

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ГЕОСИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ»  
(СГУГиТ)

XI Международные научный конгресс и выставка

## **ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ-2015**

Международная научная конференция

**ГЕОДЕЗИЯ, ГЕОИНФОРМАТИКА, КАРТОГРАФИЯ,  
МАРКШЕЙДЕРИЯ**

Т. 2

Сборник материалов

Новосибирск  
СГУГиТ  
2015

Ответственные за выпуск:

Доктор технических наук, профессор,  
директор НИИ стратегического развития СГУГиТ, Новосибирск  
*Д. В. Лисицкий*

Кандидат технических наук, доцент, директор Института геодезии и менеджмента СГУГиТ,  
Новосибирск  
*С. В. Середович*

Доктор технических наук, профессор кафедры физической геодезии  
и дистанционного зондирования СГУГиТ, Новосибирск  
*В. С. Хорошилов*

Председатель Комиссии Международной картографической ассоциации (ICA)  
«Картография для раннего предупреждения и управления кризисными ситуациями»,  
вице-президент Международного общества «Цифровая Земля», вице-президент Международной  
академии наук Евразии, почетный член ICA с 2013 г., доктор наук, профессор, почетный профессор  
СГГА, почетный доктор Университета архитектуры, строительства и геодезии (UACEG),  
Чешская Республика  
*Милан Конечны*

Генеральный директор фирмы «Technet-rail 2010 GmbH», председатель Комиссии 6  
«Инженерная геодезия» Международной федерации геодезистов (FIG), Берлинский университет  
прикладных наук им. Бойта, доктор наук, почетный профессор СГГА, Германия  
*Иво Милев*

Доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой маркшейдерского дела и геодезии  
Карагандинского государственного технического университета им. академика Е. А. Букетова,  
Караганда  
*Ф. К. Низаметдинов*

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

С26 Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015. XI Междунар. науч. конгр., 13–25 апреля  
2015 г., Новосибирск : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика,  
картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. Т. 2. – Новосибирск :  
СГУГиТ, 2015. – 240 с.

ISBN 978-5-87693-807-7 (т. 2)

ISBN 978-5-87693-805-3

ISBN 978-5-87693-795-7

В сборнике опубликованы материалы XI Международного научного конгресса «Ин-  
терэкспо ГЕО-Сибирь-2015», представленные на Международной научной конференции  
«Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия».

Печатается по решению редакционно-издательского совета СГУГиТ

Материалы публикуются в авторской редакции

УДК 622

ISBN 978-5-87693-807-7 (т. 2)

ISBN 978-5-87693-805-3

ISBN 978-5-87693-795-7

© СГУГиТ, 2015

## **РАЗРАБОТКА И ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ СПОСОБА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО ПОЛОЖЕНИЯ ЦЕНТРА ПРОЕКЦИИ ПРИ СОЗДАНИИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ КАРТОГРАФИЧЕСКИХ ПРОИЗВЕДЕНИЙ**

*Петр Юрьевич Бугаков*

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плехотного, 10, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры прикладной информатики и информационных систем. тел. (383)343-18-53, e-mail: peter-bugakov@yandex.ru

В статье предложен способ определения оптимального положения центра проекции (точки наблюдения) при создании перспективных картографических произведений на основе трехмерных цифровых моделей местности. Определен критерий оптимальности положения центра перспективной проекции. Кратко описаны результаты программной реализации предлагаемого способа.

**Ключевые слова:** перспективная карта, трехмерная цифровая модель местности, центр проекции, точка наблюдения, программная реализация.

## **DEVELOPMENT AND SOFTWARE IMPLEMENTATION OF THE METHOD OF DETERMINING THE OPTIMUM POSITION OF THE PROJECTION CENTRE WHEN CREATING OF PERSPECTIVE CARTOGRAPHIC REPRESENTATIONS**

*Petr Yu. Bugakov*

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph.D., senior lecturer, department of Applied Informatics and Information Systems, tel. (383)343-18-53, e-mail: peter-bugakov@yandex.ru

The method for determining the optimum position of the projection centre (point of observation) when creating of perspective cartographic representation based on three-dimensional digital terrain models is offered. The optimality criterion for position of the center of perspective projection is defined. The results of the software implementation of the proposed method are described briefly.

**Key words:** perspective map, three-dimensional digital terrain model, center of the projection, observation point, software implementation.

Современные перспективные картографические произведения (ПКП) являются высокотехнологичными продуктами, в основе которых лежат научно-методические разработки в области геодезии, фотограмметрии, картографии, трехмерной компьютерной графики. К основным преимуществам ПКП относят формирование у пользователя достоверного представления о пространственных характеристиках, изображенных на них объектов, а также способность обеспечивать более высокую степень узнаваемости объектов при ориентировании на местности. Поэтому перспективные картографические произведения могут быть использованы не только профессионалами, но и пользователями, не имеющими специальной подготовки в области картографии. Сфера применения

ПКП очень широка, она охватывает задачи навигации, туризма, городского планирования, экологии, ландшафтного дизайна, рекламы, военного дела, науки.

