУ 208 м сточные воды Усть-Илимского ЦБК будут поступать в новое водохранилище и создавать мертвую зону даже при самых современных технологиях водоочистки.

2. **Береговая зона водохранилищ** (сравнительно узкая полоса взаимодействия воды и суши, где образуются абразионные и аккумулятивные формы рельефа). Протяженность береговой полосы – около 11500 км, ширина до 500 м. В отличие от естественных водоемов, берега которых формировались на протяжении длительного эволюционного развития котловин, берега ангарских водохранилищ находятся в состоянии неустановившегося режима развития, когда вновь созданные искусственные водные объекты находятся в

противоречии с древним ландшафтом побережий [3]. Геологические процессы на берегах водохранилищ происходят в ускоренном темпе, ход которых зависит как от конкретных инженерно-геологических условий территории, так и от размеров водоемов, их глубины и уровня режима, а также географического положения, климатических и других физико-географических факторов. Ведущим процессом формирования берегов является ветроволновое воздействие на склоны в сочетании с выветриванием, стоковым и вдольбереговым течением. Образуются различные типы берегов: абразионные, аккумулятивные и нейтральные. Первые нередко осложняются оползнями, карстом и оврагами, что представляет определенные сложности при хозяйственном использовании значительных территорий. Стабилизации берегов, за исключением нейтральных, не наблюдается, поэтому целесообразно продолжение исследований береговых процессов с целью разработки защитных мероприятий.

3. Зона влияния водохранилищ, примыкающая к береговой полосе. Прибрежные территории заняты таежными лесами, в которых производились и производятся промышленные рубки, и только в южных районах доминируют лесостепные ландшафты, где развито сельскохозяйственное производство. Население и промышленность сконцентрированы в южных районах; здесь в городах проживает около 1 млн. человек. После наполнения водохранилищ изменились климатические, гидрогеологические, ландшафтные и другие географические условия прибрежных территорий, последствия которых еще во многом не исследованы. Например, в нижней части Братского водохранилища (высота плотины 120 м) подземные воды инфильтрационного типа фиксируются от уреза воды в полосе до 5-10 км в зависимости от особенностей рельефа, геологического строения, уровня режима водохранилища и других факторов. Подъем уровня подземных вод при определенных условиях вызывает затопление и подтопление земель, деградацию многолетней мерзлоты, проявление экзогенных геологических процессов, гравитационные подвижки склонов. Нередко осложняется эксплуатация зданий, инженерных коммуникаций и транспортных сетей.

Целью оперативного экологического мониторинга этой зоны является оценка и прогнозирование динамики природно-антропогенных систем дистанционно-картографическим методом в сочетании с натурными наблюдениями на репрезентативных полигонах и профилях для решения задач управления территорией. Для достижения этой цели необходимо:

- Уточнить схему ландшафтной структуры территории;
- Адаптировать дистанционные методики анализа геосистем к условиям Верхнего Приангарья;
- Выявить степень и характер техногенно-антропогенной нарушенности природной среды и ее направленность;
- Разработать принципы и приемы картографирования реального состояния и прогнозируемой динамики природно-антропогенной среды;

– Сформулировать предложения по рационализации природопользования в регионе, так как его ресурсный потенциал не исчерпан и при соответствующем подходе может быть умножен.

Таким образом, оперативный дистанционный мониторинг зоны влияния Ангарского каскада водохранилищ и ГЭС базируется на комплексном использовании данных аэрокосмической съемки, полевых наземных и аэровизуальных наблюдений, а также различных материалов картографического значения.

В новых социально-экономических условиях в России, когда целью хозяйственной деятельности любого субъекта является получение максимальной прибыли, проблемы экологии нередко отходят на второй план. Нельзя не отметить, что и в советское время отношение к природе было аналогичным: действительно, ситуация на Ангаре является продуктом именно той эпохи, когда забота о природе и, следовательно, о человеке зачастую лишь только декларировалась. Остановка требует пересмотра базовых позиций природопользования в регионе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Медведкова Э.А. Особенности хозяйственного освоения Среднего Приангарья [Текст] / Э.А. Медведкова // Среднее Приангарье (географическое исследование хозяйственного освоения таежной территории). – Иркутск, 1975. – С.15-86.
2. Водохранилища и их воздействие на окружающую среду. – М.: Наука, 1986. – 360 с.
4. Финаров Д.П. Динамика берегов и котловин водохранилищ гидроэлектростанций СССР. – Л.: Энергия, Ленинградское отделение, 1974. – 244 с.

© А.Я. Гиенко, 2010

УДК 911.9

Л.А. Безруков

Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, Иркутск

М.В. Корняков, С.Ю. Красноштанов

ИрГТУ, Иркутск

ТЕХНОГЕННАЯ И АНТРОПОГЕННАЯ ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ И ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УЩЕРБ ДЛЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ (НА ПРИМЕРЕ БОГУЧАНСКОЙ ГЭС)

В статье приведены результаты оценки экономического ущерба от сооружения Богучанской ГЭС для Иркутской области. Показано, что ожидаемые дивиденды будут невелики по сравнению с убытками, что требует весомых компенсационных гарантий, как от государства, так и от собственников ГЭС.

L.A. Bezrukov

V.B. Sochava Institute of Geography, SB RAS, Irkutsk

M.V. Korniyakov, S.J. Krasnoshtanov

Irkutsk State Technical University (ISTU)

83 Lermontova UI, Irkutsk, Russian Federation

TECHNOGENIC AND ANTHROPOGENOUS ESTIMATION OF INFLUENCE AND ECONOMIC DAMAGE FOR ENVIRONMENT OF THE IRKUTSK REGION (ON THE EXAMPLE OF BBOGUCHANY HYDROELECTRIC POWER STATION)

In article results of an estimation of an economic damage from a construction of Boguchany hydroelectric power station for the Irkutsk region are resulted. It is shown that expected dividends will be insignificant in comparison with losses that demands powerful compensatory guarantees both from the state, and from proprietors of hydroelectric power station.

Несмотря на экономический кризис, продолжается строительство Богучанской ГЭС (БоГЭС) и подготовка к заполнению Богучанского водохранилища. Авария на Саяно-Шушенской ГЭС и неизбежные в связи с этим крупные потери электроэнергии в сибирской энергосистеме возможно ускорят эти процессы. Весьма вероятно, что уже в 2010 г., как и планировалось, начнется заполнение водохранилища. Отсюда закономерно возникновение вопросов о влиянии Богучанского водохранилища на природу, хозяйство и население прилегающих районов, о подготовке ложа будущего водоема, о компенсационных платежах и т.д.

Коротко о новом водохранилище и его влиянии. До сих пор нет официального окончательного решения об отметке его нормального подпорного уровня (НПУ). ЗАО «Богучанская ГЭС» и РусГидро как заказчики работы «Оценка воздействия на окружающую среду Богучанской ГЭС (БоГЭС) на реке Ангара» (ОВОС БоГЭС) поставили условие рассмотреть альтернативные варианты проекта с НПУ водохранилища 208 м (проектная отметка) и 185 м (пониженная отметка). При отметке 208 м подпор доходит до плотины Усть-Илимской ГЭС, при отметке 185 м Иркутская область Богучанским водохранилищем затрагиваться не будет.

По ряду позиций воздействие Богучанского водохранилища на окружающую среду ожидается даже более масштабным, чем Усть-Илимского. Так, площадь зеркала и длина на 20 % превысят соответствующие показатели Усть-Илимского водохранилища. Близкими по величине будут площади затопляемых земель, в том числе сельскохозяйственных и лесных угодий, численность переселяемого населения и т.д.

В то же время завершение БоГЭС на пониженной отметке НПУ 185 м позволяет существенно уменьшить остроту экологических и социальных проблем, поскольку по сравнению с проектным вариантом резко сокращаются такие важные показатели, как площадь зеркала водохранилища - в 2,2 раза, его длина - в 1,4 раза, площадь затопляемых земель - в 2,5 раза, в том числе сельскохозяйственных - в 1,7 раза и лесных угодий - в 3,6 раза, численность переселяемого населения - в 1,1 раза. Одновременно сохраняется речной проточный участок Ангары ниже Усть-Илимска длиной порядка 100 километров, который имеет исключительно важное значение для активизации процессов разбавления и самоочищения. Не будет затрагиваться территория Иркутской области. Благодаря снижению затрат на подготовку водохранилища уменьшается сметная стоимость БоГЭС. Правда, при этом неизбежно ухудшение энергетических и водохозяйственных параметров станции. В частности, в 1,6 раза уменьшается мощность и в 1,5 раза - выработка электроэнергии.

Теперь непосредственно об экономической оценке ущерба от сооружения БоГЭС. Данная оценка выполнена Институтом географии СО РАН в начале 2008 г. в рамках ОВОСа БоГЭС.

В соответствии с общепринятыми определениями под ущербом понимаются фактические потери и убытки природно-ресурсного потенциала, хозяйства и общества в целом, возникающие в результате неблагоприятного воздействия на них, а также дополнительные затраты на ликвидацию негативных последствий этого воздействия. Экономическая оценка ущерба - это определение ущерба в денежном выражении.

В общем виде величина ущерба складывается из нескольких основных составляющих, включая единовременные потери основных фондов (стоимость утраченного или поврежденного имущества), убытки от недополученных доходов (стоимость утраченной ежегодной продукции), затраты на восстановление нарушенных объектов и ресурсов (затраты на мероприятия по предотвращению или снижению негативного воздействия). Нами определялись

первые две составляющие ущерба, поскольку третья составляющая - затраты на природоохранные мероприятия - уже представлена в самом проекте согласно смете БоГЭС. Экономическая оценка произведена для шести следующих основных видов ущерба: земельных ресурсов и сельского хозяйства; лесных ресурсов и лесного хозяйства; минерально-сырьевых ресурсов и минерально-сырьевого комплекса; водных ресурсов и водного хозяйства; рыбных ресурсов и рыбного хозяйства; животного мира и охотничьего хозяйства.

Здесь необходимо указать, что в стране в сфере гидроэнергетики до сих пор отсутствует адекватная нормативно-правовая и методическая база, позволяющая в стоимостном виде определить все виды ущерба от создания ГЭС и водохранилищ. Утверждены методики только по его отдельным видам - например, по лесным ресурсам, животному миру и т.д. Вместе с тем ряд других важных негативных последствий создания водохранилищ, в частности ухудшение экологического состояния водной среды и потери минерально-сырьевых ресурсов, остаются малоизученными, причем соответствующая нормативная экономическая база практически полностью отсутствует. Поэтому расчет ущерба минерально-сырьевым ресурсам базировался на методике, специально разработанной КНИИГиМС и затем нами подкорректированной, а оценка ущерба водным ресурсам произведена на основе методики Института географии.

Период воздействия БоГЭС и ее водохранилища принят в соответствии с продолжительностью эксплуатационной (производственной) стадии жизненного цикла проекта. Для гидроэнергетических объектов эта продолжительность установлена равной 50 годам. Ставка дисконтирования (норма дисконта) для базового варианта расчетов согласно имеющимся рекомендациям для объектов электроэнергетики принята равной 10 %. Данная ставка дисконтирования соответствует ставке рефинансирования, установленной Центральным банком РФ на 2008 г. в размере 10,25 %. Коэффициент приведения разновременных показателей ущерба к расчетному 50-летнему периоду при ставке дисконтирования 10 % соответствует 10,0.

Расчеты ущерба произведены для двух вариантов сооружения БоГЭС: 1) для варианта с проектной отметкой НПУ 208 м (в том числе для Красноярского края и Иркутской области раздельно); 2) для варианта с пониженной отметкой НПУ 185 м (весь ущерб приходится на Красноярский край, для Иркутской области ущерб отсутствует). Исходные показатели, характеризующие воздействие БоГЭС и ее водохранилища на природные ресурсы и отрасли хозяйства, взяты из соответствующих проектных материалов Богучанской ГЭС.

Суммарный ущерб от создания БоГЭС и ее водохранилища определен как сумма единовременного ущерба и годового текущего (дисконтированного по ставке 10 %) ущерба за 50-летний период. По рассчитанным видам ущерба суммарный ущерб при НПУ 208 м достигает 68 млрд руб. и при НПУ 185 м - почти 30 млрд руб. Это означает, что ввод БоГЭС на пониженной отметке обеспечивает по сравнению с проектным вариантом сокращение ущерба в 2,3 раза. При проектном варианте с НПУ 208 м Красноярский край несет 82,3 %

потерь, Иркутская область - 17,7 %. При варианте с НПУ 185 м весь ущерб приходится на Красноярский край, для Иркутской области ущерб отсутствует.

По отраслям и видам ресурсов, понесшим ущерб, его величины распределяются неравномерно. При НПУ 208 м первое место занимает лесное хозяйство (41,1 %). На втором месте находится сельское хозяйство (39,7 %), на третьем - водное хозяйство (9,6 %), на четвертом - минерально-сырьевой комплекс (6,4 %), на пятом и шестом местах - охотничье и рыбное хозяйство (в сумме 3,1 %). При НПУ 185 м впереди находится сельское хозяйство (50,1 %), затем следуют лесное хозяйство (26,6 %), водное хозяйство (15,3 %), минерально-сырьевой комплекс (5,0 %), охотничье и рыбное хозяйство (в сумме 3,0 %).

Природоохранные компенсационные мероприятия предназначены для предотвращения или снижения негативного воздействия Богучанской ГЭС и ее водохранилища на окружающую среду. Информация по данным мероприятиям полностью основана на проектных материалах. В таблице представлен перечень планируемых мероприятий.

В принципе между понятием «ущерб» и понятием «природоохранные мероприятия» нет равенства, так как мероприятия ориентированы именно на ликвидацию ущерба. В случае с БоГЭС можно считать, что величина ущерба представляет собой некомпенсируемые потери, а величина затрат на природоохранные мероприятия - компенсируемые потери. Действительно, по большинству оцененных видов ущерба (за исключением сельского хозяйства и рыбного хозяйства) какой-либо компенсации проектными материалами не предусмотрено. При этом проектная стоимость возмещения потерь и убытков сельского хозяйства составляет лишь 5,6 % расчетной величины соответствующего ущерба, тогда как стоимость рыбохозяйственного освоения водохранилища компенсирует ущерб рыбным ресурсам полностью.

Учитывая, что и ущерб, и природоохранные мероприятия представляют собой потери - в первом случае не предотвращенные, во втором - предотвращенные - их величины можно суммировать для того, чтобы определить общий размер негативного воздействия при создании БоГЭС на природу, хозяйство и население Красноярского края и Иркутской области. Во избежание двойного счета ущерба по сельскому и рыбному хозяйству следует сократить на величины их компенсационных затрат (по рыбному хозяйству ущерб исключается полностью). Общий размер негативного воздействия БоГЭС с НПУ 208 м оценивается, таким образом, в 89,6 млрд. руб. в ценах 2007 г. (при ставке дисконтирования 10 %). Подавляющая часть этой величины - 73,5 % (65,9 млрд. руб.) - представляет собой некомпенсируемый ущерб, а меньшая часть - 26,5 % (23,7 млрд. руб.) - тот ущерб, который согласно проекту предполагается возместить.

Далее следует заметить, что вопрос величины ущерба и источников его компенсации остается дискуссионным. Так, через год после подготовки раздела по экономической оценке ущерба заказчик представил свой вариант материалов ОВОС, предназначенный для ознакомления общественности. В этом документе

почти все величины видов ущерба были пересмотрены в сторону их резкого необоснованного занижения.

Приведем лишь несколько примеров подобных произвольных занижений. Во-первых, по всем видам ущерба, кроме животного мира, потери ежегодной продукции взяты без дисконтирования, т.е. с занижением в 10 раз. Во-вторых, составляющая «потери ежегодной продукции» сельского хозяйства в расчетах не учтена совсем без каких-либо пояснений. В-третьих, по лесному хозяйству обе составляющие ущерба - «утрата ежегодной продукции» и «потери экологических функций леса» - по надуманным причинам из расчетов исключены, хотя они определялись на основе методики Минэнерго РФ. В-четвертых, совершенно не учтен такой важнейший вид ущерба, как ущерб водным ресурсам и водному хозяйству, что объясняется якобы отсутствием официально утвержденных методик его оценки - однако отсутствие сертифицированных методик не может служить решающим аргументом, поскольку такое положение противоречит самой идеологии ОВОСа.

В результате суммарный ущерб от создания БоГЭС и ее водохранилища при НПУ 208 м уменьшен заказчиком в 11,7 раза (с 68,1 млрд. руб. у ИГ СО РАН до 5,8 млрд. руб. в конечном варианте), в том числе ущерб Красноярского края - в 15,4 раза, Иркутской области - в 5,5 раза (с 12,1 млрд. руб. до 2,2 млрд. руб.). Суммарный ущерб при НПУ 185 м уменьшен заказчиком в 15,6 раза (с 29,8 млрд. руб. у ИГ СО РАН до 1,9 млрд. руб. в конечном варианте).

В природоохранных мероприятиях при НПУ 208 м по сравнению с первоначальным вариантом оказались уменьшены такие важные виды компенсационных мероприятий, как «переселение населения» (в 1,5 раза) и «археологические спасательные работы» (в 2,3 раза).

Вследствие резкого необоснованного занижения заказчиком реальной величины ущерба получилось, что компенсационные мероприятия якобы полностью возмещают ущерб от БоГЭС. Данный вывод о том, что выполнение в полном объеме предложенных мероприятий позволит минимизировать негативное воздействие БоГЭС, следует считать абсолютно абсурдным.

Добавим, что в России вообще не разработан легитимный нормативно-правовой механизм, обязывающий инвесторов (собственников) ГЭС компенсировать наносимый гидроэнергетикой ущерб региону, муниципальному образованию, местному населению. Частично это связано с отсутствием официально утвержденных методик оценки ущерба в стоимостном виде и механизма его компенсации. В этом отношении показателен пример с ущербом минерально-сырьевым и водным ресурсам.

Потери минерально-сырьевых ресурсов составят около 30 % минерально-сырьевого потенциала Усть-Илимского района. Богучанским водохранилищем затапливается и подтапливается значительная часть наиболее ценных каменных углей Жеронского месторождения, а также бурых углей Березовского месторождения, часть запасов цеолитов и естественного строительного сырья. При этом никаких компенсационных мер за ущерб минерально-сырьевому комплексу району и области не предусматривается.

Потери водных ресурсов оценить весьма непросто, и заказчиком они никак не учтены. Особое значение здесь имеет оценка водно-экологического фактора, поскольку в условиях водохранилища резко ухудшается самоочищающая способность водных масс, что и легло в основу расчета ущерба. Богучанское водохранилище создается на реке с высоким уровнем загрязнения и при проектной отметке 208 м будет служить приемником сточных вод Усть-Илимска, вследствие чего прогнозируются тяжелая и даже критическая водно-экологическая ситуация. В зоне выклинивания подпора в непосредственной близости от Усть-Илимска под влиянием активного осаждения и разложения загрязняющих веществ произойдет формирование устойчивой придонной зоны опасного «вторичного» загрязнения (по типу образования аналогичной сероводородной зоны в Усть-Илимском водохранилище под влиянием сбросов загрязняющих сбросов Братска через Вихоревку). Понятно, что само загрязнение формируется в основном недостаточно очищенными сточными водами Усть-Илимска и других городов Иркутской области, но ухудшение условий самоочищения связано с созданием БоГЭС, к тому же загрязнение воды неизбежно увеличится в результате затопления торфяных залежей и остатков древесины. Поэтому отнесение хотя бы части этого ущерба на счет инвесторов ГЭС следует признать вполне правомерным. Эту компенсацию вполне можно было бы использовать на водоохранные мероприятия района и области.