В основе любого перспективного картографического произведения лежит трехмерная цифровая модель местности (ТЦММ). В настоящее время технологии и методики создания ТЦММ находятся на стадии бурного развития [1,2,3] и не затрагиваются в данной статье. Однако для создания ПКП большое значение имеет не только трехмерная модель местности, но и способы ее визуализации. Одной из наиболее актуальных задач при создании перспективных картографических произведений является выбор параметров визуализации для оптимизации их информативности и наглядности. К оптимизации информативности относятся работы, направленные на уменьшение площади мертвых зон, основная причина появления которых заключается в частичном или полном перекрытии проекций одних объектов проекциями других объектов перспективного изображения. Полное устранение мертвых зон возможно только при использовании ортогонального проецирования трехмерной модели местности на плоскость. Однако в таком случае полностью теряется информация о высотах. Поэтому требуется определить такое положение точки наблюдения (центра перспективной проекции), при котором площадь мертвых зон минимальна или она затрагивает только маловажные объекты.

В работах [4,5] был предложен способ построения перспективных карт, в котором определение положения точки наблюдения осуществляется на основе вычислений геометрических величин на множестве вертикальных сечений трехмерной модели местности. Однако практическая реализация данного подхода требует достаточно больших трудозатрат, связанных, в первую очередь, с построением требуемых сечений. Для устранения этого недостатка нами предлагается способ, позволяющий определять оптимальное положение точки наблюдения не по сечениям, а по видимым проекциям визуализированных объектов.

Основная идея способа заключается в построении пробных перспективных изображений ТЦММ из множества предполагаемых точек наблюдения. Выбор оптимального положения центра проекции, для заданных характеристик создаваемого перспективного картографического произведения, осуществляется на основе заранее определенного критерия оптимальности, которым может служить величина  $K_{opt}$  (1), вычисленная для каждого перспективного изображения:

$$K_{opt} = \sum_{i=1}^n S_i \cdot k_i, \quad (1)$$

где  $n$  – количество объектов ТЦММ;

$S_i$  – видимая площадь  $i$ -го объекта;

$k_i$  – коэффициент значимости  $i$ -го объекта для выбранной тематики перспективного картографического произведения.

Максимальное значение величины  $K_{opt}$  будет указывать на оптимальность выбора центра проекции при построении перспективного картографического произведения выбранной тематической направленности. Способ может быть изображен в виде схемы, показанной на рис. 1.