Следовательно, реальная картина эколого-экономической эффективности БоГЭС существенно искажена. Исключительно высокая экономическая эффективность использования гидроэнергоресурсов Ангары возникает, как и прежде, в значительной мере за счет не учтенных в себестоимости электроэнергии колоссальных потерь природных ресурсов и убытков, понесенных хозяйством и населением. Если исходить из необходимости полной компенсации ущерба, оцененного по современным требованиям и нормам, то реальная эффективность БоГЭС окажется намного ниже ее официально принятых величин.

В целом же можно констатировать, что ввод БоГЭС на отметке НПУ 208 м неизбежно нанесет значительный ущерб природе, хозяйству и населению Иркутской области. На область приходится 12 млрд руб. только некомпенсируемого ущерба, тогда как возможности получения ею каких-либо социально-экономических дивидендов от создания БоГЭС, по сравнению с Красноярским краем, весьма невелики. Перспективы строительства на базе электроэнергии БоГЭС Тайшетского алюминиевого завода в период кризиса остаются весьма туманными. К тому же, по имеющимся расчетам, даже при полном вводе этого завода к 2016 г. доля налогов и платежей от него в доходах консолидированного бюджета Иркутской области составит всего 0,5 %, т.е. позитивное влияние работы БоГЭС на доходный потенциал области будет малозначимым.

Таким образом, нужны весомые гарантии населению Иркутской области, прежде всего Усть-Илимского района и г. Усть-Илимска, в получении компенсационных платежей, полностью возмещающих понесенные потери (причем не только из федеральных средств, но и из средств собственников БоГЭС). Правительство

области обязано срочно принять все меры для активизации усилий по решению важнейших для населения Иркутской области проблем, возникающих в связи с приближающимся завершением строительства Богучанской ГЭС.

© Л.А. Безруков, М.В. Корняков, С.Ю. Красноштанов, 2010

УДК 528.852

В.В. Асмус, В.А. Кровотынцев, В.П. Пяткин

ИВМиМГ СО РАН, Новосибирск

НИЦ «Планета», Москва

КОСМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ЛЕДЯНЫХ ПОЛЕЙ АРКТИКИ И АНТАРКТИКИ

Данные измерений полярно-орбитальных российских и зарубежных спутников дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) были использованы для космического мониторинга ледяных полей Арктики и Антарктики. В рамках решения этой задачи ГУ «НИЦ «Планета» и ИВМ и МГ СО РАН осуществляют долговременное сотрудничество в области создания и использования методов и технологий обработки спутниковых данных. В статье приводятся данные о действующих и перспективных отечественных и зарубежных космических аппаратах, в том числе космической системы «Арктика», описание разработанных методов и оперативных технологий мониторинга ледяных полей Арктики и Антарктики.

V.V. Asmus, V.A. Krovotyntsev, V.P. Pyatkin

ICM and MG SB RAS, Novosibirsk

SRC «Planeta», Moscow

SPACE MONITORING OF THE ARCTIC AND ANTARCTIC ICE FIELDS

Russian and foreign polar-orbital satellite data of the Earth remote sensing (ERS) have been used for the space monitoring of the Arctic and Antarctic ice fields. Within this problem solution SRC "Planeta" and ICM and IMG SB RAS have been cooperating for a long time in the field of development and use of satellite data processing methods and technologies. In the report there are the data of operating and prospective flying vehicle from our country and abroad, including space system "Arctic", the description of developed methods and operative technologies for the space monitoring of the Arctic and Antarctic ice fields.

Космический мониторинг ледяного покрова Земли проводится в ГУ «НИЦ «Планета» более 25 лет, с момента запуска в 1983 г. первого отечественного океанографического спутника серии «Океан» с радиолокационной станцией бокового обзора X-диапазона (длина волны 3,2 см). В последующие годы ледовые наблюдения были дополнены данными видимого и инфракрасного диапазонов с отечественных и зарубежных космических систем Метеор, Ресурс, NOAA, EOS (TERRA, AQUA) [1]. В настоящее время в связи с отсутствием на орбитах российских спутников наблюдения Земли, мониторинг ледяного покрова осуществляется по данным с зарубежных спутников. В соответствии с

Федеральной космической программой России до 2015 г. (ФКП - 2015) запланировано развитие отечественной космической системы наблюдения Земли, в том числе, создание постоянно действующей группировки оперативных метеорологических спутников в составе 2-х геостационарных космических аппаратов серии «Электро» и 3-х полярно-орбитальных КА серии «Метеор» (включая специализированный спутник океанографического назначения).

В настоящее время осуществляется также разработка уникальной (не имеющей мировых аналогов) системы спутников на высокоэллиптических орбитах - МКС «Арктика», предназначенной для мониторинга северного полярного региона. Арктический регион физически недоступен для наблюдений спутниками международной базовой метеорологической группировки на геостационарных орбитах. Зона качественного мониторинга с геостационарных орбит ограничивается зенитным углом наблюдения 70 градусов, что соответствует широте 60 градусов. Каналы связи, размещенные на геостационарных спутниках, не могут обеспечить качественный прием данных с арктических дрейфующих буёв и автоматических гидрометеостанций.

Основные задачи МКС «Арктика» - оперативное получение гидрометеорологической информации (скорости и направления ветра, параметров облачности, осадков, ледовой обстановки и др.) по арктическому региону для информационного обеспечения анализа и прогноза погоды, безопасности полетов авиации, навигации по Севморпути, контроля чрезвычайных ситуаций и др. Кроме того, данная система предназначена для сбора и ретрансляции информации с наблюдательных платформ наземного, морского и воздушного базирования, а также для обмена и распространения обработанных гидрометеорологических данных по арктическому региону Земли.

Контроль состояния ледяного покрова Арктики и Антарктики осуществлялся на основе данных, принимаемых наземным комплексом приема и обработки спутниковой информации (НКПОР), включающим в себя три региональных центра: ГУ «НИЦ «Планета» (Москва, Обнинск, Долгопрудный); ЗС РЦПОД (Новосибирск); ДВ РЦПОД (Хабаровск), что обеспечивало полное покрытие космической съемкой всей территории Северного морского пути и всех замерзающих морей России [2]. В декабре 2007 г. на НКПОР Росгидромета были завершены работы по налаживанию оперативного приема информации еще с 3-х зарубежных космических систем: METOP, SeaStar и FY-1.

Важным направлением в обеспечении космического мониторинга является создание технологии построения карт ледовой обстановки по спутниковым данным видимого, инфракрасного или микроволнового диапазонов. В технологии воплощено сочетание автоматизированных и интерактивных процессов. В автоматизированном режиме осуществляется предварительная обработка спутниковых изображений (географическая привязка, трансформирование космических изображений в сформированные заранее, картографические основы, составление обзорных монтажей). В интерактивном режиме осуществляется дешифрирование на космических снимках ледовых

параметров (возраст, сплоченность, формы льда, обобщенные характеристики и др.) и их представление на карте. По данной технологии в ГУ «НИЦ «Планета» ежегодно выпускается около 600 карт и обзорных мозаик ледовой обстановки, из которых большее количество приходится на арктический регион. Данная информационная продукция передается для использования руководству Росгидромета, в Гидрометцентр РФ, в организации Минтранса, МО, РАН и др. На рис. 1 представлено картирование ледовой обстановки в Арктике.

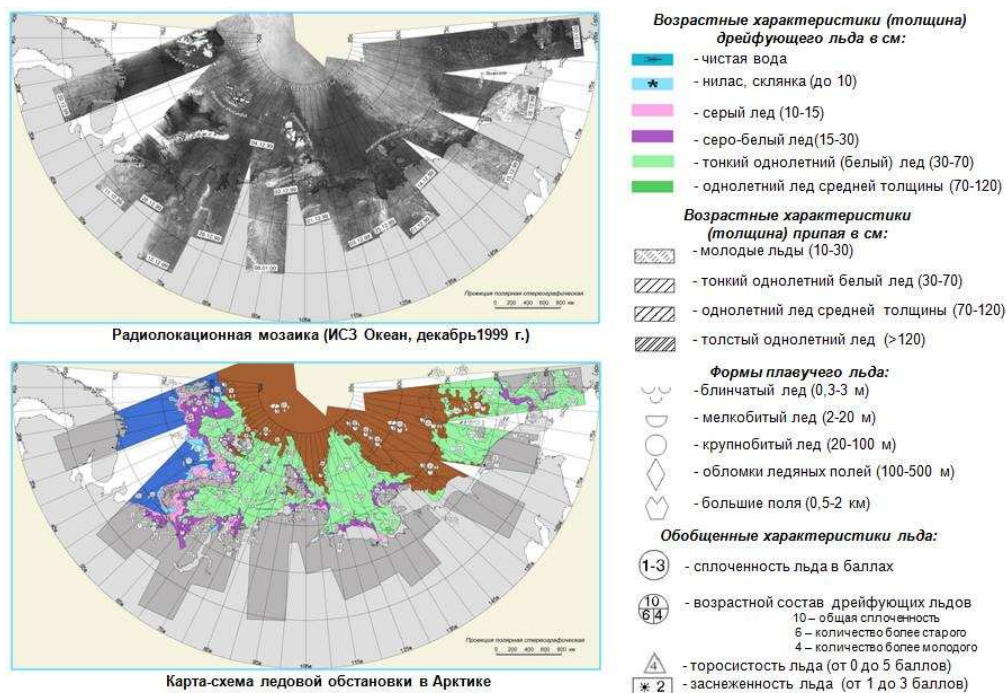


Рис. 1. Картирование ледовой обстановки в Арктике

В рамках решения задач мониторинга ледяных полей Арктики и Антарктики ГУ «НИЦ «Планета» осуществляет долговременное сотрудничество с ИВМиМГ СО РАН в области разработки алгоритмов и программного обеспечения обработки спутниковых данных [4]. В частности, одним из результатов такого сотрудничества является создание технологии автоматизированного распознавания и классификации ледовых объектов по многозональным спутниковым изображениям. В программной системе, поддерживающей эту технологию, реализованы методы распознавания и классификации без обучения (кластерный анализ) и классификации с обучением [5, 6]. Неконтролируемая классификация (кластерный анализ) в программном комплексе представлена двумя алгоритмами – методом K -средних и методом анализа мод многомерной гистограммы. Первый подход основан на итеративной процедуре отнесения векторов признаков классам по критерию минимума расстояния от вектора до центра класса. Оптимальным считается такое разбиение входных векторов на кластеры, при котором внутриклассовый разброс не может быть уменьшен при переносе какого-либо вектора из одного кластера в другой. В основе второго подхода лежит предположение, что исходные данные являются выборкой из многомодового закона распределения, причем векторы, отвечающие отдельной моде, образуют

кластер. Таким образом, задача сводится к анализу мод многомерных гистограмм. Кластерный анализ позволяет группировать элементы изображения на основе близости их в многомерном спектральном пространстве. Результаты кластерной обработки применяются для выбора тестовых участков, используемых в распознавании с обучением. Система классификации с обучением (контролируемая классификация) в программном комплексе состоит из семи классификаторов (один поэлементный классификатор и шесть объектных), основанных на использовании байесовской стратегии максимального правдоподобия, и двух объектных классификаторов, основанных на минимуме расстояния. Под элементом здесь понимается N -мерный вектор признаков $x = (x_1, \dots, x_N)^T$, где N - число спектральных диапазонов, а под объектом блок смежных векторов квадратной или крестообразной формы. Предполагается, что векторы x имеют в классе ω_i нормальное распределение $N(m_i, B_i)$ со средним m_i и ковариационной матрицей B_i . Решение о принадлежности центрального элемента объекта тому или иному классу принимается на основе результата классификации всего объекта.

Технология распознавания нашла широкое применение при проведении классификации материкового и морского льда Арктики и Антарктики, исходя из различия их спектральных свойств, а также для привязки выделенных классов к реальным объектам.

Еще одним примером сотрудничества ГУ «НИЦ «Планета» с ИВМиМГ СО РАН является экспериментальная технология построения полей дрейфа морского льда. В технологии использовался метод восстановления полей дрейфа морского льда по опознанным изменениям положения некоторых ледовых объектов (трассеров) на разновременных и картографически совмещенных спутниковых изображениях. Определение координат перемещения ледовых полей с заданным шагом достигалось в результате использования аппроксимаций по методу триангуляции Делоне. При этом на спутниковых изображениях предварительно производилось закрепление контуров береговой черты с помощью опорных точек для того, чтобы на картах дрейфа льда произвести разделение неподвижной суши и перемещающегося плавучего льда. На рис. 2 представлено построение карты дрейфа многолетнего льда в российском секторе Арктики (по данным ИСЗ QuikScat, SeaWind NRT, разрешение 35-40 км., 14-25 февраля 2005 г.).

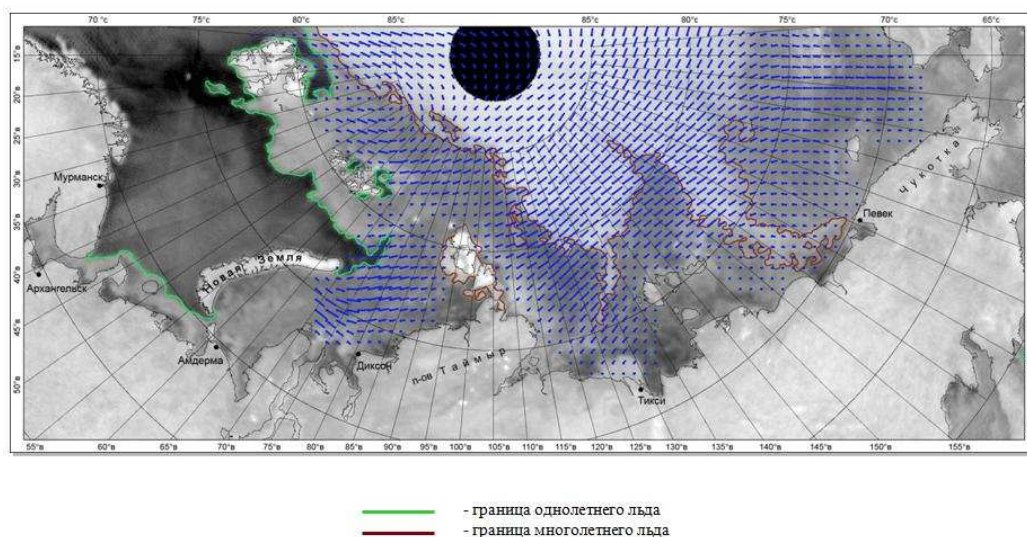


Рис. 2. Построение карты дрейфа многолетнего льда в российском секторе Арктики

Совместными усилиями ГУ «НИЦ «Планета» и ИВМиМГ СО РАН произведена адаптация методов линеаментного анализа (ранее использовавшегося для изучения структур суши [7]) для изучения структуры морского льда в Арктике и Антарктике. Было установлено, что по распределению линеаментов, выделенных на разновременных спутниковых изображениях, можно оценивать упорядоченность и перемещение трещеневатых структур плавучего морского льда, а зоны повышенной плотности линеаментов, выделенные на космических снимках морского льда, в большей степени подвержены деформации. Именно в этих зонах происходит наибольшее количество сжатий и разряжений ледяного покрова.

На рис. 3 представлен структурный (линеаментный) анализ фрагментов изображения ледяного покрова по данным ИСЗ NOAA, сканер AVHRR, канал: 10,5 – 11,5 мкм.

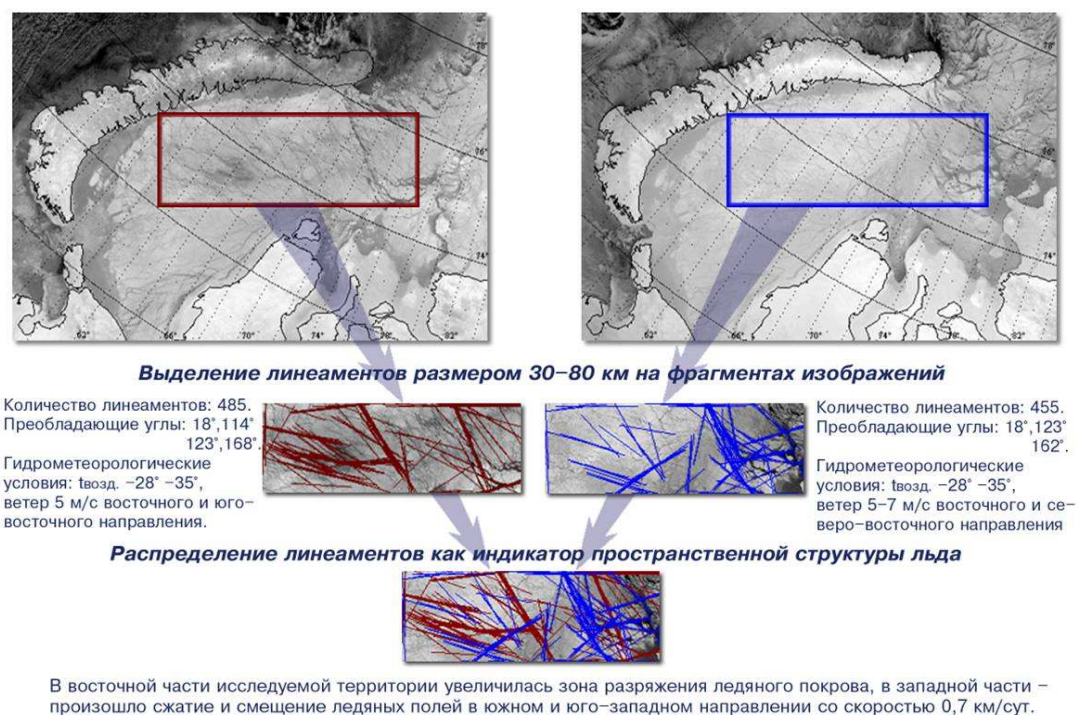


Рис. 3. Структурный (линеаментный) анализ фрагментов изображения ледяного покрова по данным ИСЗ NOAA

Более 20 лет продолжают спутниковые наблюдения за динамикой кромки крупных шельфовых ледников, а также отколами и дрейфом гигантских айсбергов. В частности, с 1986 г. ведутся наблюдения за отколом и дрейфом трех гигантских айсбергов (A22, A23 и A24) в море Уэдделла. До 1990 г. все три айсберга прочно удерживались на отмели в 230 км от кромки шельфового ледника Фильхнера, а затем айсберг A24 совершил дрейф вдоль Антарктического полуострова и побережья Южной Америки. В 2004 – 2005 гг. подобный дрейф совершил айсберг A22. Айсберг A23 до сих пор находится на отмели. Он превратился в искусственный остров. В холодное время года между айсбергом и берегом Антарктиды образуется припай.

Созданные в ГУ «НИЦ «Планета» технологии обработки спутниковых данных используются не только в оперативной практике, но и для изучения долговременных изменений характеристик ледяного покрова по архивным данным. Так, например, в 2002 – 2008 гг. была проведена оценка сезонных изменений границ распространения и площадей покрытия многолетнего льда в Арктике по данным скаттерометра K_U – диапазона (длина волны 2,2 см) SeaWinds ИСЗ QuikSCAT. Именно эти характеристики многолетнего льда наиболее чувствительны к изменениям климата и могут служить индикаторами региональных и глобальных климатических изменений. Оценка сезонных изменений площади многолетнего льда проводилась в российской секторе Арктики, ограниченном 10° в.д. и 160° з.д. В результате анализа сезонных изменений за шестилетний период были выявлены некоторые закономерности. Наибольшая площадь многолетнего льда в российской Арктике приходится на сентябрь месяц. В последующие месяцы площадь многолетнего льда

неравномерно уменьшается. С сентября по декабрь ежемесячная скорость изменения площади многолетнего льда в российской Арктике составляет ~20-70 тыс. км²/мес, с января по май ~110-140 тыс. км²/мес. В отдельные месяцы наблюдается небольшой прирост площади многолетнего льда (как, например, в декабре 2002 г.) за счет его поступления из канадского сектора Арктики. Обращает на себя внимание существенное сокращение протяженности многолетнего льда в российском секторе Арктики в зимний период 2007-2008 гг. В июне – августе оценки изменений площадей многолетнего льда не проводились из-за плохой разделяемости многолетнего и однолетнего льда в это время года.

Продолжены работы по оценке межгодовых изменений площади многолетнего льда в западном секторе Арктики. Ранее такие оценки проводились на основе многолетних рядов радиолокационных данных ИСЗ серии «Океан» за период 1983 – 1999 гг. В 2002 – 2007 гг. эти ряды были дополнены данными микроволнового скаттерометра SeaWinds ИСЗ QuikSCAT. Выделение границы многолетнего льда осуществлялось с использованием технологий автоматизированного распознавания и интерактивного дешифрирования. Валидация карт-схем границ распространения многолетнего льда, полученных по данным ИСЗ серии «Океан», проводилась с использованием данных авиационных наблюдений. Среднеквадратическая погрешность определения границ распространения многолетнего льда составила 8-12 км. Оценка межгодовых изменений площади многолетнего льда проводилась в западном секторе Арктики, ограниченном 40° в.д. и 105° в.д. Установлено, что в исследуемом районе имеют место значительные межгодовые вариации площадей от 180 тыс. км² до 540 тыс. км². Наибольшая площадь многолетнего льда была отмечена за этот период в декабре 1988 и 2003 гг., наименьшая – в 1985, 1999, 2005, 2006 и 2007 гг. За период наблюдения с 1983 по 2007 гг. в западном секторе Арктики с учетом пропусков информации отмечается небольшой отрицательный тренд (уменьшение площади многолетнего льда ~ на 5%).

С 2002 г. осуществляется построение карт границ распространения морского льда в Антарктике по радиолокационным данным американского спутника QuikSCAT. Выделение границы морского льда на радиолокационных изображениях Антарктики осуществлялось с использованием технологий автоматизированного распознавания и интерактивного дешифрирования. Анализ спутниковой радиолокационной информации за 2002 - 2007 гг. показал, что сезонные и межгодовые вариации площадей покрытия морского льда Антарктики существенно ниже, чем в Арктике за аналогичный период наблюдения (рис. 4).

ИЗМЕНЕНИЕ ПЛОЩАДИ МОРСКОГО ЛЬДА В АНТАРКТИКЕ

(по данным ИСЗ QuikSCAT, Sea Wind NRT, разрешение 35–40 км, 2007г.)

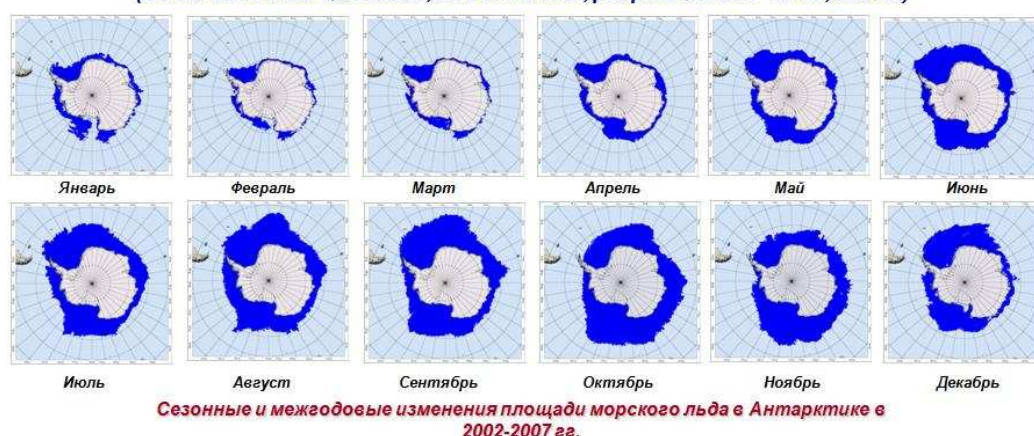


Рис. 4 Изменение площади морского льда в Антарктике

Все виды информационной продукции, получаемые при проведении космического мониторинга Арктики и Антарктики по мере их поступления заносятся в специализированный цифровой архив. К настоящему времени в архиве накоплены ряды спутниковых данных по различным районам Арктики за более чем 20-летний период. Работа выполнена частично при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 10-07-00131).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Справочник потребителя спутниковой информации. //Под редакцией В.В. Асмуса и О.Е. Милехина. 2005. С-Петербург, Гидрометеиздат, 114 стр.
2. Асмус В.В., Дядюченко В.Н., Загребав В.А. и др. Наземный комплекс приема, обработки, архивации и распространения спутниковой информации. / В сб. Труды НИЦ «Планета», вып.1(46), 2005, с. 3-21.
3. Кровотынцев В.А., Милехин О.Е. Характеристики радиолокационного обратного рассеяния морских льдов Арктики по данным ИСЗ «Океан-О1». Исследование Земли из космоса, №2, 1998г., стр. 68-80.
4. Бучнев А.А., Пяткин В.П. Программное обеспечение для решения некоторых задач аэрокосмического мониторинга //Труды Международной конференции “Математические методы в геофизике”, 8-12 октября, 2003, Новосибирск: Изд. ИВМиМГ СО РАН, 2003, ч. 2, с. 585-588.
5. Асмус В.В., Кровотынцев В.А., Милехин О.Е., Тренина И.С. Технологии обработки и архивации спутниковых данных при проведении

мониторинга ледяного покрова Антарктики. /Тезисы докладов на научной конференции «Россия в Антарктике». г. Санкт-Петербург, ГУ ААНИИ, 12-14 апреля 2006 г., с. 34 – 35.

6. Асмус В.В., Бучнев А.А., Пяткин В.П. Контролируемая классификация данных дистанционного зондирования Земли // Автометрия, 2008, том 44, № 4, с. 60-67.

7. Пяткин В.П., Салов Г.И. Статистический подход к задаче обнаружения некоторых структур на аэрокосмических изображениях // Наукоемкие технологии, 2002, № 3, т. 3, с. 52-58.

8. Асмус В.В., Милехин О.Е., Кровотынцев В.А., Селиванов А.С. Использование радиолокационных данных ИСЗ серии Океан для решения задач гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды // Исслед. Земли из космоса. 2002. № 3. с. 63-70.

© В.В. Асмус, В.А. Кровотынцев, В.П. Пяткин, 2010

УДК 528.91: 614.8 (571.14)

Ю.С. Щербаков

СГГА, Новосибирск

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Предлагается стратегия управления в чрезвычайных ситуациях, реализуемая на основе геоинформационного картографирования посредством формирования и реализации управленческих решений.

Yu. S. Shcherbakov

Siberian State Geodesic Academy, Novosibirsk

USE OF GEOINFORMATIONAL MAPPING FOR EMERGENCY MANAGEMENT

In the present paper emergency management strategy on the basis of geoinformational mapping by means of forming and implementation of management decisions, is considered.

Исходя из современных подходов, методов, средств обеспечения безопасности функционирования опасных объектов и алгоритма возникновения и развития аварий, можно предложить следующие стратегии государственного управления в кризисных ситуациях:

- Стратегия предотвращения причин возникновения аварийных ситуаций, реализуемая за счет средств автоматизации, компьютеризации и интеллектуальных систем, позволяющих контролировать, диагностировать и прогнозировать всевозможные отклонения в протекании процессов и предотвращать или компенсировать эти отклонения;

- Стратегия локализации и скорейшего подавления возникшей аварии, реализуемая за счет специальных технических, организационных и технологических методов, автоматических средств локализации, исключения источников опасностей и рисков;

- Стратегия ликвидации последствий аварий и катастроф, связанная со смягчением риска и ущерба от негативных последствий ЧС за счет четкой организации действий всех сил чрезвычайного реагирования, быстрой эвакуации населения в безопасные зоны и проведения аварийно-спасательных и восстановительных операций и работ.

По экспертным оценкам применение той или иной стратегии требует примерно следующих объемов затрат (в процентах от стоимости первоначальных капиталовложений): первая стратегия – 15-40%; вторая – 40;

80%; третья – 100-1000%, что обусловливается негативными последствиями для экологии, биосферы и социума, необходимостью длительного восстановления пораженного потенциала.

Стратегии управления в условиях раннего предупреждения ЧС должна состоять из двух этапов: разработка стратегии управления и ее реализацию.

Разработка стратегии управления включает оценку и управление риском: информационное обеспечение процесса управления; анализ данных с позиции оценки риска для здоровья людей, определение приоритетов источников и факторов риска; прогнозирование потенциальной ЧС и её последствий; разработка стратегических планов (правовых, экономических и других мер) по минимизации риска возникновения ЧС и её последствий.

Реализация стратегии управления является более сложным процессом, который включает:

1. Формирование мероприятий по уменьшению риска возникновения и ослаблению последствий потенциальной ЧС: организационно-техническое обеспечение предотвращения ТК (экспертиза проектов, экологический, санитарный надзор, использование встроенных систем защиты, резервирования, адаптации).

2. Подготовка к кризисной или чрезвычайной ситуации: разработка и корректировка оперативных эвакуационных или спасательных планов; подбор и подготовка специализированных управленческих кадров; реализация организационно-технических мер по оповещению и локализации потенциально опасной ЧС.

3. Противодействие ЧС (поражающим факторам): оповещение населения и организационных систем о возможной катастрофе; локализация (ограничение) места ЧС; эвакуация персонала и населения из опасной зоны; оказание срочной помощи и жизнеобеспечение пострадавших.

4. Ликвидация последствий ЧС: устранение последствий; осуществление ремонтно-восстановительных работ.

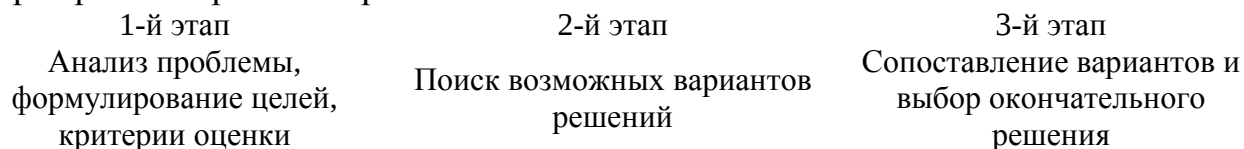
Процесс управления должен реализовываться на основе геоинформационного картографирования посредством формирования и реализации управленческих решений. Основные типы решений, которые имеют различные характеристики и требуют различных пространственных данных.

Оперативные решения – имеют периодический характер: одна и та же задача возникает периодически. Параметры (характеристики) управленческих процессов, используемые в ходе принятия решения, определены, их оценка известна с высокой точностью, а взаимосвязь параметров с принимаемым решением понятна. Оперативные решения являются беспроblemными и краткосрочными.

Тактические решения, принимаемые на среднем уровне, главные параметры процесса управления, входящие в состав тактических решений, полностью неизвестны, оценки и взаимосвязь характеристик и решений может быть не определена.

Стратегические решения обеспечивают базу для принятия тактических и оперативных решений. Стратегическим решениям присуща долгосрочность, комплексность, не структурированность и не периодичность.

Принятие эффективного решения должно состоять комплекса работ, отдельных этапов, процедур и операций. Среди многочисленных подходов к решению задачи принятия решения следует выделить трехэтапную модель формирования решений рис. 1.



Для реализации процесса управления на всех уровнях необходимо создавать интегрированную базу данных, которая должна отвечать следующим требованиям: быть согласованной по времени, полной и подробной, позиционно точной и совместимой с другими данным, достоверной, легко обновляемой, доступной. Кроме того, база данных должна быть доступна для следующих основных групп функциональных подсистем управления МЧС:

- Подсистемы, обеспечивающие реагирование на чрезвычайные ситуации;
- Подсистемы, обеспечивающие поддержку повседневной деятельности;
- Подсистемы поддержки коллективного принятия решений;
- Подсистемы аналитической поддержки управленческих решений
- Подсистемы, планирования и управления;
- Подсистемы технологического и информационного обеспечения.

Для территориального управления в ЧС необходимо осуществить геоинформационное картографирование зон риска, которое включает:

- Определение опасных объектов экономики и зон риска;
- Выявление всех возможных видов аварий;
- Специфику их возникновения и развития;
- Расчет полей потенциальной опасности этих аварий;
- Вероятность реализации негативного потенциала;
- Построение локальных зон риска для каждого сценария с конкретной привязкой к источнику опасности;
- Построение интегральных полей риска на картографической основе.

Основой программного продукта может служить версия ArcGis 9, которая позволяет решать полный спектр задач в работе с пространственными данными: от сбора информации до подготовки и визуализации информации. Эта версия позволяет не только использовать отдельные возможности программного продукта для управления в ЧС, но и применять сквозную технологию - интегрированное программное обеспечение с масштабируемой архитектурой, позволяющее работать в едином информационном пространстве на различных уровнях управления, в которых используется единая среда редактирования и

обновления данных. Среди приложений ArcGis: настольных, встраиваемых, серверных и мобильных ГИС особое внимание заслуживают настольные ГИС, в частности ArcGis Desktop, который включает три основных продукта - ArcView, ArcEditor, и ArcInfo, представляющих семейство программ с единым интерфейсом и общими принципами работы, но различаются по доступной функциональности для всех уровней управления.

Завершающей стадией управления является процедура принятия решения, которая включает следующие основные этапы: формулировка целей управления; определение критериев достижения целей; построение моделей для обоснования решений; поиск оптимального (допустимого) варианта решения; согласование решения; подготовка решения к реализации; утверждение решения; управление ходом реализации решения; проверка эффективности решения.

© Ю.С. Щербаков, 2010

УДК 528:551

В.П.Ступин, А.А. Карацай, Н.Ю. Лахман

ИрГТУ, Иркутск

МЕТОДИКА КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ЭКЗОГЕННОЙ ГЕОДИНАМИКИ ЗОНЫ ВЛИЯНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ АНГАРСКОГО КАСКАДА В СВЕТЕ КОНЦЕПЦИИ МОРФОСИСТЕМ

В статье рассмотрены принципы и методика ранжирования и зонирования территории в полосе влияния водохранилищ ангарского каскада, на теоретической основе концепции морфосистем в интересах формирования легенд и картографирования экзогенных геодинамических процессов исследуемого региона.

V.P. Stupin, A.A. Karatsay, N.Y. Lahman

Irkutsk State Technical University (ISTU)

83 Lermontova UI, Irkutsk, Russian Federation

TECHNIQUE OF MAPPING OF EXOGENOUS GEODYNAMICS OF THE ZONE OF INFLUENCE OF WATER BASINS OF THE ANGARA CASCADE IN THE LIGHT OF CONCEPT MORPHOSYSTEMS

In article principles and a ranging and zoning technique of territory in the zone of influence of water basins of the Angarsk cascade, on a theoretical basis of the concept morphosystems in interests of formation of legends and mappings of exogenous geodynamic processes of investigated region are considered.

В состав Ангарского гидроэнергетического каскада входят три гидроузла: Иркутский, Братский и Усть-Илимский. Плотины ГЭС сооружены в суженных местах долины Ангары и образуют крупные водохранилища. Общая площадь, попавшая в зону затопления Ангарского каскада составила 7500 кв. км, протяженность с юга на север – около 1,4 тыс. км, в водохранилищах заключено 234 куб. км воды, глубина затопления местами достигает 100 м. Водосбор каскада водохранилищ включает бассейн Байкала и Ангары до створа Усть-Илимской ГЭС. Создание столь грандиозного гидроузла привело к резкому перераспределению литодинамических потоков и изменению структуры морфогенеза затопленных и подтопленных территорий. Затопленные территории перешли в субаквальный литодинамический режим, и в их пределах произошла смена эрозионно-денудационного процесса на аккумулятивный. В пределах субаэральных подтопленных территорий имело место поднятие и смещение местных базисов денудации, изменения уровня грунтовых вод и, следовательно, перестройка структуры и режима литодинамических потоков в прибрежных морфосистемах.

Изучение экзогенной геодинамики морфосистем зоны влияния ангарского гидроузла представляет несомненный научный и практический интерес. Одним из основных методов исследований такого рода является картографический. Для отработки легенд карт геодинамики полосы влияния водохранилищ ангарского каскада нами разработана методика ее зонирования, основанная на дефиниции и ранжировании прибрежных морфосистем, путем анализа факторов морфогенеза, важнейшим из которых является морфологический. Именно морфология служит основой для формирования природных и техногенных морфосистем, характеризующихся целостностью и относительной устойчивостью своей внутренней структуры, обменом веществом и энергией и т.д. Подробнее принципы дефиниции и ранжирования морфосистем в интересах картографирования изложены нами в [1,2].

Под переработкой береговых морфосистем мы понимаем процесс совокупного воздействия различных факторов, проявившихся в результате нарушения динамического равновесия в ходе формирования молодых водохранилищ и приводящих к перестройке прежде равновесных береговых и прибрежных систем. Процессы формирования и переформирования берегов протекают как в зоне непосредственного контакта водной массы с сушей, так и в пределах прилегающих к берегу субаквальных и субаэральных полос – в зоне опосредованного контакта.

Основными факторами, определяющими границы, тип, облик и интенсивность переработки морфосистем ангарских водохранилищ являются:

- Геоморфологические условия (морфология и морфометрия рельефа);
- Инженерно-геологические условия (устойчивость пород, слагающих берега);
- Гидрологический фактор (ветровой и волновой режимы, колебания уровня, вдольбереговые течения, ледовые условия);
- Ландшафтные условия (тип климата, растительный покров);
- Антропогенный фактор.

Перечисленные факторы положены в основу зонирования морфосистем прибрежной полосы территории исследований. Перечень выделенных морфосистем (в порядке приоритетности факторов) приведен ниже.

Дефиниция по морфологии морфосистем и их положению по отношению к водной массе водохранилищ:

- Затопленные (субаквальные системы подводных склонов и ложа водохранилищ):
 - В слое волнового воздействия (мощность слоя принята равной двойной высоте максимальных волн);
 - Глубже слоя волнового воздействия.
- Подтопленные (субаэральные системы берегов и побережья):
- Простые и сложные склоны, опирающиеся на урез водохранилищ;
- Бассейны первого порядка, опирающиеся на урез водохранилищ;

– Устьевые участки бассейнов второго и более высоких порядков, в которых имела место ингрессия водохранилища в процессе его заполнения.

Дефиниция по типу геологического субстрата (морфолитодинамический фактор):

- Скальный субстрат, представленный коренными породами:
- Относительно прочными магматическими (траппы и т.п.);
- Относительно неустойчивыми метаморфическими нерастворимыми (песчаники, сланцы, алевролиты, аргиллиты и т.п.):
- Растворимыми карбонатными и др. карстующимися (мрамора, известняки, мергели, гипс, соль);
- Рыхлый субстрат, представленный размываемыми несвязными аллювиально-делювиальными отложениями ангарских террас:
- Крупнообломочными (галечники и т.п.);
- Мелкообломочными (пески, суглинки, лессовидные суглинки).

Дефиниция по ландшафтным признакам:

- Остепненные территории;
- Залесенные (таежные) территории;
- Селитебные побережья.

Сочетания вышеперечисленных факторов формируют следующие типы береговых морфосистем:

- Денудационно-абразионный;
- Абразионно-аккумулятивный;
- Абразионно-денудационный;
- Аккумулятивный.

Денудационно-абразионный тип характерен для приглубых и крутых ингрессионных берегов, сложенных устойчивыми магматическими и метаморфическими породами. Такие системы сохраняются достаточно долго, особенно в условиях не слишком интенсивного волнения.

Ведущими процессами развития таких берегов являются унаследованные склоновые процессы, в степной зоне в сочетании с линейной эрозией. Абразия играет подчиненную роль. Отношение длины денудационной части берегового склона к длине абразионной части (клифа) обычно больше, чем 10/1.