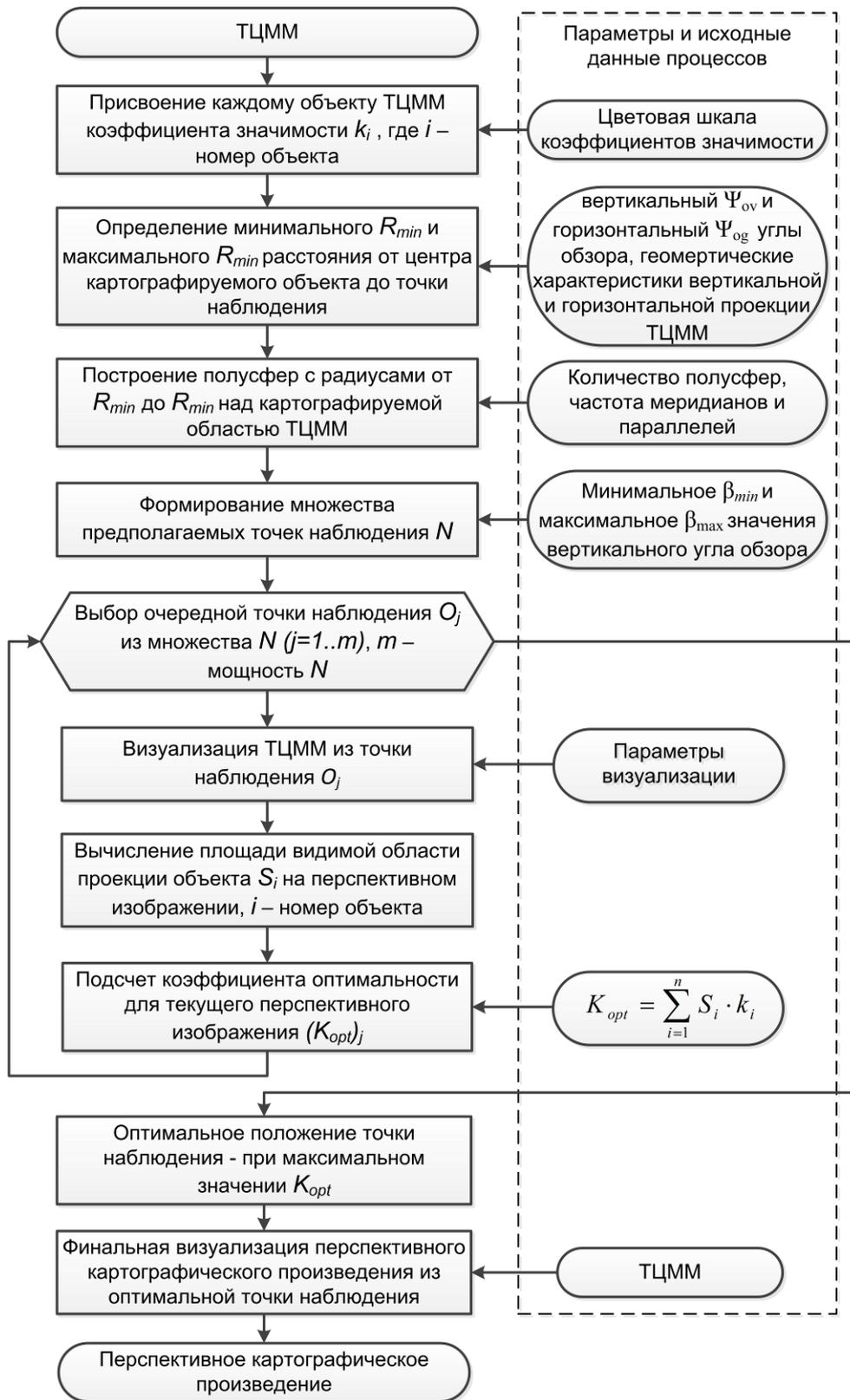


Рис. 1. Схема способа определения оптимального положения точки наблюдения при создании ПКП

Первым этапом определения положения центра проекции (точки наблюдения) при создании перспективных картографических произведений является

подготовка цветовой шкалы коэффициентов значимости объектов. Диапазон и уровни градации значений коэффициентов подбирают в зависимости от количества объектов в трехмерной модели, а также их разнообразия по тематической значимости. Присвоение объекту ТЦММ определенного значения коэффициента осуществляется путем его закраски соответствующим цветом по ранее подготовленной шкале. При этом требуется использовать бестеневое освещение, которое может быть реализовано, например, в редакторе трехмерной графики Autodesk 3ds MAX путем создания источника рассеянного света (стандартный источник света со свойством «Ambient Only»).

Далее выбирают горизонтальный  $\Psi_{og}$  и вертикальный  $\Psi_{ov}$  углы обзора в пределах от  $18^\circ$  до  $53^\circ$  (обычно  $27^\circ - 30^\circ$ ) [4,5,6]. Угол обзора в обозначенных пределах обеспечит достоверное восприятие масштабов элементов картографируемой модели и глубины пространства. Поскольку картографируемая область ТЦММ, как правило, имеет сложную геометрическую конфигурацию, каждая точка наблюдения при построении проекции должна находиться от этой области на определенном расстоянии для обеспечения рационального использования полезного пространства на получаемом перспективном изображении. Поэтому, исходя из выбранных значений углов  $\Psi_{og}$  и  $\Psi_{ov}$ , а также геометрических характеристик вертикальной и горизонтальной проекций ТЦММ, определяют минимальное ( $R_{min}$ ) и максимальное ( $R_{max}$ ) расстояние от центральной точки картографируемой области ТЦММ до предполагаемых точек наблюдения. В зависимости от желаемой точности определения оптимального положения центра проекции, выбирают количество полусфер с радиусами от  $R_{min}$  до  $R_{max}$ , а также частоту параллелей и меридианов, образующих их каркасы.

Точки, образованные пересечением параллелей и меридианов каждой полусферы формируют множество предполагаемых центров проекции  $M$ . Для дальнейшей работы из множества  $M$  выделяют подмножество  $N$ , состоящее из точек, в которых угол наклона луча наблюдения относительно горизонтальной плоскости лежит в пределах от  $\beta_{min}$  до  $\beta_{max}$  (2).

$$\begin{aligned} \beta_{min} &= 20^\circ + \Psi_{ov}/2; \\ \beta_{max} &= 65^\circ - \Psi_{ov}/2, \end{aligned} \tag{2}$$

где  $\Psi_{ov}$  – вертикальный угол обзора.

Выбор данных предельных значений углов обусловлен результатами исследований, описанными в [5]. Важно отметить, что каждый луч визирования, выходящий из какой-либо точки наблюдения, всегда должен пересекать центр проекции ТЦММ, построенной на плоскости, перпендикулярной этому лучу. Это обуславливается, как правило, различием геометрических характеристик видимых проекций ТЦММ, построенных из разных точек визирования. В связи с этим лучи наблюдения не будут пересекаться в одной точке (рис. 2).