Берега этого типа слабо изменены после подтопления, имеют невысокий клиф (1-2 м), пляж или отсутствует вовсе, или находится в зачаточном состоянии. У таких берегов часто можно встретить сохранившийся затопленный лес.

В Иркутском водохранилище подобные берега занимают большую часть левого берега и верхнюю половину правого.

В Братском водохранилище берега рассматриваемого типа преобладают по правому берегу, а также по расположенной ниже по течению части левого.

В Усть-Илимском водохранилище такие береговые системы занимают большую часть побережья.

Абразионно-аккумулятивный тип характерен для берегов, сложенных рыхлыми отложениями ангарских террас, а также некрепкими или выветрелыми метаморфическими породами. Подобные морфосистемы приурочены к выступающим в акваторию мысам и островам, т.е. там, где волнение наибольшее.

Ведущими процессами являются абразия и размыв береговых склонов с образованием довольно высоких клифов (более 10 м), бенча, пляжа с подводной осыпью, реже с образованием других аккумулятивных форм – кос, пересыпей и т.п. Клиф занимает большую часть берегового склона.

Берега этого типа наиболее сильно изменились после подтопления, отступили на десятки и первые сотни метров и пока не обнаруживают признаков стабилизации.

В Иркутском водохранилище такие системы приурочены к отложениям третьей террасы Ангары в нижней, примыкающей к плотине, части правого берега.

В Братском водохранилище подобные берега занимают более 30% побережья и приурочены к выходам неустойчивых пород ордовика в верхней и средней частях водохранилища.

В Усть-Илимском водохранилище береговые системы этого типа распространены меньше и не столь активны.

Абразионно-денудационный тип характерен для берегов, сложенных рыхлыми и глинистыми отложениями, непрочными метаморфическими, а также специфическими (растворимыми, карстующимися, просадочными) породами.

Абразия и подтопление берегов являются ведущими процессами преобразования таких берегов, что приводит к активизации унаследованных или появлению новых, часто весьма негативных, экзогенных процессов в прибрежной полосе. К таковым относятся карст, оползни, суффозия, отседание склонов, овражная эрозия. Отношение абразионной и денудационной частей берегового таких систем склона обычно менее 10/1

Больше всего берега этого типа развиты в Братском водохранилище, особенно по берегам его верхней остепненной части.

В Иркутском водохранилище оползневые процессы характерны для нижней части водоема, особенно вдоль правого берега.

В Усть-Илимском водохранилище подобные берега встречаются реже. В то же время здесь известны примеры отседания скальных склонов по трещинам бортового отпора.

Аккумулятивный тип характерен для верховьев глубоких и узких ингрессионных заливов с пологими отмельными берегами.

Здесь в условиях волновой тени и подпора устьев притоков Ангары происходит заболачивание, сопровождающееся осадконакоплением, заиливанием и формированием бугристого рельефа торфяников.

В Иркутском водохранилище такой тип берегов характерен для широких плоских падей правого, более изрезанного берега.

В Братском водохранилище перечисленные процессы особенно активно проявляются по глубоким заливам левого берега – по долинам рек Ока, Ия, а также по обоим берегам субширотного расширения водоема в районе Братска.

В Усть-Илимском водохранилище такой тип береговых морфосистем обычен для ингрессионных заливов Илима – правого притока Ангары.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ступин В.П. Выявление и дефиниция морфосистем в интересах картографирования рельефа [Текст] / В.П.Ступин // Геодезия и картография. – М., 2009. – №9. – С. 30-38.

2. Ступин В.П. Картографирование морфосистем [Текст] / В.П.Ступин // Иркутск: Изд-во ИрГТУ. – 2009 г. – 160 с.

© В.П.Ступин, А.А. Карацай, Н.Ю. Лахман, 2010

УДК 504.05

Л.А. Пластинин, В.П. Ступин, А.В. Контев

ИрГТУ, Иркутск

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПРОГНОЗА ВОЗДЕЙСТВИЯ АНГАРСКИХ ВОДОХРАНИЛИЩ НА ПРИРОДНУЮ СРЕДУ

В статье приводится схема системно-комплексного анализа экологического состояния водохранилищ, перечень основных исходных параметров, необходимых для экологической экспертизы влияния водохранилищ и ГЭС на природную среду.

L.A. Plastinin, V.P. Stupin, A.V. Koptev

Irkutsk State Technical University (ISTU)

83 Lermontova UI, Irkutsk, Russian Federation

METHODOLOGICAL AND METHODICAL BASES OF THE ECOLOGICAL FORECAST OF INFLUENCE OF ANGARSK WATER BASINS ON THE ENVIRONMENT

In the article the scheme of the system-complex analysis of an ecological condition of water basins, the list of the basic parameters necessary for ecological examination of influence of water basins and HPS on an environment is resulted.

Принципы и этапы экологического прогноза. Цель экологического прогноза при создании водохранилищ и их каскадов – разработка адекватного представления об изменении природной среды в результате строительства и функционирования гидротехнических объектов [1]. Многофакторность общественных, экономических и природных явлениях порождает много случайных процессов и прогнозирование возможно лишь в определенной степени. Точность прогнозирования основывается на результатах наблюдений и измерений за прошедший период и их предварительной обработки (входные данные).

Изучение опыта строительства и эксплуатации ангарского каскада водохранилищ и ГЭС позволяет сформулировать общие особенности прогнозирования влияния водохозяйственного строительства на природную среду [2].

Во-первых, нельзя полностью избежать отрицательных влияний формирования водохранилищ на окружающую среду, но можно предусмотреть минимум отрицательных воздействий.

Во-вторых, необходимы комплексные водные преобразования, т.е. в проекте водохозяйственных мероприятий должны предусматриваться не только

первичные последствия строительства, но и последствия второго, третьего и последующих порядков.

В-третьих, должен быть разработан комплекс компенсационных мер.

В-четвертых, разработана система профилактических мер.

Особенности экологического прогноза должны учитывать следующее:

- Природа развивается по своим законам, безотносительно наших знаний;
- Вмешательство человека в природную среду зачастую трудно состыковывается с законами природы;
- Все природные ресурсы и объекты планеты взаимообусловлены;
- Прогнозирование природы зависит от технического прогресса.

Основные принципы прогнозирования в природопользовании [3]:

- Системный принцип, который предполагает неразрывность прогнозирования во времени и пространстве, а также взаимосвязь и взаимообусловленность методов, уровней, этапности, последовательности, очерёдности.
- Принцип объективности, научной обоснованности.
- Принцип совпадения, подтверждения, адекватности, т.е. совпадение теоретических моделей с практическими проявлениями.
- Вариантность, альтернативность решений и ожидаемых последствий.

Прогнозирование природопользования по охвату, масштабу явлений относится к системно-комплексным прогнозам, которые скоординированы, объединены методологической концепцией и ожидаемым результатом. Системно-комплексными могут быть исследования водоема, охватывающие различные аспекты его состояния (гидрологический, химический, биологический, санитарно-гигиенический, хозяйственного освоения водосбора и акваторий и т.п.).

Созданию крупных речных искусственных водохранилищ предшествуют основные рабочие этапы:

- Планирование и разработка технико-экономической документации;
- Проектирование и разработка рабочей документации;
- Строительство водного объекта;
- Эксплуатация объекта.

В соответствии с этапами проводят экологические исследования (табл.1).

Основные данные и материалы экологической экспертизы. Виды используемых и получаемых данных материалов в соответствии с этапами работ представлены в табл. 2.

Данные о природном ресурсно-сырьевой и хозяйственно-экономическом потенциале территории работ. Включают все виды природопользования (промышленного, сельскохозяйственного, лесохозяйственного, рекреационного и др.), которые сопровождаются экологическими негативными последствиями.

При освоении природно-сырьевого потенциала и его водохозяйственного комплекса особое внимание рекомендуется уделять степени изучения развитости антропогенной составляющей, которая включает:

- Районы нового хозяйственного освоения, где экстенсивные формы должны быть минимизированы;
- Районы раннего хозяйственного освоения со сложившимся взаимодействием хозяйственной деятельности и природных составляющих, где опасности подвергается как ресурс-, так и средовоспроизводящая способность экосистем;
- Урбанизированные территории, где основной комплекс проблем связан с качеством окружающей природной среды.

Анализ данных материалов позволяет выделить территории:

- Конфликтные (возможность необратимости негативных процессов);
- Кризисные (угроза необратимых отрицательных последствий);
- Катастрофические (необратимые).

Таблица 1

Этапы исследований	Функционально-целевая направленность исследований	Основные задачи исследований
1	2	3
I. Постановка задачи	Определение обобщенных целей и границ системы и определение критериев	Анализ природных условий формирования
II. Формирование исследуемой системы	Выделение приоритетов исследуемой системы и ее первичная структуризация при ориентировочном членении системы на подсистемы и элементы	Изучение влияния на качество природных вод загрязняющих веществ. Источников, поступающих в водохранилище: – сосредоточенные (точечные или условно точечные источники загрязнения; – рассредоточенные источники с водосброса, береговой полосы и акватории
III. Построение и исследование модели, прогноз развития системы	Анализ и прогноз развития системы, основанный на нахождении параметров для верификационных моментов (времени, уровня и др.) в результате, проигрывания на модели различных вариантов внешних воздействий	Синтез и оценка (оптимизация) условий формирования качества воды в водохранилище
IV. Рекомендации по эксплуатации исследуемой системы модели	Комплексный анализ результатов прогнозирования состояния системы, проверка их соответствия поставленным целям, разработка рекомендации по совершенствованию модели и реального состояния системы	Оценка условий (или их оптимизация) формирования качества воды в водохранилище

Таблица 2

Вид материалов	Этапы			
	I	II	III	IV
1. Данные о природном ресурсно-сырьевом потенциале территории исследований	+	-	-	+
2. Данные о хозяйственно-экономическом потенциале территории	+	+	-	+
3. Топографические данные	+	+	+	+
4. Метеорологические данные	-	+	+	+
5. Гидрологические данные	+	+	+	+
6. Геолого-геоморфологические данные	+	+	-	-
7. Инженерно-геологические данные	-	+	+	+
8. Гидрогеологические данные	-	+	+	+
9. Лесотаксационные данные	+	+	-	+
10. Гидрохимические данные	-	+	+	+
11. Гидробиологические данные	-	+	+	+

Гидрометеорологические и гидрохимические данные. Включают:

- Оперативную информацию о гидрологическом и метеорологическом состоянии речной сети бассейна будущего водохранилища;
- Режимные гидрометеорологические обобщения (кадастровые издания);
- Краткосрочные гидрографические и метеорологические прогнозы;
- Комплексные исследования гидрологической ситуации непосредственно контактирующих водохозяйственных систем.
- Данные об объеме и числе лимитирующих и репрезентативных загрязняющих веществ (ЗВ), сбрасываемых в водохранилище.

Топографические и геолого-геоморфологические данные. Включают:

- Топографические карты, как точная основа для определения основных характеристик будущего водохранилища;
- Геоморфологические карты для оценки типа переработки берегов;
- Геологическая карта для уточнения литологии берегов;
- Гидрологическая карта (для оценки зон существующих и будущих болот, мощности всплывающих островов торфа, объемов (площадей) затопливаемого и подтапливаемого древостоя;
- Геодезические материалы для детализации условий наблюдения за переработкой берегов, строительством сооружений.

Лесотаксационные данные. Используются для проведения исследования различных экологических состояний водохранилища и содержат:

- Таксационные показатели древесной массы в ложе будущей водохранилища после проведенной лесосводки и лесочистки;

– Таксационные показатели древесной растительности (поквартальные) на береговой зоне будущего водохранилища и крупных боковых его притоков.

Методы прогнозирования природных процессов. При прогнозировании природных процессов используются многие методы: аналогов, экстраполяции, экспертных оценок, картографический, математический, пространственно-временной прогноз с использованием геоинформационных систем и другие.

1) *Метод аналогов* используется в связи с возможностью переноса закономерностей справедливых для пространственных рядов, на временные ряды и наоборот, исходя из близости пространственного и временного прогноза; степень сходства аналога и объекта прогноза определяется однородностью сравниваемых объектов. Так для ангарских водохранилищ в качестве аналога принято водохранилище Братской ГЭС. Критерием сходства может быть режим уровней водохранилищ, геологические структуры, таксационные характеристики зон затопления и зон, подверженных воздействию ветроволновых явлений, климат, сходство антропогенных нагрузок и т.п. Основой для успешного применения этого метода является достоверность данных, взятых для аналога.

2) *Метод экспертных оценок* основан на сборе информации групповой оценки события. Однако теоретического обоснования точности и надежности методов групповой оценки не существует. Единственным критерием является экспериментальная проверка по характерным бассейнам. Метод использовался при оценке запасов затонувшей древесины, выведенным из молевого сплава.

3) *Метод экстраполяции* предполагает распространение сложившихся во времени закономерностей в предпрогнозный период на определенный период в будущем. При экстраполяционном методе прогнозирования определяющим является выбор главных прогнозируемых факторов. Метод используется при прогнозировании последствий строительства гидротехнических сооружений и переработки берегов. Метод опирается на материалы наблюдений, проведенных на действующих водохранилищах, имеющих аналогичные критерии сходства.

4) *Картографический метод* – наиболее распространённый комплексный метод, часть каждого вышеназванного метода прогнозирования. Этот метод используется для общей оценки пространственного развития процесса.

5) *Метод математического моделирования* основан на целесообразном абстрагировании процессов развития в будущем. В практике управления водными ресурсами, водным хозяйством, водопользованием математическое моделирование используется при планировании, проектировании, эксплуатации водохозяйственных систем, прогнозировании водопользования, последствий осуществления водохозяйственных мероприятий и при решении других задач.

В наши дни для экологического прогнозирования открываются возможности использования современных географических информационных систем (ГИС), позволяющие выполнять пространственно-временный прогноз [4].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. О методическом подходе к оценке влияния водохранилищ на природу / Ю. М. Матарзин, Т. П. Девяткова, С. А. Двинских, А. В. Китаев // Материалы конференций и совещаний по гидротехнике: Влияние водохранилищ ГЭС на хозяйственные объекты и природную среду. – ВНИИГ им. В.Е. Веденеева: Энергия, 1980. – С. 128-136.
2. Львович, М. И. Вода и жизнь. Водные ресурсы, их преобразование и охрана / М. И. Львович. – М. : Мысль, 1986. – 254 с.
3. Яндыганов, Я. Я. Экономика природопользования: / Я. Я. Яндыганов. – Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. эконом. ун-та, 1997. – 764 с.
5. Юров, Е. Н. Использование ГИС-технологий при прогнозировании засорения водохранилищ ГЭС древесной массой / Е. Н. Юров, В. П. Корпачев // Лесозексплуатация: межв. сб. научн. тр. – Красноярск, 2002. – С.12-20.

© Л.А. Пластинин, В.П. Ступин, А.В. Контев, 2010

УДК 528.9:004

В.Н. Михеев, В.А. Отрощенко

Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Новосибирской области, Новосибирск

В.С. Писарев, Я.Г. Пошивайло, С.С. Дышлюк

СГГА, Новосибирск

ГИС-ТЕХНОЛОГИИ В СИСТЕМЕ СОЦИАЛЬНО-ГИГИЕНИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ТЕРРИТОРИЙ

Сегодня в России создана система социально-гигиенического мониторинга, основной целью которой является наблюдение за состоянием здоровья и факторами среды обитания человека. Благодаря применению ГИС-технологий, можно установить и наглядно проанализировать причинно-следственные связи состояния окружающей среды и здоровья населения.

V.N.Mikheev, V.A. Otroshchenko

Head of the Social Health-Related Monitoring Department, Novosibirsk, Russian Federation

Viktor S. Pisarev, Yaroslava G. Poshivailo, Svetlana S.Dyshlyuk

Siberian State Academy of Geodesy, Novosibirsk, Russian Federation

GIS TECHNOLOGIES IN THE SOCIAL HEALTH-RELATED TERRITORY MONITORING SYSTEM

At present in Russia there is a social health-related monitoring system that aims at human health status and environmental factor supervision. GIS-technologies help to specify and analyze visually a causal connection between environmental conditions and public health.

Основой экологической стратегии ведущих мировых держав является возведение в ранг приоритетной задачи защиту здоровья населения от неблагоприятных факторов окружающей среды. Проблема установления причинно-следственных связей между состоянием окружающей среды и здоровьем населения является основной среди социальных, медицинских и экологических задач. Опыт разрешения таких задач в развитых странах мира уже на протяжении более чем трех десятилетий доказывает острую необходимость включения в систему государственного управления механизмов регулирующих связь “среда-здоровье” [1].

Сегодняшняя экологическая ситуация в России неблагоприятна. Химические компоненты отходов производства, попадающие в окружающую среду в огромных количествах, приводят к изменению в атмосфере, почве, воде.

Эти изменения касаются и биосферы, особенно тех ее элементов, которые тесно связаны с человеком. Высокая антропогенная нагрузка территорий в сочетании с неблагоприятной социально-экономической ситуацией в России создает реальную угрозу массового распространения экологически зависимых заболеваний, особенно в крупных и урбанизированных регионах. Возрастает необходимость получения точной и своевременной информации о показателях среды и здоровья населения для принятия экстренных управленческих решений, разработки и коррекции систем профилактических и диагностических мероприятий [1].

Задачи, которые приходится решать специалистам в сферах охраны среды и здоровья популяции, очень сложны. Поэтому для принятия решений важно найти наиболее оптимальный поставленной задаче инструмент анализа разнородных данных.

На государственном уровне на сегодняшний день создана единая система наблюдения за состоянием здоровья и факторами среды обитания человека – социально-гигиенический мониторинг.

Основными функциями социально-гигиенического мониторинга является гигиеническая оценка, выявление причинно-следственных связей между состоянием здоровья населения и воздействием факторов среды обитания человека на основе системного анализа и оценки риска для здоровья населения, установления причин и выявление условий возникновения и распространения инфекционных и массовых неинфекционных заболеваний. Таким образом, социально-гигиенический мониторинг призван обеспечивать санитарно-эпидемиологическое благополучие населения. [3].

В современных условиях административной реформы организация социально-гигиенического мониторинга на территории России требует принципиально нового подхода к структурам производства данных о состоянии здоровья населения и среде его обитания. Такой подход обеспечивается использованием компьютерных информационных технологий.

Для оценки пригодности той или иной информационной технологии должен использоваться комплекс критериев, включающий:

- Возможность накопления, систематизации, обработки и анализа больших объемов разнородной территориально-распределенной информации на всех уровнях управления;
- Использование общепринятых форматов баз данных (БД);
- Открытость информационной системы, дающая возможность информационного взаимодействия с системами государственных органов власти и управления, медицинскими и иными организациями;
- Гибкость, позволяющую осуществлять поэтапное внедрение;
- Наличие развитых возможностей экспорта и импорта данных;
- Применение развитых и общепризнанных технических платформ;
- Экономическую целесообразность.

Наиболее полно данным требованиям соответствуют Географические Информационные Системы (ГИС), являющиеся одним из самых наукоемких и перспективных средств управления, как на государственном, так и на региональном и местном уровнях. Функциональные возможности ГИС позволяют объединять и отображать информационную часть практически любого размера на едином картографическом пространстве.

При проведении социально-гигиенического мониторинга вся информационная накопительная часть, необходимая для дальнейшего анализа и формирования отчетов о состоянии загрязнения окружающей среды, хранится в виде единого реестра пунктов наблюдения на местности. По каждому пункту наблюдения имеется большой набор показателей, несущий информацию о результатах измерений.

Средствами ГИС информационная нагрузка интегрируется с картографической частью в единое информационное пространство, где происходит дальнейший анализ измерений с целью выявления критических значений и построение тематических диаграмм и графиков.

В ГИС использован наиболее легкий для человеческого восприятия способ систематизации и упорядочения информации – графическое отображение объекта и "привязка" к нему всевозможных данных. При этом важно отметить, что все собранные и упорядоченные в ГИС сведения в дальнейшем могут воспроизводиться как в исходном виде, так и в качестве различных статистических показателей, например в виде средних значений, поверхностей распределения, доверительных границ показателя и т.п.

Для геоинформационных технологий характерна возможность получения результатов в кратчайшие сроки, что ускоряет принятие решений в условиях чрезвычайных ситуаций, связанных с самими сложными объектами исследований (население, компоненты окружающей среды).

В Новосибирской области система социально-гигиенического мониторинга функционирует с 1998 года. Региональный информационный фонд данных, куда стекается вся информация, состоит из нескольких блоков: это показатели состояния здоровья населения, качества и безопасности атмосферного воздуха, питьевой воды, санитарно-эпидемиологической безопасности воды открытых водоемов, почвы, радиационная безопасность объектов окружающей среды.

Использование ГИС-технологии позволило визуализировать накопленный материал, осуществлять быстрый поиск и выбор объектов, попадающих в зону интересов. Результаты проб воды и воздуха были преобразованы в электронный вид для дальнейшей обработки и анализа (координаты точек в которых проводились замеры, были измерены при помощи GPS-приемника, и затем была выполнена координатная привязка баз данных к имеющейся картооснове). Картографической основой для создания и отображения тематических слоев послужила карта г. Новосибирска масштаба 1:10000, созданная в Сибирской государственной геодезической академии. Актуальная база данных зданий, содержащаяся в карте, позволяет осуществлять объектное геокодирование данных, о случаях заболеваемости, о концентрациях химических веществ в

атмосферном воздухе, питьевой воде, почве, об авариях на водопроводных сетях и др.

При анализе карты города Новосибирска в ArcGIS 9.2, были выявлены районы с максимальной концентрацией вредных веществ в атмосферном воздухе, при этом проанализированы факторы, влияющие на концентрацию тех или иных веществ; проведен анализ качества воды, ранжированы источники питьевой воды по степени загрязненности, про почвы, очаги инфекционных заболеваний. В результате, благодаря применению ГИС-технологий, мы можем установить и наглядно проанализировать причинно-следственные связи состояния окружающей среды и здоровья населения.

Разработка и внедрение современных информационных технологий позволило изменить качественное состояние анализа причинно-следственных связей в системе «среда–здоровье», в том числе с использованием электронного картографирования на основе ГИС-технологий. Социально-гигиенический мониторинг, как основной источник информации о процессах изменений состояния здоровья населения и среды обитания, приобрел еще большее значение.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК:

1. Постановление Правительства Российской Федерации «Об утверждении Положения о социально-гигиеническом мониторинге» № 426 от 01.06.2000 г.
2. Постановление Правительства Российской Федерации «Об утверждении Положения о государственной службе наблюдения за состоянием природной окружающей среды» № 622 от 23.08.2000 г.
3. Большаков А.М., Крутько В.Н., Пуцилло Е.В. Оценка и управление рисками влияния окружающей среды на здоровье населения. М., 1999 г.
4. Маймулов В.Г., Нагорный С.В., Шабров А.В. Основы системного анализа в эколого-гигиенических исследованиях. С.-П., 2000 г.

© В.Н. Михеев, В.А. Отрощенко, В.С. Писарев, Я.Г. Пошивайло, С.С. Дышлюк, 2010

УДК 614.8:629.783

С.И. Михайлов

Инженерно-Технологический центр «СканЭкс»

СИСТЕМА КОСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ: РЕШЕНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ

В статье рассмотрен спектр задач, решаемых специалистами МЧС РФ в рамках которых могут быть использованы методы дистанционного зондирования Земли.

S.I. Mikhailov

Chief of the department of the engineering-and-technological centre «ScanEx»

THE SYSTEM OF EMERGENCY SITUATIONS SPACE MONITORING: SOLUTIONS AND TECHNOLOGIES

The range of the problems facing the specialists of the Russian Ministry of Emergency Situations is considered. They may be solved by the Earth remote sensing methods.

Спектр задач, решаемых специалистами МЧС РФ, в рамках которых могут быть использованы методы дистанционного зондирования Земли очень широк. Сюда входит и обновление картографической информации на районы возможного или фактического возникновения чрезвычайных ситуаций, и мониторинг развития природных катаклизмов и техногенных аварий, и оценка последствий этих событий и нанесенного ими ущерба. Многие задачи требуют оперативного реагирования, что определяет достаточно жесткие требования к технологиям обработки и предоставления данных. Другие задачи ориентированы на организацию систем мониторинга, например – оценка развития паводков, возникновения лесных пожаров, распространение техногенных загрязнений на суше и на море. Поскольку деятельность МЧС напрямую связана с безопасностью населения и промышленных объектов, спасательными работами, сохранностью уникальных природных объектов, обеспечение деятельности МЧС пространственной информацией должно отличаться высокой оперативностью, а методы обработки и типы данных для каждой задачи должны быть определены очень четко, чтобы обеспечить бесбойную работу всех служб и подразделений.

Технологические решения, разработанные ИТЦ «СканЭкс» в рамках сотрудничества с МЧС РФ, полностью отвечают этим требованиям, так как базируются на технологиях прямого приема данных дистанционного зондирования, что обеспечивает высокую оперативность получения информации. Создаваемая система включает полный цикл обработки данных –

от их получения со спутника до тематической интерпретации и доведения до конечного пользователя.

Наиболее эффективным путем развития системы космического мониторинга было признано создание региональных центров приема и обработки спутниковых данных. В настоящее время в рамках этой программы функционируют 5 приемных станций, зоны приема которых охватывают существенную часть территории РФ и сопредельных стран.

В рамках программы развития системы космического мониторинга, с целью отладки разработанных технологий, специалистами ИТЦ «СканЭкс» и МЧС РФ был осуществлен ряд проектов, наиболее крупными из которых являются оперативный мониторинг паводковой ситуации, выявление очагов лесных пожаров, мониторинг ледовой обстановки и чрезвычайных ситуаций, связанных с техногенным загрязнением, на морских акваториях.

Однако возможности системы космического мониторинга этим не ограничиваются. Существующие технологии позволяют также осуществлять мониторинг зон ЧС, связанных с катастрофическими проявлениями эндогенных и экзогенных процессов, техногенными авариями, и решать многие другие задачи.

Оперативность доведения исходных данных и результатов их обработки до конечного пользователя также повышается за счет использования геопортальных технологий, позволяющих отслеживать изменение ситуации в режиме, близком к реальному времени.

Также был разработан классификатор задач, связанных с мониторингом чрезвычайных ситуаций и ряд методических рекомендаций по использованию и обработке данных дистанционного зондирования.

Таким образом, все этапы получения, обработки, анализа, передачи и хранения информации были объединены в рамках единой технологической системы, позволяющей решать большое количество задач, связанных с возникновением чрезвычайных ситуаций.

© С.И. Михайлов, 2010

УДК 656.225.073.436.08.

В.И. Медведев, И.О. Тесленко, Е.А. Калиниченко

СГУПС, Новосибирск

НОВЫЕ АВАРИЙНЫЕ КАРТОЧКИ ДЛЯ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ С ОПАСНЫМИ ГРУЗАМИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

В статье обсуждаются особенности методологии формирования аварийных карточек из массива опасных грузов и факторы их корректировки. Изложены результаты исследований выполненных при разработке нового пакета аварийных карточек в рамках работ по гармонизации всех основных регламентов по перевозке опасных грузов. Результаты данного исследования утверждены Советом по железнодорожному транспорту и внедрены в действие на железных дорогах 15 государств.

V.I. Medvedev, I. O. Teslenko, E. A. Kalinichenko

Siberian Transport University (STU)

191 D. Kovalchuk, Novosibirsk, 630049, Russian Federation

NEW EMERGENCY CARDS FOR THE PREVENTION AND LIQUIDATIONS OF EXTREME SITUATIONS WITH DANGEROUS GOODS ON THE RAILWAY

In article there has been discussed the features of methodology of formation of emergency cards from a file of dangerous goods and factors of their updating. There are stated results of the researches executed by the development of a new package of emergency cards within the framework of work on harmonization of all major regulations on the transportation of dangerous goods. The results of this research are approved by the Council for Rail Transport and introduced on the railways of 15 states.

На железнодорожном и других видах транспорта созданы системы предупреждения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, причинами которых могут являться факторы различного рода. Перевозка опасных грузов – один из значимых факторов непрерывного действия, сбой в нормальном функционировании которого приводят к инцидентам, авариям и чрезвычайным ситуациям. Эти нарушения нормального режима перевозок создают угрозу жизни и здоровья людей, а также негативно воздействуют на объекты окружающей природной среды.

Экологической безопасности на железнодорожном транспорте последние годы уделяется повышенное внимание. Усилиями прежде всего Открытого Акционерного Общества «Российские железные дороги» реализуется

экологическая программа отрасли, призванная кардинально снизить антропогенную нагрузку на природную среду /1/. Одним из направлений данной деятельности является всестороннее совершенствование условий перевозок опасных грузов.

В сложившейся Системе извещения об опасности (СИО) при перевозках опасных грузов по железным дорогам [2] одним из главных элементов являются аварийные карточки, принятые в том или ином виде на многих видах транспорта и во многих странах. Именно они предназначены, кроме других важных целей, для организации оперативных и адекватных природозащитных мероприятий при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. Необходимо отметить, что назначением аварийных карточек в современных условиях (правовых, организационных и технических) по-прежнему является:

- Служить элементом СИО, в частности, номер аварийной карточки отображается на знаке опасности, наносимом на все вагоны, содержащие опасные грузы;

- Служить основным документом, регулирующим организационно-техническую деятельность при предупреждении и ликвидации аварийных ситуаций с опасными грузами как причастных работников железнодорожного транспорта, так и привлеченных органов, специалистов и специализированных формирований;

- Содействовать унификации и компактированию необходимых при ликвидации аварийных ситуаций информации (данных) и принимаемых решений; выполнять функции "информационного пакета", который (либо его "образ" – номер) передается средствами связи в установленных нормативно-техническими документами случаях.

Эксперты большинства железных дорог-участников Содружества видели нарастание противоречий, несоответствий между неизменным составом и содержанием аварийных карточек, с одной стороны, и требованиями и положениями связанных с ними документов, с другой. Усиливавшееся научно-техническое несоответствие привело Администрации железных дорог и их координационный исполнительный центр – Дирекцию Совета к решению о необходимости гармонизации всех основных регламентов по перевозке опасных грузов, включая пакет аварийных карточек. Такая работа может быть осуществлена только с учетом международных и национальных правил и регламентов, на передовой научно-методологической базе. На разных стадиях разработки был рассмотрен и реализован ряд предложений экспертов ОАО «РЖД», Украины, Белоруссии и Латвии.

Анализ периодичности перехода на новые пакеты аварийных карточек, то для Российских железных дорог она составила 13 и 12 лет (1984-1997, 1997-2009). В сообщении СНГ период перехода составил 9 лет (2000-2009), но и эту величину следует признать избыточной. С учетом внесения изменений в международные нормативы и регламенты, изменения государственного

регулирования, организационных и экономических возможностей периодичность должна составлять, по нашей оценке, не более 5-6 лет.

Действовавшие до июля 2009 года на Российских железных дорогах, а также на железных дорогах стран СНГ и Балтии аварийные карточки [3, 4] были разработаны коллективом специалистов под руководством А.М. Островского. При их создании учитывался опыт разработки и внедрения первого общесетевого документа – «Правил безопасности и порядок ликвидации аварийных ситуаций с опасными грузами при перевозке их по железным дорогам» [5], которые включали в качестве приложения 130 аварийных карточек.

Для построения пакета аварийных карточек на опасные грузы классов опасности 2, 3, 4.1, 4.2, 4.3, 5.1, 5.2, 6.1, 6.2, 8 и 9 была разработана методология [6 -8], имеющая важное научное и практическое значение. На основе данной методологии решалась задача разработки нового пакета [9], общие результаты которой излагаются в настоящей статье. Указанная задача была поставлена Дирекцией Совета по железнодорожному транспорту государств-участников Содружества перед Сибирским государственным университетом путей сообщения в 2006 году, и научно-исследовательский этап был завершён утверждением документа 30 мая 2008 на 48 Совещании Совета. Внедрение в действие на железных дорогах 15 государств – участников и наблюдателей предписано с 1 июля 2009 года.

Необходимость в новом пакете аварийных карточек обусловлена несколькими причинами, наиболее существенными из них являются:

- Появление в перечне допущенных к перевозке опасных грузов [9] новых опасных грузов, отнесенных к имеющимся в [3, 4] серийным номерам ООН;
- Появление новых опасных грузов новых номеров ООН;
- Изменение в международных регламентах некоторых классификационных критериев, вследствие чего для определенной совокупности грузов изменился основной или дополнительный вид опасности;
- Изменение классификации классов 3 и 8, исключение деления данных классов на три подкласса;
- Изменение классификационной таблицы по установлению классификационных шифров;
- Значительная переработка состава грузов класса 9 и критериев отнесения к нему.

Исходя из своего назначения, аварийная карточка должна регламентировать только общие принципы, так как принятие тактических и дополнительных мер делегируется руководителям и специалистам исходя из складывающихся условий (тех обстоятельств, которые невозможно учесть в обобщающем документе – аварийной карточке). С учетом международного статуса комплекта /9/ и добровольности железных дорог по их введению в действие аварийные карточки должны базироваться не только на реалиях отечественного

перевозочного процесса, но и отвечать таковым большинства стран Содружества. Прежде всего, тех, на которых осуществляются значимые объемы внутренних и транзитных перевозок опасных грузов. Вследствие этого был видоизменен подход, так, указания карточек менее императивные, более переменные. Например, наряду с определенными марками средств индивидуальной защиты (СИЗ) допускается применение образцов с аналогичными тактико-техническими характеристиками. Также характерная аббревиатура наименования организации (ЦСЭН) заменена на «органы санитарно-эпидемиологического надзора».

На предварительном этапе реализовывались 2 концепции: создание новых аварийных карточек из полного массива опасных грузов («пересортировка») и частичное изменение существующих аварийных карточек с добавлением новых при недостаточности первых («корректировка»). В конечном итоге оба подхода приводят практически к аналогичным результатам. В силу меньшей трудоемкости предпочтение может быть отдано «корректировке», включающей в себя 4 основных процесса:

- Внесение нового опасного груза в существующую аварийную карточку, иначе говоря, дополнение аварийной карточки;
- Включение в существующую аварийную карточку известного груза, т.е. перемещение груза из одной карточки в другую;
- Исключение из аварийной карточки груза (как неопасного);
- Образование новых аварийных карточек и включение в них новых опасных грузов.

Согласно методу /6/, первичные оперативные действия $\{z_1, z_2, \dots, z_u\}$ вызываются необходимостью устранения опасности, возникшей в связи с опасным грузом G , воздействие которого обусловлено его опасными $\{x_1, x_2, \dots, x_\mu\}$ свойствами. Необходимые действия определяются не только опасными факторами груза, но и другими – "характеристическими" параметрами вещества, в том числе физико-химическими свойствами, органолептическими показателями, особенностями молекулярной структуры и другими $\{y_1, y_2, \dots, y_\eta\}$. В принятых терминах аварийная карточка (АК) – это документ, устанавливающий соответствие (z) опасным и характеристическим свойствам опасного груза необходимые меры по предупреждению и ликвидации опасности:

$$G(\{x_1, x_2, \dots, x_\mu\}, \{y_1, y_2, \dots, y_\eta\}) \xrightarrow{z} \{z_1, z_2, \dots, z_u\}, \quad (1)$$

представляющий информацию в определенных знаковых символах по установленной структуре:

$$AK = \begin{cases} y_1, y_2, \dots, y_\eta \\ x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1\pi} \\ x_{21}, x_{22}, \dots, x_{2\tau} \\ \dots \\ x_{\mu 1}, x_{\mu 2}, \dots, x_{\mu \sigma} \\ z_{11}, z_{12}, \dots, z_{1\rho} \\ z_{21}, z_{22}, \dots, z_{2\theta} \\ \dots \\ z_{u1}, z_{u2}, \dots, z_{u\delta} \end{cases} \quad (2)$$

Не все параметры опасного груза, отражаемые соответствием z , представлены в АК в явном виде. В ряде случаев необходимости в таком указании (свойства) нет, существенным является наличие указания – действия. В части внутренней структуры и содержания аварийной карточки применялся принятый метод, изменения коснулись некоторых редакционных положений, о чем сказано выше.

Основное видоизменением метода касалось формирования аварийных карточек как совокупности опасных грузов с идентичной опасностью.

Как уже было сказано, грузы классов 3 и 8 не подразделяются на подклассы, согласно новой классификации. Другое существенное изменение связано с тем, что третьим характеристическим признаком (после класса – p_1 и подкласса – p_2) был определен серийный номер ООН. По мнению экспертов выбор этого признака продолжает логический ряд: класс (p_1) – подкласс (p_2) – номер ООН (p_3) – классификационный шифр (p_4) – группы сходных грузов (p_5) – отдельные опасные грузы, обладающие индивидуальными свойствами (p_6). Этот подход существенно видоизменяет концепцию, т.к. номер ООН «содержит в себе» разнородные по отношению к ранее выбранным /6/ характеристические признаки. Можно отметить при этом, что фактически признак p_2 теперь распространяется только на класс 2 (особенности его применения для классов 4.1, 4.2, 4.3 будут рассмотрены в отдельной работе).

Процедура формирования аварийных карточек состоит в последовательном преобразовании совокупностей (массивов) опасных грузов $N_{i,j}$ в совокупности (массивы) грузов $N_{i,j}(x_y, x_\sigma, \dots, x_\theta, y_y, y_\sigma, \dots, y_\theta)$ каждый из которых является базовым набором грузов для формирования аварийной карточки. Таким образом, переход от массива грузов N к аварийным карточкам осуществляется путем последовательных преобразований $p_1 - p_i$ с образованием подпакетов аварийных карточек, т.е. совокупностей карточек, включающих опасные грузы определенных классов (см. табл. 1):

$$N \rightarrow (p_1, p_2, p_3, \dots, p_i) \rightarrow \sum_{j=1}^k N_j n_j, \quad (3)$$

где $p_1 \dots p_i$ - характеристические признаки;

N_j – число опасных грузов в j –м подпакете аварийных карточек;

n_j – число аварийных карточек в j –м подпакете;

k – общее число подпакетов (в данном анализе 10).

В результате сортировки получили подпакеты аварийных карточек соответствующих классов в количества n_2 , представленным в табл. 1. Там же приведены величины n_1 и коэффициент увеличения $K = n_2/n_1$. Данный коэффициент показывает кратность увеличения числа подпакетов и характеризует увеличение внутренней «разнородности» свойств того или иного подпакета при увеличении числа опасных грузов в нем. Общее увеличение числа опасных грузов N_2/N_1 составило примерно 3. По величине K разбили на 3 группы классов:

I – $K = 1.0$ – число аварийных карточек практически не изменилось (3 подпакета);

II – $K = 1.8 + 0.1$ – число аварийных карточек увеличилось почти вдвое (4 подпакета);

III – $K = 3.2 + 0.2$ – число аварийных карточек увеличилось почти втрое (3 подпакета).

Величина K характеризует внутреннее разнообразие свойств подпакетов и в последующем будет детально исследована. В табл. 2 приведены сводные значения по обоим пакетам.