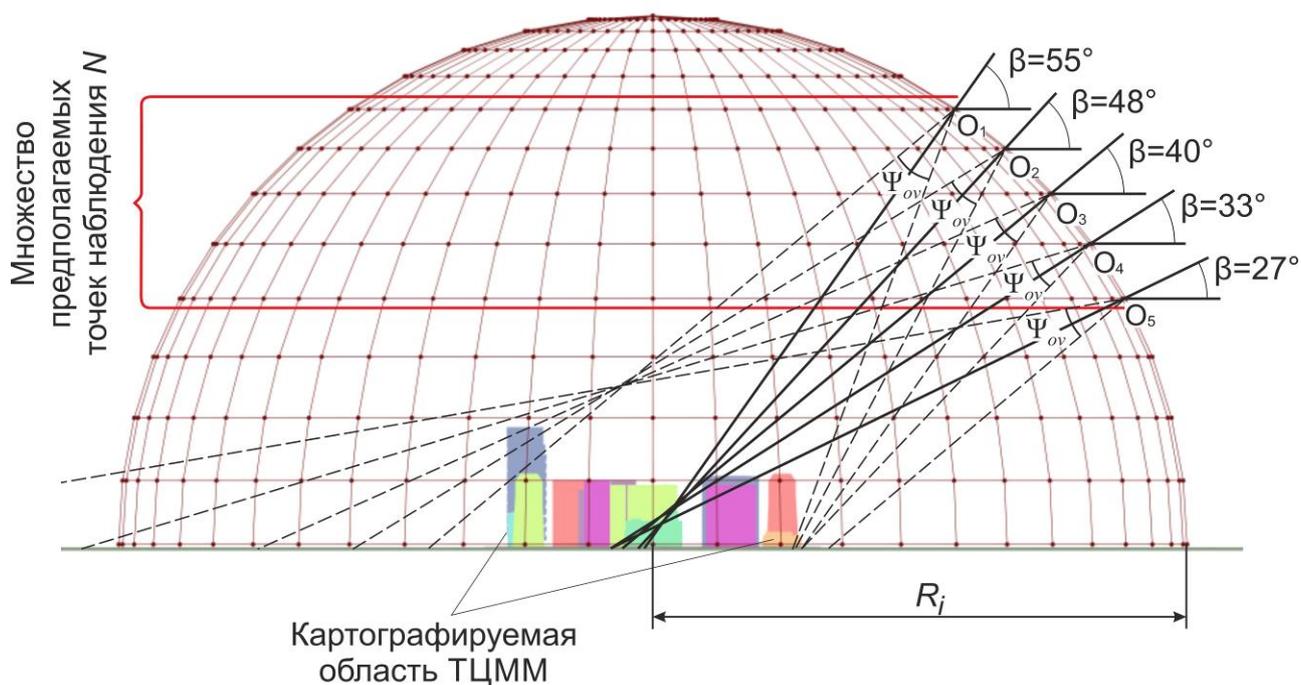
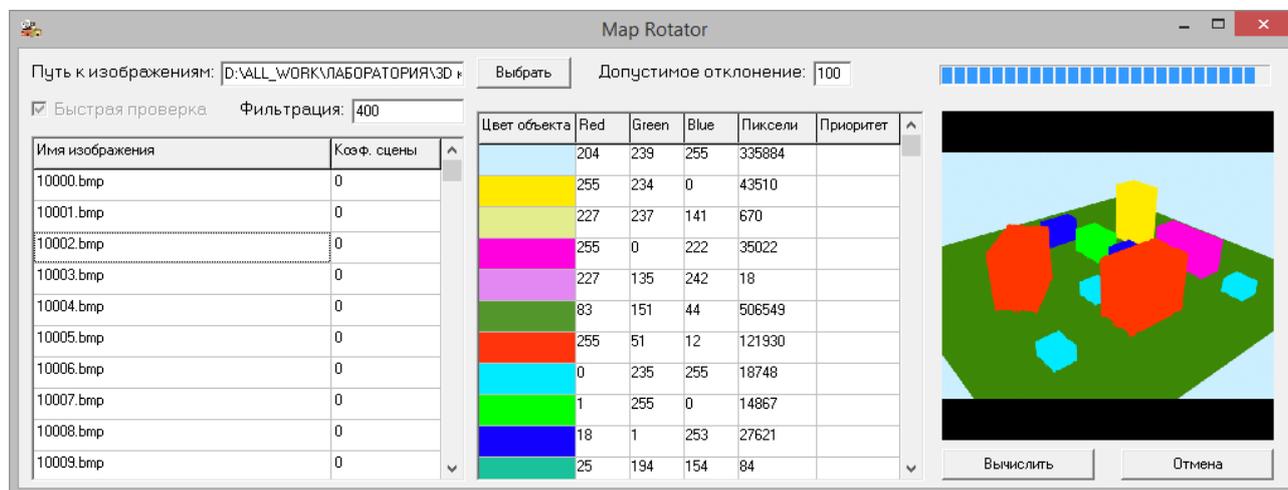