Таблица 1. Группировка классов опасности и закономерности построения пакетов аварийных карточек /3/ и /9/

Группа классов	Классы (подпакеты)	K	$N_{1/3/}$	$n_{2/8/}$
I	1	1.0	79	84
	5.2	1.0	1	1
	6.2	1.0	1	1
II	2	1.8	10	18
	3	1.7	21	35
	6.1	1.9	22	41
	9	1.8	5	9
III	4.1,4.2,4.3	3.2	9	29
	5.1	3.0	5	15
	8	3.3	11	36

Таблица 2. Сравнительная характеристика пакетов аварийных карточек

Число аварийных карточек	N_1	N_2	K
В целом по пакету:			
- с учетом всех классов	164	269	1.6
-без учета класса 1	85	185	2.2
В среднем на один класс (без кл.1)	9.0	20.6	2.3

Выводы

В настоящей работе изложены результаты исследований, направленных на предотвращение чрезвычайных ситуаций, повышение безопасности движения и экологической безопасности на железнодорожном транспорте.

Выполнена разработка нового пакета аварийных карточек на опасные грузы, предназначенного для применения при грузовых перевозках в сообщении стран СНГ и Балтии.

Обсуждены особенности методологии формирования аварийных карточек из массива опасных грузов и факторы их корректировки. Выявленные закономерности позволяют глубже анализировать совокупность опасных и других характеристических свойств, присущих опасным грузам различных классов.

Результаты могут быть применены специалистами по предотвращению чрезвычайных ситуаций, повышению безопасности движения и экологической безопасности на других видах транспорта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Медведев В.И., Калиниченко Е.А. Безопасность жизнедеятельности и экологическая безопасность на железнодорожном транспорте// Совершенствование работы железнодорожного транспорта: Сб. науч. тр. – Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2009. – с. 17-25.

2. Островский А.М. Пути совершенствования транспортирования опасных грузов в условиях интенсификации перевозочного процесса. Автореф. дисс. докт. техн. наук. – М.: МИИТ, 1988. – 36 с.

3. Правила безопасности и порядок ликвидации аварийных ситуаций с опасными грузами при перевозке их по железным дорогам. – М.: 1997. – 435с.

4. Аварийные карточки на опасные грузы, допущенные к перевозке по железным дорогам государств-участников СНГ, Латвийской Республики, Литовской Республики, Эстонской Республики. – М.: Транспорт, 2000. – 847 с.

5. Правила безопасности и порядок ликвидации аварийных ситуаций с опасными грузами при перевозке их по железным дорогам. – М.: Транспорт, 1984. – 277с.

6. Медведев В.И. Методология разработки аварийных карточек на опасные грузы.// Матер. научн.-практич. конф. "Транссиб-99". – Новосибирск, 1999, с. 42-44.

7. Медведев В.И. Моделирование процесса формирования пакета аварийных карточек.// Матер. Научн.-практич. конф. "Транссиб-99". – Новосибирск, 1999, с. 45-48.

8. Медведев В.И. Методы управления безопасностью перевозочного процесса опасных грузов и пути повышения экологической безопасности на железнодорожном транспорте/ Дисс. докт. техн. наук. – Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2001.– 256 с.

9. Аварийные карточки на опасные грузы, перевозимые по железным дорогам СНГ, Латвийской Республики, Литовской Республики, Эстонской

Республики /Утверждены решением 48 Совета по железнодорожному транспорту 30 мая 2008 г./ – Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2010. – 785 с.

© *В.И. Медведев, И.О. Тесленко, Е.А. Калиниченко, 2010*

УДК 502.5

В.Н. Макеев, О. С. Сизов

Тюменский государственный университет,

НИИ экологии и рационального использования природных ресурсов, Тюмень

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИХ ДОСТИЖЕНИЙ КОМПЛЕКСА СОВРЕМЕННЫХ ПРЕДМЕТНЫХ НАУК (ГЕОГРАФИИ, БИОЛОГИИ, ЭКОЛОГИИ), ПРИКЛАДНОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ И ДИСТАНЦИОННЫХ МЕТОДОВ ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ПРИ СОЗДАНИИ СИСТЕМЫ РЕГИОНАЛЬНОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Для России большое значение имеет региональный аспект устойчивого развития. В этой связи необходима разработка и реализация программ перехода к устойчивому развитию для каждого региона, а также дальнейшая интеграция этих программ при разработке государственной политики устойчивого развития.

V.N. Makeev, O.S. Sizov

Tyumen State University,

Research Institute of Ecology and Natural Resource Management

ANALYSIS OF USAGE METHODOLOGICAL PROGRESS OF MODERN SCIENCES (GEOGRAPHY, BIOLOGY, AND ECOLOGY), APPLIED MAPPING AND EARTH REMOTE SENSING METHODS TO CREATE OF REGIONAL MONITORING SYSTEM

In imitation of Khanty-Mansi Autonomous Area analyzed usage of complex methodological progress of modern sciences (geography, biology, and ecology), applied mapping and earth remote sensing methods to work out and realize of regional monitoring system.

In the article shown the role of ecological monitoring, as a tool for creating conditions for rational use of natural-resource base and environmental safety in the territory of Autonomous District.

Принятая в 2007 году, концепция экологической безопасности Ханты-Мансийского автономного округа - Югры на период до 2020 года (далее - Концепция), представляет собой систему взглядов на обеспечение для нынешнего и будущих поколений людей благоприятной окружающей среды на территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югры, сохранение и развитие природных комплексов и объектов на территории автономного округа.

Реализация положений Концепции предполагает:

- Разработку законов и иных нормативных правовых актов в области регионального регулирования рационального и безопасного природопользования и охраны окружающей среды;
- Создание эффективной системы управления охраной окружающей среды и обеспечением экологической безопасности;
- Разработку, реализацию и координацию совместных планов и программ действий федеральных органов государственной власти, органов государственной власти Ханты-Мансийского автономного округа – Югры, органов местного самоуправления, природопользователей и населения на основе системного и научно обоснованного подхода к обеспечению экологической безопасности.

Стратегической целью обеспечения экологической безопасности в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре является рациональное и безопасное использование имеющегося природно-ресурсного потенциала в интересах Российской Федерации и населения автономного округа, предотвращение вреда природной среде и жизненно важным интересам населения.

Одним из основных средств достижения этой стратегической цели является построение системы управления охраной окружающей среды, которая будет адекватна интенсивному природопользованию и обеспечит защиту жизненно важных интересов государства, общества и личности от экологической опасности, организация эффективного государственного экологического контроля и производственного экологического контроля, создание эффективной системы территориального экологического мониторинга, сбора и анализа данных о состоянии окружающей среды.

Динамичное и мощное развитие промышленности на территории Югры (первое место в Российской Федерации по объему промышленного производства, производству электроэнергии и добыче нефти) сопровождалось и до настоящего времени связано со значительным потреблением природных ресурсов и загрязнением окружающей среды.

Площадь Ханты-Мансийского автономного округа-Югры составляет 534,8 тыс. кв. км., из которых более 160 тыс. кв. км занято лицензионными участками недр и активно подвергается промышленной эксплуатации.

Оценка современного состояния Обь-Иртышского бассейна в границах автономного округа является необходимым условием для разработки законодательных документов и природоохранных мероприятий, в связи со значимостью его территории, ее природных гидрографических особенностей и интенсивностью промышленного освоения.

Восстановительный природный потенциал среднетаежных биоценозов не в силах противостоять систематической техногенной нагрузке.

Гидрографическая сеть ХМАО относится к бассейну Карского моря.

Речную сеть территории округа формируют реки Обь и Иртыш и 12 их притоков (сев. Сосьва, Конда, Вах, Юган, Казым, Пим, Тромъеган, Аган, Б. Салым, Ляпин, Лямин и Назым), а также множество мелких речек.

Длина Иртыша составляет 4248 км, по протяженности он занимает второе место в России после Лены, площадь бассейна 1,64 млн. кв. км. Иртыш берет начало в КНР, течет по территории Казахстана, Омской и Тюменской областей и Ханты-Мансийского автономного округа.

Река Обь занимает первое место в России по площади бассейна (2.99 млн. кв. км) и третье по водоносности, после Енисея и Лены.

Территория автономного округа имеет мощный водоресурсный потенциал, общее число рек в автономном округе – около 30 тысяч.

Густота речной сети составляет 0,25-0,4 км/кв. км, заболоченность речных водосборов – до 70% (бассейн р. Конда), заозерность – до 25% (бассейн р. Тромъеган).

Рек длиной свыше 100 км насчитывается 177, а более 500 км – 10. Из больших рек, четыре реки имеют длину более 1000 км (Обь, Иртыш, Конда, Большой Юган.)

В округе насчитывается около 290 тыс. озер площадью более 1 га. Их общая площадь превышает 30 тыс. кв. км, что составляет 5,7% площади округа. Больше всего озер сосредоточенно в Среднем Приобье – свыше 200 тыс. (70% от общего количества), в т.ч. в бассейнах Тромъегана и Агана около 90 тыс. Ваха – 36 тыс., Лямина – свыше 30 тыс., Пима – 24 тыс. Много озер также в бассейнах Конды (44 тыс.) и Казыма (17,5 тыс.). Сравнительно мало озер в Березовском и Советском районах.

38,2% площади округа занимают болота. Территория Ханты-Мансийского автономного округа занимает первое место в мире по наличию болотных ресурсов в границах обособленной территории. Заболоченность отдельных территорий достигает 70% (Лямин-Пимский болотистый район), болотные системы местами сплошь покрывают водоразделы (Васюганское болото).

Речные воды Югры имеют ряд гидрохимических особенностей. Для них характерна низкая минерализация, малая прозрачность и интенсивное окрашивание, вызванное присутствием в водах озер и рек большого количества органических соединений, марганца и железа. Природными ландшафтно-геохимическими условиями вызвано практически повсеместно фиксируемое превышение ПДК по железу и марганцу.

Антропогенная нагрузка на природную среду Югры преимущественно обусловлена активным развитием нефтегазодобывающей промышленности. Это привело к полной промышленной экспансии, характеризующейся как развитием промышленной инфраструктуры, так и увеличением численности населения (за сорок лет более 1 млн. человек), урбанизации территории, повышению уровня потребления и эксплуатации природных ресурсов.

Из года в год на территории округа увеличивается количество техногенных объектов. По данным Департамента охраны окружающей среды и экологической безопасности Ханты-Мансийского автономного округа – Югры на 01.01.2009 г. это более 82 тыс. шт. добывающих и 26 тыс. шт. нагнетательных скважин; более 82,4 тыс. км трубопроводов (промысловых, межпромысловых, магистральных), из них 4,2 тыс. км требуют замены; 44 тыс. км линий электропередач; 42 тыс. источников загрязнения атмосферы; 561 факел по

сжиганию попутного газа; 1 382 шламовых амбара; 1,5 млн. т отходов образующихся за год.

Нефтепромыслы занимают площади в десятки и сотни квадратных километров, тесно связаны между собой различными коммуникациями, организацией хозяйств, техногенными и природными потоками веществ. Таким образом, основным очагом техногенного давления на природную среду в региональном масштабе следует считать нефтедобывающие районы.

Мониторинг окружающей среды является важнейшей составляющей охраны природы. Приоритет в системе экологического мониторинга отводится контролю химического состава атмосферы, гидросферы и почвенно-растительного покрова. Различают несколько уровней организации экологического мониторинга: глобальный, национальный, региональный, локальный.

На территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югры в 7 городах на 13 постах проводятся регулярные наблюдения за содержанием поллютантов в атмосферном воздухе.

Ежемесячные наблюдения за содержанием загрязняющих веществ в поверхностных водах осуществляются на 25 постах, расположенных на 14 водных объектах. В основу организации и проведения режимных наблюдений положены такие основные принципы, как комплексность и систематичность наблюдений, согласованность сроков их проведения с характерными гидрологическими ситуациями и изменением метеорологических условий, определение показателей едиными методиками.

Насущная потребность иметь реальную картину экологического состояния территории Югры определила необходимость создания системы экологического мониторинга на региональном и локальном уровнях.

Региональный экологический мониторинг – это система слежения за процессами и явлениями в пределах региона, где эти процессы и явления могут отличаться и по природному характеру, и по антропогенным воздействиям в зависимости от экономики региона. Проект региональной сети мониторинга разработан ГП ХМАО «Научно-аналитический центр рационального недропользования им. В.И. Шпильмана». В рамках регионального мониторинга осуществляются наблюдения за содержанием загрязняющих веществ в поверхностных водах, донных отложениях и снежном покрове.

Наблюдательная сеть поверхностных вод и донных отложений насчитывает 91 пункт и организована по бассейновому принципу с целью проследить водную миграцию природно-техногенных веществ последовательно, с водосборных бассейнов более высоких порядков в более низкие. Периодичность опробования поверхностных вод – 2 раза в год (начало половодья, летняя межень), донных отложений – 1 раз в год (летняя межень).

Наблюдательная сеть атмосферных выпадений включает 32 поста (одна проба на 16 713 кв. км.), периодичность опробования – 1 раз в год (третья декада марта). Посты мониторинга снежного покрова (фоновые и контрольные) определены с учетом возможных направлений атмосферного переноса от локальных и региональных источников загрязнения.

На территории Югры 69 предприятий являются владельцами лицензий на право пользования недрами с целью добычи углеводородного сырья (306 лицензий). Площадь распределенного фонда недр составляет около 28,5% территории округа.

В соответствии с Постановлением Правительства ХМАО – Югры № 302-П от 29 июля 2003 г. «Об утверждении требований к определению исходной загрязненности компонентов природной среды, проектированию и ведению экологического мониторинга в границах лицензионных участков недр на территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югры» с учетом перспективы долгосрочной разработки месторождений полезных ископаемых на территории автономного округа, недропользователи (владельцы лицензий на право пользования недрами) обязаны создать систему регулярных наблюдений за состоянием компонентов окружающей среды в границах лицензионных участков. Организация и ведение экологического мониторинга осуществляется за счет собственных средств, являясь элементом природоохранных мероприятий.

Система регулярных наблюдений за состоянием компонентов окружающей среды (атмосферного воздуха, поверхностных вод, донных отложений и почв) разрабатывается для каждого лицензионного участка.

При проектировании наблюдательной сети учитываются:

- Природно-климатические и гидрогеологические условия, ландшафтные особенности территории;
- Данные о существующих и планируемых источниках техногенного воздействия на окружающую среду (трубопроводах, разведочных и поисковых скважинах, ДНС, кустовых площадках, шламовых амбарах, автодорогах и т.д.);
- Данные предыдущих экологических исследований (включая количественные и качественные показатели загрязнения почв и пород зоны аэрации, поверхностных и подземных вод, атмосферного воздуха);
- Транспортная доступность.

В результате проектирования определяются оптимальное (необходимое и достаточное) количество и местоположение пунктов контроля природных сред. Перечень веществ и параметров, исследуемых в обязательном порядке, определен исходя из перечня возможных загрязнителей, образующихся в результате технологического процесса при разработке месторождений. Периодичность отбора проб природных компонентов различна и определяется характеристиками самого компонента и происходящими внешними и внутренними естественными процессами. В соответствии со сроками, утвержденными Постановлением, недропользователи предоставляют результаты количественных химических анализов в единую информационную базу.

Информационный программный комплекс, предназначенный для сбора результатов аналитического контроля компонентов природой среды ведомственными химическими лабораториями, разработан ООО «Институт геоинформационных систем» (г. Тюмень).

Сбор информации, а также контроль ведомственных лабораторий с целью установления достоверности предоставляемых данных о состоянии экологической обстановки в границах лицензионных участков недр осуществляет филиал ФГУ «ЦЛАТИ по УрФО» по ХМАО.

Централизованное накопление и хранение информации о содержании загрязняющих веществ, а также анализ и оценка состояния компонентов окружающей среды в границах лицензионных участков недр с 2004 года осуществляется открытым акционерным обществом «Научно-производственный центр комплексного мониторинга окружающей среды и кадастра природных ресурсов» (ОАО «НПЦ Мониторинг» г. Ханты-Мансийск).

Главным условием успешного функционирования системы локального экологического мониторинга является дальнейшее формирование единой наблюдательной сети на территории распределенного фонда недр, основанное на единых принципах и подходах. Особое внимание следует уделять своевременному предоставлению информации недропользователями в стандартизированной форме.

С ростом информационного потока, актуальным становится разработка алгоритмов сопоставления данных, полученных на уровнях государственного, регионального и локального мониторинга, для комплексной оценки техногенного воздействия на компоненты природной среды и прогнозирования.

Таким образом, на территории Югры сформирована и функционирует система экологического мониторинга на 3 уровнях – государственном, региональном и локальном, позволяющая оценивать физико-химическую составляющую происходящих процессов.

Действенным инструментом, характеризующим современное состояние и представляющим многообразную информацию о социальной, экономической и экологической компонентах будущего устойчивого развития округа в систематизированной, сопоставимой и наглядной формах, является комплексный атлас Ханты-Мансийского автономного округа – Югры.

Атлас создан в соответствии с распоряжением Губернатора Ханты-Мансийского автономного округа – Югры от 10.04. 2002 г. № 122-рг в двух томах:

т.1. История. Население. Экономика.

т.2. Природа. Экология.

Основными задачами Атласа, являются:

- Обеспечение жителей округа, органов государственной власти и местного самоуправления, научных, проектных, производственных и образовательных учреждений, общественных организаций официальной и научной системной пространственно-временной информацией о факторах и предпосылках для устойчивого развития округа;

- Представление органам власти и управления разных уровней, проектным, производственным и другим учреждениям, общественным организациям и движениям достоверного материала для формирования федеральных и региональных научно-технических проектов, программ и инициатив, связанных с устойчивым развитием;

- Способствовать повышению общественного и делового интереса к округу, его изучению и преумножению инициатив, определяющих пути, средства и механизмы устойчивого развития;
- Разработке прогнозов изменений экологического состояния окружающей среды и человеческой деятельности;
- Разработке государственной стратегии развития ХМАО-Югры;
- Решению вопросов охраны окружающей среды и природных ресурсов ХМАО-Югры, обеспечения экологического равновесия на территории округа в целом и его регионов, организации и проведения экологического мониторинга.

Материалы Атласа могут использоваться для:

- Формирования информационных систем, включая создание и развитие баз и банков данных, ГИС регионального и муниципального уровней;
- Научных исследований, учебного процесса в высших и средних учебных заведениях;
- Создания научно-справочных, учебных, популярных и других карт и атласов (в том числе в электронной форме) в целях обеспечения хозяйственной практики и решения острейших социальных и экологических проблем территории.

Атлас способствует:

- Развитию и использованию ряда разделов научного знания (исторического, экономического, экологического, географического и других), в том числе картографии и дистанционного зондирования, определяемого природно-хозяйственной, социально-демографической и этнической информационной спецификой региона;
- Подготовке кадров различных уровней квалификации; развитию самообразования, повышению культурного уровня народа, воспитанию бережного отношения населения к среде обитания в широком смысле;
- Распространению знаний об округе, развитию внутрироссийских и внешних общественных и экономических связей.

Атлас составляет неотъемлемую часть информационно-справочной системы округа.

В Атласе отражены все важнейшие аспекты существования и развития ХМАО-Югры как субъекта Российской Федерации, его место и роль в РФ, отношения с другими субъектами РФ. В нем отражены особенности природной среды, ресурсного потенциала, современное состояние общества и экономики, уровня и направлений социально-экономического развития округа. Большое внимание уделяется сравнительному представлению целого ряда показателей, характеризующих округ, на фоне Российской Федерации и мира, что позволяет объективно подойти к оценке социально-экономической, экологической и других ситуаций, сложившихся на территории округа.

К 2010 году на территории Тюменской области созданы и успешно функционируют два центра дистанционного зондирования Земли:

1. На базе Югорского НИИ информационных технологий (ЮНИИ ИТ), созданный при поддержке администрации ХМАО в 2001 г.

2. На базе Тюменского государственного университета (ТюмГУ) в НИИ Экологии и рационального использования природных ресурсов (НИИ Э и РИПР), созданный в рамках реализации Инновационной программы в 2008 г.

Оба центра имеют возможность осуществления полного цикла работ по приему, обработке и анализу данных дистанционного зондирования. Правомочность деятельности подтверждается лицензиями Федерального космического агентства на осуществление космической деятельности, полученными ЮНИИ ИТ (2005) и ТюмГУ НИИ Э и РИПР (2009).

Представляется стратегически важным направление модернизации созданных на базе ЮНИИ ИТ и ТюмГУ НИИ Э и РИПР центров дистанционного зондирования. При этом повышение повторяемости съемки одной и той же территории со средним, высоким и сверхвысоким разрешением при минимальных материальных затратах можно достичь только двумя способами:

- С использованием дистанционных данных как с российских, так и с зарубежных космических аппаратов;
- Прямым приемом космических снимков непосредственно с природно-ресурсных спутников Земли на основе аппаратуры двух центров, объединенных в единую систему.

Организация системы приема позволит избежать пересечения расписаний сеансов связи со спутниками и потери данных, а также повысит производительность и объем поступающих данных.

На пути модернизации системы космического мониторинга необходимо разработать механизмы внедрения технологических способов решения определенных производственных и экологических задач, в ряду которых одной из наиболее важных, является оценка соблюдения лицензионных условий при производстве работ по освоению и эксплуатации нефтегазовых месторождений.

Основной целью проекта является внедрение системы космического мониторинга в строительства и эксплуатацию объектов инфраструктуры нефтегазовых месторождений. К задачам, решаемым в ходе проекта можно отнести следующие:

- Выявление изменений окружающей среды в ходе освоения и эксплуатации месторождений, а также обнаружение следов несанкционированной антропогенной деятельности;
- Оперативное (в режиме реального времени) выявление мест несанкционированного складирования отходов;
- Мониторинг хода строительных и лесозаготовительных работ на территориях лицензионных участков;

- Выявление и предварительная оценка загрязнений водных объектов;
- Оценка объемов и отслеживание динамики штабелей песка.

Получаемые оперативные данные космической съемки после прохождения специализированной обработки, также выполняют функцию актуализации и дополнения существующего массива геопространственной информации на территорию округа, а также обновляют ведомственный геопортал администрации ХМАО-Югры.

Основными заинтересованными потребителями научных результатов являются государственные структуры, занимающиеся контролем соблюдения лицензионных соглашений с недропользователями, научные, проектные, производственные и образовательные учреждения и организации.

Эффективный инструмент дистанционного контроля позволит сократить материальные издержки при проведении проверок с одновременным увеличением площади обследуемой территории, а также получить оперативные высокоточные результаты, не зависящие от субъективных причин.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Концепция экологической безопасности Ханты-Мансийского автономного округа на период до 2020 года. Х-М: Правительство ХМАО-Югры, распоряжение от 10.04.2007 г. № 110-рп, 2007.- 79 с.

2. Информационный бюллетень «О состоянии окружающей среды Ханты-Мансийского автономного округа – Югры в 2006-2007 годах» - Ханты-Мансийск: ГУИПП «Полиграф», 2008. – 121 с.

3. Котова Т.В., Тикунов В.С., Дикунец В.А., Кудрин В.И., Макеев В.Н. Концепция комплексного атласа Ханты-Мансийского автономного округа. - Ханты-Мансийск: ГУИПП «Полиграф», 2002. – 48 с.

4. Макеев В.Н., Дикунец В.А., Кудрин В.И., Соромотин А.В., Хотеев В.В., Гертер О.В., Пикунов С.В., Перминов В.А. Методические рекомендации по применению Требований к определению исходной (фоновой) загрязненности компонентов природной среды, проектированию в границах лицензионных участков недр на территории Ханты-Мансийского автономного округа. Х-М: ГП «Полиграфист» 2004.– 92 с.

6. Атлас Ханты-Мансийского автономного округа – Югры / Н.А. Аветов, М.Н. Губанов, В.А. Дикунец, А.Г. Исаченко, Т.В. Котова, Т.М. Красовская, В.И. Кудрин, И.Л. Кузин, О.Л. Лисс, В.В. Масленникова, В.Н. Макеев, Н.Н. Москвина, В.С. Тикунов, С.Я. Трофимов и др. т.2. Природа. Экология.- ФГУП 439 ЦЭВКФ МО РФ, 2004. – 152 с.

© В.Н. Макеев, О.С. Сизов, 2010

УДК 614.8:528.9

Д.В. Лисицкий, С.Ю. Кацко, А.А. Колесников, П.Ю. Бугаков
СГГА, Новосибирск

ГЕОИНФОРМАЦИЯ В КРИЗИСНОМ МЕНЕДЖМЕНТЕ

В статье рассмотрены вопросы использования картографических произведений и геоизображений, а также геоинформационных систем в предупреждении и управлении чрезвычайными ситуациями.

D.V. Lisitsky, S. Yu. Katsko, A.A. Kolesnikov, P.Yu. Bugakov
Siberian State Academy of Geodesy, Novosibirsk, Russian Federation

GEOINFORMATION IN CRISIS MANAGEMENT

The article considers the use of cartographic products, geoimages and geographic information systems in the early warning and emergency management.

Одним из важнейших аспектов жизнедеятельности современного общества является предупреждение, принятие мер по смягчению и устранению последствий различных чрезвычайных (кризисных) ситуаций (ЧС).

Согласно Федеральному закону России № 68-ФЗ, «чрезвычайной ситуацией (ЧС) является обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей». [1]

Чрезвычайные ситуации характеризуются своим многообразием, наличием подвергающихся опасностям или охваченных ими людей, значительным экономическим ущербом и угрозой природной среде, большим числом организаций и специалистов, вовлеченных в работу с ЧС, широким спектром средств, которые задействованы в деле предупреждения ЧС и ликвидации их последствий и при этом происходят в пределах определенной территории, где возникает необходимость оперативного перемещения людей, грузов, техники. Это делает пространственный аспект при управлении в кризисных ситуациях наиважнейшим и обуславливает первоочередную значимость пространственной информации (геоинформации).

Геоинформация сегодня используется практически в любой сфере экономики и жизни общества по всему миру, а области, виды, формы и масштабы ее применения все время расширяются. Отвечая новым потребностям общества в Европейском союзе, по предложению Еврокомиссии, создана система, получившая название GMES - Global Monitoring for

Environment and Security - «Глобальный мониторинг среды и безопасности». Данная система направлена на создание основных и дополнительных сервисов для управления чрезвычайными ситуациями. Надлежащее функционирование таких сервисов будет зависеть от своевременных качественных карт для ситуационного анализа и визуализации, моделирования и интерпретации процессов. Уже сегодня GMES работает с четырьмя основными типами карт: картами раннего предупреждения ЧС, справочными картами, картами по оценке ущерба, а также тематическими картами. [2]

В России также предъявляются требования перехода подразделений МЧС на более высокий уровень защиты населения. Ликвидация последствий чрезвычайных ситуаций, а также предупреждение их возникновения должны осуществляться с применением высоких технологий мониторинга и прогнозирования ЧС с использованием возможностей космической и авиационной техники, проведения превентивных мероприятий, заблаговременного оповещения населения о возможных ЧС и эвакуации населения из опасных зон. [3]

Обеспечение этих новых требований становится возможным только при надлежащем геоинформационном обеспечении управленческих решений, наличии соответствующей геоинформации для ситуационного анализа и визуализации, моделирования и интерпретации процессов. Лица, участвующие в принятии решений в гуманитарных кризисах, стихийных бедствиях или антропогенных ЧС, нуждаются в электронных и цифровых картах, которые учитывают ситуацию в настоящий момент и доставляются по требованию в течение определенного срока. Это новая парадигма действует во всем мире и она требует новых картографических знаний, основанных на использовании новейших технологий.

В настоящее время в мире и в России уже создано большое количество различных геоинформационных систем управления в чрезвычайных ситуациях, которые позволяют:

- Оперативно и своевременно получать и регистрировать информацию о реальных чрезвычайных ситуациях;
- Автоматически отслеживать и наглядно отображать силы и средства, оперативную обстановку и дополнительную информацию;
- Выполнять оценку требуемых сил и средств, последствий ЧС и т.п.;
- Отслеживать развитие ЧС и операции по ее ликвидации;
- Прогнозировать с помощью инструментов математического моделирования параметры ЧС и варианты ее развития:
- Рассчитывать параметры движения фронта поражающего фактора ЧС - ширины, высоты и скорости;
- Анализировать местность на наиболее опасных направлениях движения поражающего фактора ЧС;
- Определять границы зоны поражения;
- Воспроизводить ЧС, имевшие место в реальности;
- Производить анализ ЧС и ее последствий;

- Обеспечить полноту информации, используемой для принятия решений по организации защиты населения;
- Обеспечить наглядное отображение больших объемов информации с целью увеличения эффективности восприятия информации лицами, принимающими решения;
- Планировать ход операции, разрабатывать произвольное количество управленческих решений с целью выбора оптимального и осуществлять общий оперативный контроль;
- Использовать рабочие места в качестве тренажерного комплекса [4,5].

С точки зрения использования картографических методов в ГИС по ЧС можно отображать следующие данные:

- Прогноз зон затопления при паводках, наводнениях, прорывах плотин;
- Паводковые ситуации и тенденции развития процессов затопления и подтопления;
- Пирологическая обстановка и ее прогноз на территории лесных массивов;
- Антропогенное загрязнение почвенного покрова и водоемов;
- Фитосанитарное состояние сельскохозяйственной и лесной растительности;
- Состояние и динамика схода снежного покрова;
- Распространение промышленных выбросов в атмосфере и дымовое загрязнение атмосферы;
- Техногенные нарушения почвенного покрова и природных ландшафтов;
- Русловые и эрозионно-овражные процессы;
- Аварийные разливы нефти и нефтепродуктов из магистральных нефтепроводов;
- Оценка последствий лесных пожаров;
- Оценка последствий ураганов;
- Оценка последствий химических аварий;
- Оценка последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей;
- Определение маршрутов следования (эвакуации, доставки спасателей, медикаментов, продовольствия, пострадавших), а также использование для прогноза последствий ЧС на теплосетях, линиях электропередач, трубопроводов;
- Построение трехмерной модели рельефа, которая используется для прогноза зон затопления при паводках и наводнениях.

Для решения этих и других задач очень важно обеспечить полноту информации, используемой для принятия решений по организации прогнозирования и ликвидации ЧС, а также обеспечить максимальную наглядность участка территории на которой происходит чрезвычайная ситуация с целью увеличения эффективности восприятия ситуации оператором ГИС.

Использование двухмерного картографического материала не всегда обеспечивает эффективное отображение необходимой геоинформации. В большинстве случаев человек гораздо легче схватывает картину в целом при реалистичном трехмерном графическом и картографическом представлении информации, нежели в виде плоского изображения. Поэтому использование двухмерных геоизображений в некоторых случаях может приводить к затруднению восприятия, потере времени и ошибкам в принятии правильных решений при устранении ЧС.

Чрезвычайная ситуация может происходить на воде, на суше и в воздухе.

При прогнозировании процесса распространения поражающего фактора чрезвычайной ситуации на водных объектах очень важно иметь трехмерную модель подводных течений в водоеме, чтобы правильно определить направление, скорость распространения и глубину заражения.

На суше значительными факторами, влияющими на процесс распространения ЧС на местности, является форма рельефа, плотность и высота построек. От них может зависеть территориальный охват и скорость распространения ЧС. Кроме того, особенности рельефа и высота построек могут ограничивать свободный доступ службам МЧС к очагу чрезвычайной ситуации и к населению для его эвакуации.

Прогнозирование процесса распространения поражающего фактора чрезвычайной ситуации в воздушном пространстве должно основываться на трехмерном моделировании движения воздушных масс в атмосфере, что позволит правильно определить направление, скорость распространения зараженного облака и общий территориальный охват загрязнения.

Таким образом, для повышения эффективности геоинформационного обеспечения и устранения перечисленных недостатков целесообразно использовать реалистичные трехмерные геоизображения для отображения комплексной ситуации на местности. При использовании трехмерного вида отображения геоинформации в ГИС по ЧС обеспечивается:

- Полнота визуальной информации, используемой для принятия решений по организации защиты населения;
- Наглядное отображение больших объемов информации с целью увеличения эффективности восприятия информации лицами, принимающими решения;
- Наглядное воспроизведение ЧС, имевшие место в реальности.

Еще один аспект применения новых форм представления геоинформации связан с тем, что большая часть данных кризисных процессов непосредственно связана с временными интервалами, поэтому логичным является их отображение с помощью эффекта картографической анимации. Он может быть применен при схематичном отображении на карте зон распространения чего-либо в виде площадных объектов, например, для зон затопления, разливов нефти, распространения вредных веществ в атмосфере, распространения лесных пожаров; при отображении порядка следования по маршрутам; для отображения порядка появления точечных объектов, например, очагов пожара, порядка эвакуации населенных пунктов.

В связи с этим в рассматриваемой сфере на первый план выходят специализированные геоинформационные системы в связке с различными картографическими и геоизображениями: статичными и динамичными, электронными и цифровыми, двумерными и трёхмерными. Такие геоинформационные системы позволяют в кратчайшие сроки создавать электронные и бумажные карты с самой свежей информацией о чрезвычайной ситуации. А современные средства дистанционного зондирования способны поставлять эту информацию круглосуточно и в любую погоду. Более того, средства моделирования, имеющиеся в современных программных ГИС-пакетах, позволяют «на лету» прогнозировать развитие ситуации, например, показывать последовательное расширение зоны затопления или лесного пожара. Таким образом, современные геоинформационные технологии вместе с новыми формами представления геоинформации способны более действенно участвовать в процессах раннего оповещения и резко сократить сроки реагирования на ЧС, повысить точность расчетов и эффективность использования сил и средств. Отсюда важнейшей задачей комплекса геонаук на ближайшие годы является глубокое проникновение в данную область и расширение сферы применения геоинформации в процессах управления при ЧС.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральный закон № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» [Текст]. Введ. 1994-12-21.
2. Milan Konečný. Cartography and Emergency [Электронный ресурс] / GIM International, the global magazine of Geomatics. - Режим доступа: http://www.gim-international.com/issues/articles/id1389-Cartography_and_Emergency.html, свободный.
3. Аковецкий, В.А., Стручкова, Г.П., Шиманский, А.А. Геоинформационная система управления чрезвычайными ситуациями - важнейшее звено интегрированной системы управления территориями [Электронный ресурс] / ООО «Агентство геоинформатики и риска». – Режим доступа: <http://geoinforisk.com/index.php?id=12&ln=0>, свободный.
4. Яковлев, С.Ю., Матвеев, П.И., Исакевич, Н.В. Геоинформационные технологии и устойчивость опасных промышленных объектов в условиях чрезвычайных ситуаций [Текст] / С.Ю Яковлев // ГИС для устойчивого развития территорий: Материалы Международной конференции. Апатиты, Россия, 22-24 августа 2000 г. - Апатиты: Издательство Кольского научного центра РАН, 2000. - Т. 1. - С. 156-164.
5. Система поддержки принятия управленческих решений в ЧС (CMS) [Электронный ресурс] / Российская группа компаний Транзас (TRANsport Safety Systems). – Режим доступа: <http://www.transas.ru/products/safety/cms/>, свободный.

УДК 614.8

В.М. Лазарев

Томский государственный архитектурно-строительный университет, Томск

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ДЛЯ РАННЕГО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ОБ АКТИВИЗАЦИИ ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

В статье рассмотрена разработка системы геоэкологического мониторинга для раннего предупреждения об активизации оползневых процессов для обеспечения геоэкологической безопасности урбанизированных территорий.

V.M. Lazarev

Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering, Tomsk

DEVELOPMENT OF THE GEOECOLOGICAL MONITORING SYSTEM FOR THE EARLY PREVENTION OF SLIDING PROCESSES TO ENSURE GEOECOLOGICAL SECURITY OF URBAN LANDS

Development of the geoecological monitoring system is considered. It is to be used for the early prevention of sliding processes to ensure geoecological security of urban territories.

В последние годы по данным МЧС России количество чрезвычайных ситуаций природного и техноприродного происхождения непрерывно и интенсивно возрастает, что связано с одной стороны с ростом урбанизации, а с другой широким распространением и активизацией опасных природных и техноприродных процессов. Катастрофические процессы приводят к разрушению зданий и сооружений и представляют реальную угрозу для жизни людей как в нашей стране, так и за рубежом. Поэтому вопросы раннего предупреждения активизации опасных природных и техноприродных процессов для обеспечения геоэкологической безопасности урбанизированных территорий становятся все более актуальными, а природные катастрофы в России включены в число стратегических рисков. Принципы борьбы с ними изменились.

В основу новой стратегии обеспечения геоэкологической безопасности урбанизированных территорий положены три принципа- прогнозирование, своевременное предупреждение и управление природными опасностями, а не борьба с их последствиями. Реализация указанных принципов требует хорошего знания закономерностей и механизмов развития опасных явлений. Поэтому одной из актуальных проблем современной геоэкологии является изучение состояния и устойчивости геологической среды урбанизированных

территорий при активизации опасных процессов, из которых исключительное значение приобретает изучение оползневых процессов природного и техноприродного характера, а геодезический мониторинг дает координатную основу для принятия управленческих решений.

Для прогнозирования ожидаемых экстремальных явлений и организации инженерной защиты необходима организация современного комплексного геоэкологического мониторинга их развития во времени и пространстве. В связи с этим становится актуальным решение важной научно-технической проблемы развития и обоснования методов самого геоэкологического мониторинга оползнеопасных территорий и системы его геодезического обеспечения с использованием последних достижений геодезической науки и техники, что требует как разработки теоретических основ контроля за развитием опасных процессов и их раннего предупреждения, так и теоретического обоснования объединения различных методов и технологий в рамках комплексного геоэкологического мониторинга. Практическое применение результатов исследований оползнеопасных территорий и природно-технических систем (ПТС) на урбанизированных территориях геодезическими методами позволяет реализовать на практике комплексную программу геоэкологического мониторинга за ПТС для раннего предупреждения активизации опасных процессов с целью организации инженерной защиты и предотвращения чрезвычайных ситуаций, что особенно актуально для обеспечения геоэкологической безопасности крупных городов и в частности для г. Томска, на территории которого решением городского координационного экологического Совета определено 33 оползнеопасные зоны, из которых наиболее опасными следует признать оползневой склон в мкр. «Солнечный» и район Лагерного сада на берегу р. Томь. Развитие оползневых процессов на этих участках наносит огромный ущерб городскому хозяйству из-за деформации и разрушения существующих зданий и инженерных сооружений, что потребовало принятия на территории Томской области закона «Об оползневых зонах, расположенных в границах городских и сельских районов Томской области».

Проблема геоэкологического мониторинга оползневых процессов на урбанизированных территориях актуальна уже давно, но до окончательного ее решения еще далеко. Выполненный в работе анализ существующих методов, традиционно используемых для исследования оползневых процессов показал, что оценку состояния и устойчивости ПТС необходимо решать в комплексе на основе системного подхода, который дает возможность своевременно выявить начало активизации оползневых процессов. Для контроля за развитием глубинных оползневых деформаций, за состоянием самого оползневого массива, его горизонтальными и вертикальными смещениями, а также за деформациями зданий и инженерных сооружений на склоне, необходимо кроме классических методов геодезии применить еще и современные спутниковые геодезические технологии, и магнитометрические методы измерений глубинных оползневых деформаций, и методы статистического моделирования и математического прогнозирования, что потребовало разработки

теоретических и технологических основ объединения различных технологий измерений и методов статистического моделирования в рамках комплексной программы геоэкологического мониторинга, что в целом позволяет успешно решить поставленные выше проблемы прогнозирования, раннего предупреждения и управления опасными процессами, так как такая система уже приобретает новые свойства, становится технически более совершенной, результаты одного метода подтверждают результаты другого, значительно повышая достоверность установления закономерностей и прогноза развития опасных процессов, что необходимо для организации инженерной защиты и принятия управленческих решений. Для достижения указанной цели потребовалось решить следующие задачи:

1. Научное обоснование комплексной системы геодезического обеспечения геоэкологического мониторинга для решения геоэкологических проблем урбанизированных территорий, обусловленных развитием оползневых процессов и разработать теоретические и технологические основы обеспечения стационарного геодезического контроля за перемещениями во времени и пространстве оползневых массивов и инженерных сооружений на основе объединения классических и спутниковых технологий.