Рис. 2. Схема расположения предполагаемых точек наблюдения на одной полусфере

Далее из каждой предполагаемой точки наблюдения множества  $N$  с помощью программных средств визуализации (например, входящими в стандартную комплектацию 3ds MAX) строят предварительное перспективное изображение ТЦММ, предназначенное для определения площади всех видимых областей объектов. Поскольку все изображения были визуализированы с одинаковыми настройками (разрешение, глубина цвета, соотношение сторон и т.д.), то площадь объектов может быть вычислена в условных единицах, путем подсчета количества пикселей каждого цвета. Для ускорения подсчета площади допустимо проводить визуализацию предварительных изображений с разрешением ниже, чем при создании финального перспективного картографического произведения.

Цветовая окраска объектов на этапе подготовки трехмерной модели местности позволила решить сразу три задачи: идентифицировать объекты, вычислить их видимую площадь, а также определить их коэффициент значимости. Коэффициент оптимальности каждого перспективного изображения вычисляют по формуле (1). Точка наблюдения (центр проекции), из которой было построено перспективное изображение с максимальным коэффициентом  $K_{opt}$  выбирается в качестве оптимальной для построения финального варианта перспективного картографического произведения на основе исходной ТЦММ (без цветового выделения объектов). Создание перспективного картографического произведения из оптимальной точки проекции обеспечивает наиболее выгодное отображение местности с минимальной площадью мертвых зон и учетом значимости объектов.

Для автоматизации процесса нахождения оптимальной точки наблюдения по набору перспективных изображений с цветовым выделением объектов нами было создано программное обеспечение, позволяющее вычислить площади видимых областей объектов по цвету, рассчитать коэффициенты оптимальности и найти максимальный из них. Главное окно программы показано на рисунке 3. Программа была написана на языке C++ в среде разработки Borland C++ Builder 6.



Список перспективных изображений

Цветовая шкала приоритетов

Просмотр текущего изображения

Рис. 3. Главное окно программы для определения оптимального положения точки наблюдения

Предлагаемый способ не обладает высокой оперативностью определения оптимального положения точки наблюдения, поскольку предполагает проведение подготовительных этапов, связанных с созданием набора перспективных изображений для вычисления коэффициентов оптимальности. Также снижение оперативности происходит вследствие использования нескольких программных продуктов. Однако данный способ отличается простотой реализации и не требует разработки сложных вычислительных алгоритмов.

Другой подход в программной реализации предлагаемого способа заключается в создании программного обеспечения, основанного на работе с трехмерной графикой с использованием библиотеки OpenGL. Такой подход предполагает расчет коэффициентов оптимальности непосредственно по трехмерной цифровой модели местности без предварительной визуализации. Идентификация объектов происходит по уникальному цифровому коду, присвоенному каждой цифровой модели объекта. При реализации такого подхода требуется использование специальных алгоритмов по обходу вершин, образующих геометрическую форму объектов, формирование выпуклых и вогнутых полигонов, определение их видимости, а также целого ряда математических решений в области трехмерной графики.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Наземное лазерное сканирование: монография / В. А. Середович, А. В. Комиссаров, Д. В. Комиссаров, Т. А. Широкова. – Новосибирск: СГГА, 2009. – 261 с.
2. Основные проблемы пространственного представления местности в цифровых картографических изделиях / В. Н. Филатов, В. С. Авдеев, Р. С. Мухудинов, В. А. Радионов // Геодезия и картография. – 2007. – № 4. – С. 35–38.
3. Хлебникова Т. А. Технология построения измерительных трехмерных видеосцен по данным ЦММ: проблемы и пути решения // Геодезия и картография. – 2008. – № 2. – С. 44–46.
4. Лисицкий Д. В., Бугаков П. Ю. Методические основы цифрового трехмерного картографирования // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2012. – № 6. – С. 34–102.
5. Пат. 2485593 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> G 06 F 17/30. Способ построения перспективных карт местности (варианты) [Текст] / Лисицкий, Д. В., Бугаков, П. Ю.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Сибирская государственная геодезическая академия». № 2012119224/08; заявл. 10.05.2012 ; опубл. 20.06.13.
6. Евтеев В. И., Зметный А. Я., Новиков И. В. Построение перспективного рисунка. – Л.: Учпедгиз, 1963. – 199 с.

© П. Ю. Бугаков, 2015

## **ФОРМАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА СОЗДАНИЯ ТЕМАТИЧЕСКИХ КАРТ ДЛЯ ШИРОКОГО КРУГА ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ**

### ***Светлана Сергеевна Дышлюк***

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент, заведующая кафедрой картографии и геоинформатики, тел. (383)361-06-35, e-mail: s.s.dyshlyk@ssga.ru

### ***Ольга Николаевна Николаева***

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры экологии и природопользования, тел. (923)227-89-57, e-mail: onixx76@mail.ru

### ***Лариса Анатольевна Ромашова***

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры картографии и геоинформатики, тел. (383)361-06-35, e-mail: ris0306@yandex.ru

В статье рассмотрены вопросы формализации тематических карт для широкого круга потребителей. Формализация процесса создания тематических карт в ГИС-среде рассматривается, как четкое пошаговое описание процесса, опирающееся на ряд принципов, которые определяют характеристики картографируемых показателей и методику составления цифровых карт.

**Ключевые слова:** формализация, тематические карты, природные ресурсы, ГИС.

## **FORMALIZATION OF THEMATIC MAP-MAKING FOR PUBLIC AT LARGE**

### ***Svetlana S. Dyshlyuk***

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., Assoc. Prof., head of the Department of Cartography and Geoinformatics, tel. (383)361-06-35, e-mail: s.s.dyshlyk@ssga.ru

### ***Olga N. Nikolayeva***

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., Assoc. Prof., Department of Ecology and Environmental Management, tel. (923)227-89-57, e-mail: onixx76@mail.ru

### ***Larisa A. Romashova***

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., Assoc. Prof., Department of Cartography and Geoinformatics, tel. (383)361-06-35, e-mail: ris0306@yandex.ru

The issue of thematic maps formalization for public at large is considered. Formalization of thematic map-making in GIS-environment is considered as explicit step-by-step description of the process based on a number of principles which determine characteristics of cartographic indices and digital mapping techniques.

**Key words:** formalization, thematic maps, natural resources, GIS.

Совершенствование современных ГИС-продуктов и картографических сервисов, наблюдающееся в течение последних лет, привело к популяризации картографической продукции и к резкому росту спроса на тематические карты среди широких кругов населения, не владеющего картографическими знаниями, но активно использующего разнообразные геоданные в своей производственной деятельности. При этом особый интерес пользователи проявляют к картографическим произведениям, отображающим состояние природных, социальных, экономических и экологических ресурсов территории, что обусловлено необходимостью модернизации современной российской экономики для обеспечения устойчивого развития регионов.

Формализация в общем случае понимается как представление какой-либо содержательной области (рассуждений, доказательств, процедур классификации, поиска информации научных теорий) в виде формальной системы, или исчисления [1]. В настоящее время, с учетом повсеместного использования компьютерной техники и ГИС-технологий, формализация процессов создания карт является одной из актуальных задач картографии. Как отмечает ряд авторов [2,3], внедрение формальных процедур в картографические работы позволяет автоматизировать выполнение наиболее рутинных и трудоемких этапов создания карты, благодаря чему высвобождается время для экспериментов и творчества в области картографического моделирования и оформления карт.

По мнению некоторых авторов, [4], первый шаг при формализации и построении модели является выбор подходящих форм представления. Во втором, и вероятно самом трудном, шаге всего процесса формализации модели основное внимание должно отводиться методам и правилам, которые связывают обрабатываемые данные. В процессе формализации лучше использовать табличные данные статистических исследований. Менее всего для формализации подходят текстовые данные [4].

Формализация процесса создания тематических карт в ГИС-среде предполагает прежде всего четкое пошаговое описание этого процесса, опирающееся на ряд принципов, которые определяют характеристики картографируемых показателей и методику составления цифровых карт.

Нами были разработаны следующие принципы:

Принцип 1. Сведение процесса создания тематических карт к решению ряда типовых задач, наиболее востребованных широким кругом пользователей. Формулировка задач максимально проста и понятна пользователю, и требует от него лишь выбора показателей картографирования, которые будут использоваться на создаваемой карте. Далее построение карты происходит в автоматическом режиме. Данный принцип значительно упрощает использование тематических карт широкими слоями населения, привыкшими работать с готовыми картами, но не имеющими опыта в их составлении.

Принцип 2. Использование показателей, официально утвержденных и принятых Федеральной службой государственной статистики при решении конкретной типовой задачи. Данный принцип обеспечивает интуитивную понятность процесса составления карт как работникам административных органов, так и специалистам научно-исследовательских учреждений разного рода, по-

сколькx им приходится иметь дело с привычным понятийным аппаратом и терминологией.