2. Разработка технологии и исследование методов математического прогнозирования появления деформаций в строительных конструкциях инженерных сооружений в процессе их эксплуатации на основе анализа изменения формы поверхности строительных конструкций по результатам геодезических измерений. Кроме этого появление деформаций косвенно подтверждает сам факт существования и развития оползневых процессов.

3. Развитие методов статистического моделирования и разработка технологии их применения для решения геодезических задач и оценки стабильности положения опорных пунктов для определения реальных смещений оползневых массивов. Так как достоверное прогнозирование опасных ситуаций требует анализа многолетних наблюдений, характеризующих динамику взаимодействия оползневого склона и инженерных сооружений, а при сложном характере деформаций указанных объектов для решения данной проблемы наверное единственно возможным подходом является имитационное моделирование. Актуальность изучения причин образования и устойчивости оползневых процессов с применением современных методов математического моделирования и ГИС-технологий нашла подтверждение на 32-м международном геологическом конгрессе в Италии, на котором более 200 докладов было посвящено оползневой проблематике, причем 47 из них касалось использования методов статистического моделирования (Монте-Карло) и ГИС-технологий для оценки оползневой опасности и риска, а в остальных работах рассматривались вопросы разработки и апробации эффективных методов геомониторинга оползневых процессов, численного и физического моделирования с уточнением механизма оползня и параметров ожидаемого смещения, что еще раз подтверждает актуальность подобных работ на территории г. Томска.

4. Теоретическое обоснование и практическое применение новой модели трехосного атмосферного эллипсоида для учета влияния атмосферных ошибок на спутниковые измерения в процессе раннего предупреждения активизации оползневых процессов.

5. Разработана методология обеспечения геоэкологической безопасности объектов на основе комплексного геоэкологического мониторинга оползневых процессов и анализа состояния природно-технических систем в процессе их эксплуатации.

Геодезический мониторинг является важнейшей составляющей системы геодезического обеспечения геоэкологического мониторинга, поскольку обеспечивает его пространственно-временную привязку, являясь координатной основой и позволяет определить факторы, влияющие на состояние и развитие природно-технических систем. Разработанная на кафедре геодезии ТГАСУ комплексная технология геодезического контроля за оползневыми процессами и деформациями инженерных сооружений на оползневом склоне была применена в процессе реализации комплексной системы геодезического обеспечения геоэкологического мониторинга на территории г. Томска [1] и доведена до практических рекомендаций при решении градостроительных задач и корректировке генерального плана застройки города Томска с учетом развития опасных природных и техноприродных процессов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ольховатенко В.Е., Рутман М.Г., Лазарев В.М. Опасные природные и техноприродные процессы на территории г. Томска и их влияние на устойчивость природно-технических систем. Томск: Печатная мануфактура, 2005. – 152 с.

© В.М. Лазарев, 2010

УДК 65.01

В.С. Бартош

Институт автоматизации и электрометрии, Новосибирск

ВИРТУАЛЬНАЯ РЕАЛЬНОСТЬ: НОВЫЕ МЕТОДЫ ПОДГОТОВКИ ЛИЧНОГО СОСТАВА МЧС

В статье предложен метод подготовки личного состава МЧС, включающий трёхмерную визуализацию объектов, предполагающий анализ текущих параметров среды и прогнозирование их развития во времени.

V.S. Bartosh

Institute of Automation and Electrometry, Novosibirsk

VIRTUAL REALITY: NEW APPROACHES TO TRAINING RESCUE PERSONNEL

A new method for training rescue personnel is proposed, in which environment parameters are measured, analyzed and predicted and 3D visualization is used for presentation.

Крупные аварии и катастрофы последнего времени оказали существенное влияние на развитие общества и отношение государства к проблемам, связанным с чрезвычайными ситуациями. Человеческие жертвы и большие материальные и социальные последствия катастроф вынуждают искать способы улучшения подготовки, модернизации и совершенствования спасательных служб и формирований.

Безусловно, наилучший эффект тренировки личного состава можно получить только в реальных условиях. Традиционных методов подготовки (учебники, видеофильмы, инструкции и пр.) явно не достаточно и эффект от таких методов не очень высок. Огромный разрыв между обучением по книгам и обучением «боем» призвана сократить перспективная технология виртуальной реальности (VR-технологии). При использовании VR-технологий уровень концентрации и вовлечения обучаемого персонала существенно выше, что способствует гораздо большему сохранению и использованию приобретенных знаний.

В ходе ликвидации последствий аварийной ситуации процесс принятия решений носит кумулятивный характер, так как требует учета в реальном времени все большего числа факторов. Поэтому сконцентрированное представление руководителям наглядной информации средствами VR-технологий позволит им принимать решения на качественно более высоком уровне.

Алгоритм ликвидации последствий аварии (ЛПА) описывается большим количеством разноплановых руководящих документов и инструкций и в критической ситуации руководителю ЛПА достаточно сложно своевременно принять оптимальное решение. Четкое взаимодействие руководителя ЛПА и команды спасателей крайне важно, так как любая ошибка может привести к серьезным негативным последствиям. Тренажеры, воссоздающие виртуальную реальность – это универсальные наращиваемые “инструменты” позволяющие проводить тренинг, обучение, отрабатывать взаимодействие в самых разных чрезвычайных ситуациях, которые смоделировать на натурных учениях экономически не выгодно либо практически не возможно. Занятия на тренажере позволят повысить эффективность, точность и оперативность решений различных задач.

Институт Автоматики и Электрометрии СО РАН и компания "Софтлаб-Нск" имеют 30-летний опыт создания виртуальных тренажеров. В числе заказчиков - ЦПК им. Ю. Гагарина, ОАО РЖД и др. Это позволяет предложить реализацию виртуального тренажера по теме "Спасатель" в трёх направлениях: "Шахты", "Завод", "Город".

Направление "Шахты" отличается развитой 3х-мерной замкнутой структурой выработок в виде лабиринта, в котором возможны зоны с нерабочей вентиляцией. В совокупности с аппаратно-диагностическими средствами обеспечивает:

- Постоянный визуальный контроль состояния основных параметров выработок, влияющих на безопасность проведения работ (наличие метана, угарного газа, задымления) и предупреждение о возможности возникновения чрезвычайных ситуаций;
- Постоянное слежение и представление информации о расположении и состоянии людей;
- Постоянное слежение и контроль работоспособности диагностического оборудования.

При возникновении чрезвычайной ситуации:

- Постоянный контроль и предсказание изменения во времени состояния основных параметров выработок, влияющих на безопасность пребывания людей (распространение метана, угарного газа, задымления, возможность обвалов, возгорания);
- Постоянный контроль и представление информации о расположении и состоянии людей, оставшихся в шахте;
- Поиск оптимальных маршрутов выхода людей из опасной зоны, поиск оптимальных маршрутов следования спасателей к пострадавшим с учетом предсказания изменений состояния основных параметров;
- Быстрое ознакомление работников спасательных служб с топологией участков шахты, маршрутами следования работников шахты и спасателей, расположением специального оборудования (самоспасателей, средств связи и т. д.), наличия различных опасностей на пути следования;

– Быстрое изучение и запоминание спасателями маршрута их следования при помощи виртуальной имитации (показа интерьера выработок) движения по этому маршруту.

Направление "Завод" отличается от Шахт топологией строений, моделирует и визуализирует процессы, происходящие внутри помещений и на заводской территории. Также отличается выходом из внутренних помещений на открытые воздушные пространства с атмосферной циркуляцией воздуха.

Моделирование

- Освещения в зависимости от времени суток (день, ночь);
- Погоды (ясно, дождь, снег), туман, дым;
- Разрушений стен, конструкций, и т.д., характерных для конкретного объекта;

Отработка

- Взаимодействия между членами команды;
- Инструкций по определению наличия и концентрации отравляющих/радиационных веществ на объекте, границы и динамику изменения химического/радиационного заражения;
- Управления необходимыми приборами и датчиками;
- Способов разведки территории воздушным, наземным или пешим порядком;
- Поиска маршрутов эвакуации пострадавших и подъезда спец техники;
- Разбора завалов вручную и с применением техники.

Направление "Город" моделирует и визуализирует следующие процессы, происходящие на большой открытой поверхности: распределение зон разрушений, зон заражений, прогнозирование транспортных потоков.

Оперирует понятиями:

- Квартал, Завод, Здание - Степень разрушений, Степень функционирования, Степень заражения;
- Улица, Пропускная способность, Завал/Заражение/Авария, Автомобильные пробки, Трафик, Перераспределение транспортных потоков;
- Поиск маршрутов эвакуации и маршрутов следования транспортных колонн спец. назначения.
- Воздух, Ветер, Направление, скорость, карта заражения
- Ландшафт, рельеф, карта заражения;
- Водоёмы, карта заражения, карта течений

Методы предоставления визуальной информации

Использование привычных топологических схем:

Топологическая схема объекта является 2.5D электронной картой с возможностью масштабирования, сдвигов и поворотов, обладающая комплектом интерфейсных средств выдачи информации о различных

технологических параметрах строений, сооружений. Топологическая схема предназначена для точного и привычного для специалистов ознакомления с топологией и устройством объекта.

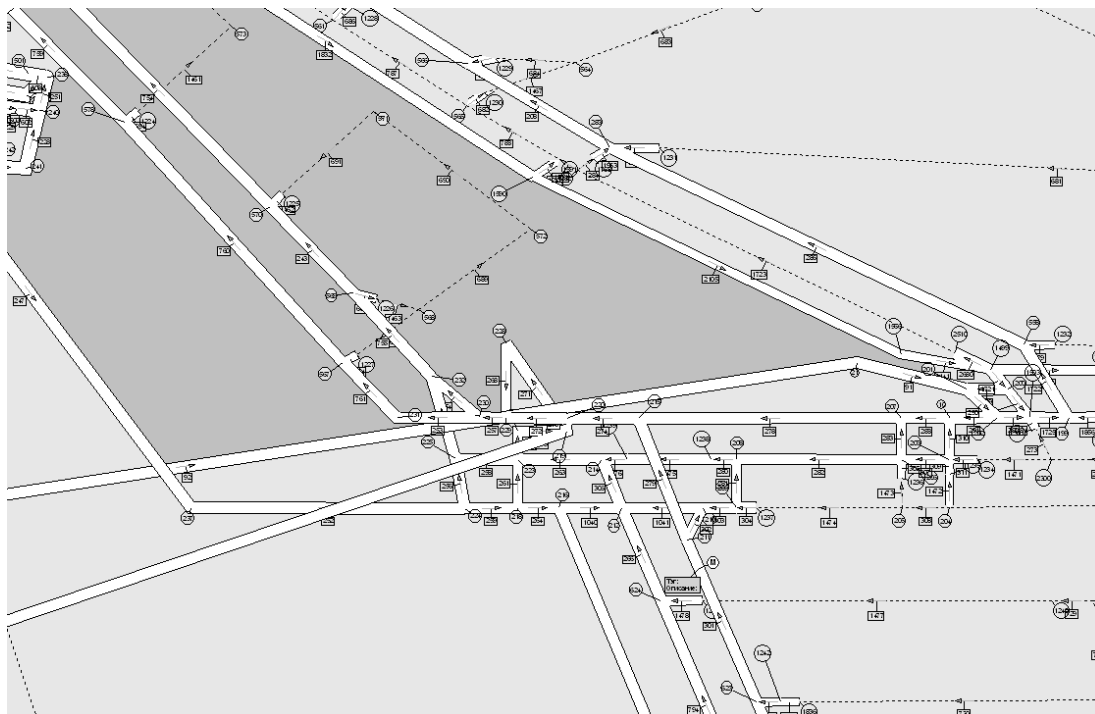


Рис. 1. Топологическая схема шахты, показ выбранного участка

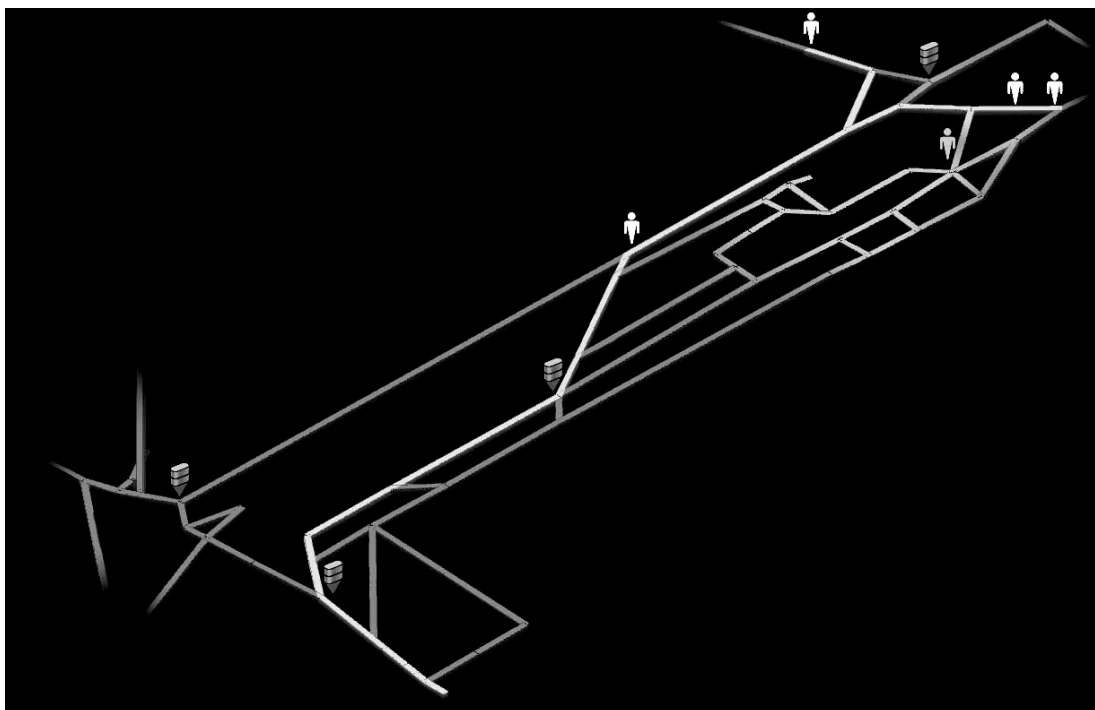


Рис. 2. Вид извне. Показ выбранного участка с выделением зоны задымления, указанием расположения людей и их состояния, маршрута выхода людей, расположения спецсредств на маршруте выхода

Трёхмерный вид (вид извне) топологической схемы:

Вид извне предназначен для визуального контроля значительных по размерам участков, выбранных оператором комплекса по тем или иным функциональным критериям. Вид извне должен обеспечить быстрое ознакомление и запоминание спасателями топологии выбранного участка, визуализацию необходимых для контроля значений параметров выработок (таких как наличие метана, угарного газа, задымления, заражения, температуры окружающей среды), визуализацию расположения людей и их состояния, завалов, специального оборудования, датчиков, а также прокладку и визуализацию оптимальных маршрутов следования людей при возникновении чрезвычайной ситуации. Трёхмерное представление вида участка строений извне с возможностью поворотов, сдвигов, и трансфокации виртуальной камеры позволит значительно ускорить понимание и запоминание топологии выбранного участка, так как такое представление наиболее естественно для человеческого восприятия сложных трёхмерных образований.

Трёхмерный вид изнутри:

Вид изнутри предназначен для быстрого понимания и запоминания спасателями маршрута следования внутри строений, шахт, расположения людей, специального оборудования на маршруте следования и прилегающих к нему участках, а также визуализации значений необходимых параметров окружающей среды (таких как наличие угарного газа, задымления высокой температуры и др.). Вид изнутри должен формировать у спасателей, которые его изучают, ощущение присутствия внутри выбранного участка. Это позволит им хорошо ориентироваться при проведении спасательных работ даже на незнакомых ранее участках.



Рис. 2. Вид изнутри. Показ выбранного участка с выделением зоны задымления, указанием расположения людей и их состояния, маршрута следования людей

Организация комплекса

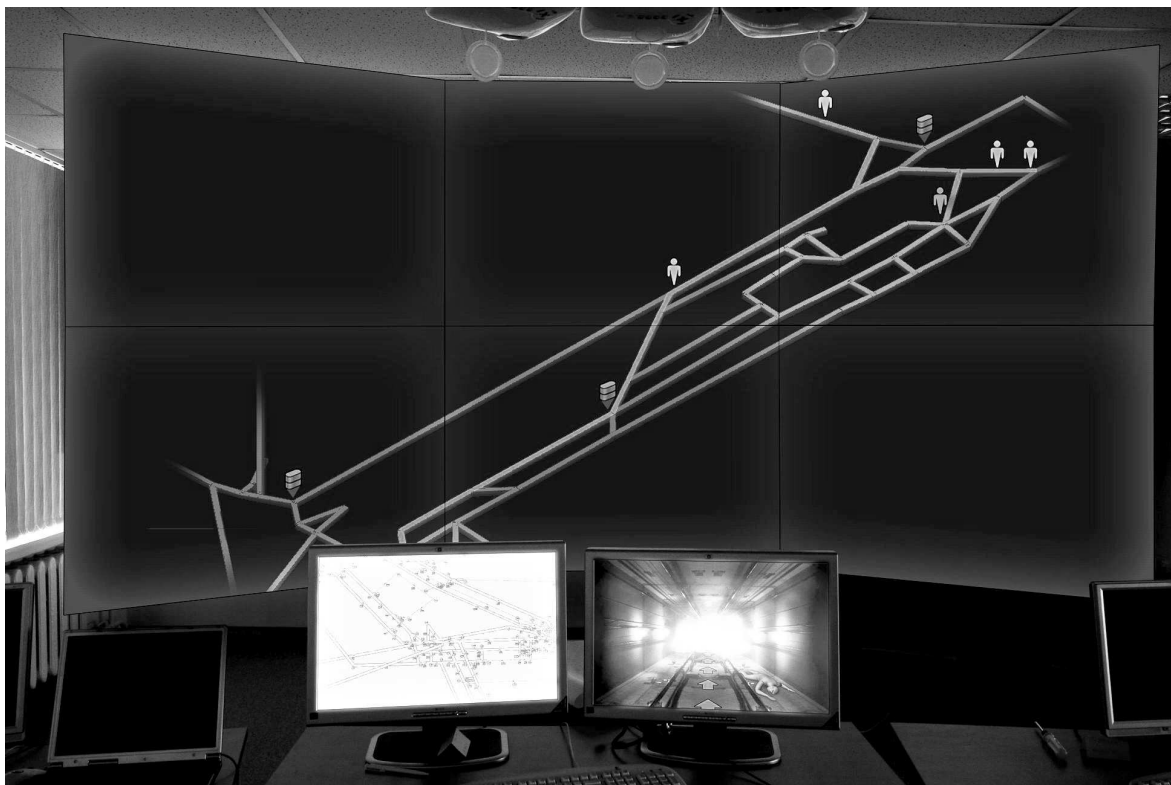


Рис. 3. Внешний вид комплекса. На переднем плане: двухканальный пульт оператора с топологической схемой выбранного участка и видом изнутри. На дальнем плане 6-ти канальная система визуализации, с показом вида извне для готовящихся к операции спасателей

Рабочее место оператора комплекса должно состоять из следующих компонент:

- 1) Пульт управления комплексом
- 2) Многоканальная система панорамной визуализации
- 3) Вычислительная система комплекса
- 4) Система автоматической подготовки визуальных моделей

© В.С. Бартош, 2010