Принцип 3. Применение способов картографического отображения, выбранных с учетом характера распространения картографируемых объектов (явлений) и специфики отображаемых показателей, для картографической реализации решаемых типовых задач. Данный принцип обеспечивает наглядность и высокую информационную емкость создаваемых карт. В частности:

- способ картограммы (для показа относительных статистических показателей по единицам административно-территориального деления).

- способы картодиаграммы (для изображения абсолютных статистических показателей по единицам административно-территориального деления с помощью диаграммных знаков).

- способ изолиний (для изображения непрерывных, плавно изменяющихся явлений, образующих физические поля).

- способ линейных знаков (для изображения реальных или абстрактных объектов, локализованных на линиях).

- способ значков (для показа объектов, локализованных в пунктах и обычно не выражающихся в масштабе карты).

- способ ареалов (для выделения на карте области распространения какого-либо сплошного или рассредоточенного явления).

Принцип 4. Предусмотрение возможности размещения полученной карты в сети Интернет при реализации технологической последовательности решения типовой задачи пользователем. Конвертация карты осуществляется в ГИС-приложение, при этом используется специально разработанный конвертор. В результате создается полноценная копия карты в векторном формате данных, в которой при необходимости имеется возможность создания новых и редактирования имеющихся данных. Данный принцип обеспечивает как легкость публикации созданных карт, так и упрощает обмен картографической информацией с другими пользователями.

В связи с высокой степенью ресурсоориентированности современной российской экономики встает вопрос об оперативном предоставлении пользователю карт природных ресурсов, построенных на основании актуальных для него данных. Решение этой задачи предполагает формализацию процесса составления карт природных ресурсов, сводящую этот процесс к решению ряда типовых задач, условия которых задаются пользователем

Формализация процесса создания карт природных ресурсов характеризуется следующими особенностями:

- 1) Формулировка пользовательского запроса должна быть выполнена в терминологии, принятой в современной физической географии и ресурсоведении, и понятной неподготовленному пользователю.

- 2) Структура пользовательского запроса должна требовать от пользователя выполнения минимального количества действий, которое достаточно для построения изображения, наглядно визуализирующего запрошенные данные, и отвечающего нормам и требованиям картографии.

С учетом вышесказанного, процесс формализованного создания карты природных ресурсов целесообразно подразделить на следующие этапы (с позиций пользователя):

1. Выбор природного компонента (ресурса), данные о котором интересуют пользователя.
2. Выбор показателей состояния картографируемого природного компонента (ресурса).
3. Выбор способа представления результирующей карты.

Важной частью данного процесса является возможность пользователя на любом этапе создания карты обратиться к справочной системе для получения разъяснений в области непонятных ему терминов и выражений.

В общем виде технологическая последовательность формализованного создания карты природных ресурсов представлена на рис. 1.

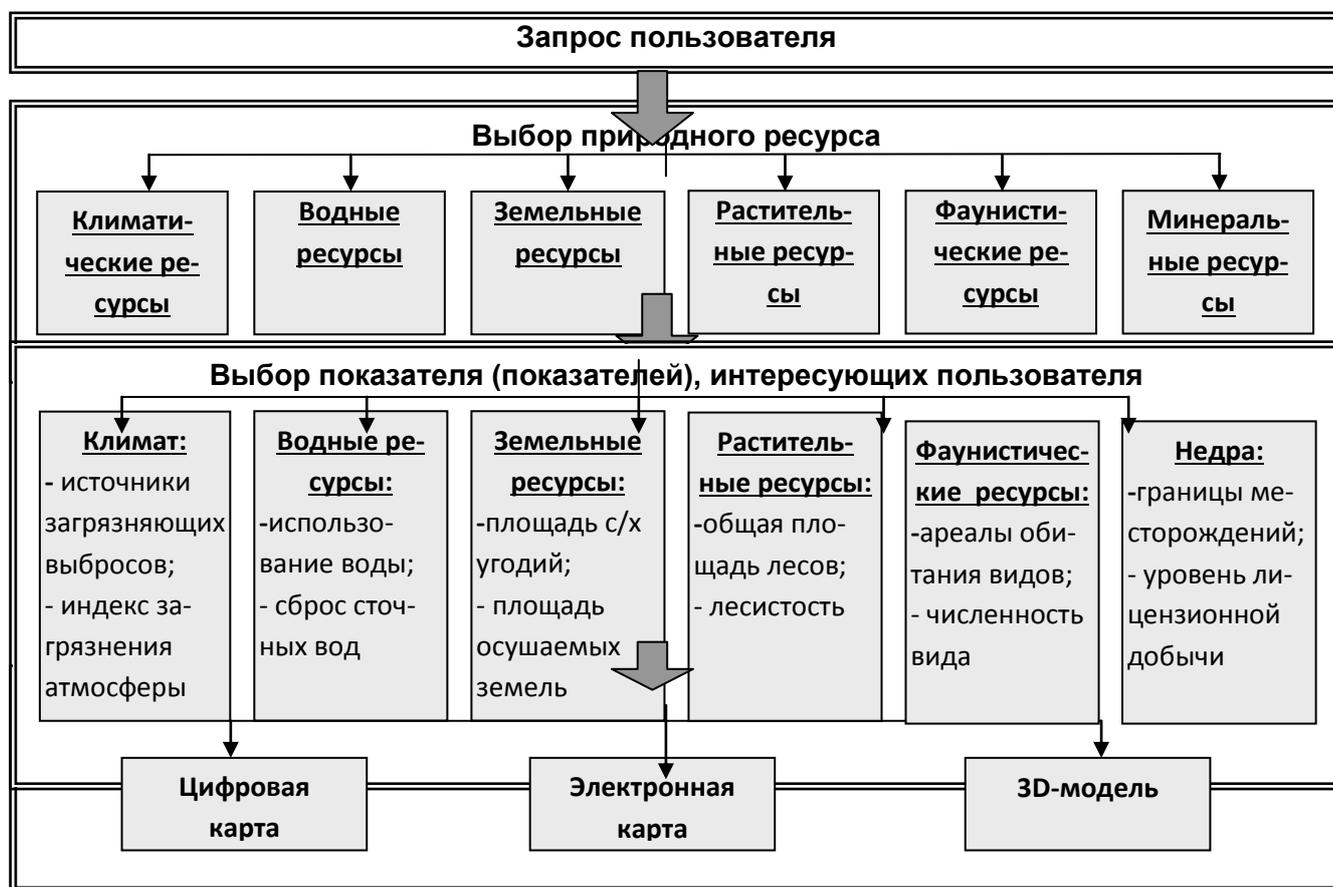


Рис. 1. Принципиальная последовательность выполнения формализованного пользовательского запроса при создании карты природных ресурсов

Как видно из рис. 1, покомпонентное деление природных ресурсов в предлагаемой технологической последовательности базируется на традиционной классификации природных ресурсов, принятой в ресурсоведении [5]. Однако при разработке структуры тематического содержания создаваемых карт природных ресурсов нами было произведено объединение некоторых категорий

данной классификации. Это было вызвано удобством пользователя, а также тем фактом, что многие виды природных ресурсов, перечисленные в [5] (атмосферное электричество, биомасса редуцентов и т.п.), пока не используются в промышленных масштабах. Цель предлагаемой технологии – обеспечить пользователя информацией о тех видах природных ресурсов, которые активно вовлечены в природопользование. Поэтому, например, атмосферные и климатические ресурсы были объединены в одну группу «Климатические ресурсы», а ресурсы продуцентов, консументов и редуцентов были распределены между группами «Растительные ресурсы» и «Фаунистические ресурсы».

На втором этапе пользователь выбирает интересующих его показателей, которые будут представлены на создаваемой карте. В перечень включены показатели, характеризующие размещение, запасы и обеспеченность территории данным видом ресурса. Значения показателей запрашиваются из базы данных, сформированной по материалам государственной статистики природных ресурсов и данным дистанционного зондирования в соответствии с принципами, описанными в [6,7,8]. Для характеристики каждого из 6 видов природных ресурсов сформирована своя база данных (табл.).

Третий завершающий этап формализованного создания карты природных ресурсов включает в себя выбор пользователем конечного результата представления данных. В зависимости от своих нужд, а также от уровня владения ГИС-технологиями, пользователь может получить конечный результат в виде векторной или растровой карты, а также в виде 3D-модели.

*Таблица*

Пример базы данных лесных ресурсов Новосибирской области

Наименование лесничества	Общая площадь земель лесного фонда, га	Покрываемая лесной растительностью, га	Общий запас насаждений, тыс. м <sup>3</sup>		
			Хвойная	Лиственная	Всего
Барабинское	50776	47483	26,1	5118,6	5165,2
Болотнинское	129165	118142	6643,6	9801,7	16463,5
Венгеровское	125932	109825	419,3	11140,7	11566,6
Доволенское	51046	48769	14,4	6358	6396,9
Здвинское	47333	41144	9,6	5023,9	5039,6
Искитимское	112255	107738	3145,3	13284,5	16447
Карасукское	36378	27711	12,3	2967,1	3003,5
Каргатское	136989	118649	150,1	12530,7	12690,8
Кольванское	755342	631743	14953	56797,1	71764,3
Коченевское	86309	81890	103,1	9730,5	9836
Краснозерское	35389	33604	13,7	3432	3447,7
Куйбышевское	237502	179537	598	19754	20380
Купинское	41445	33046	2,6	3803	3821,4
Кыштовское	848847	503572	7399,4	34683,6	42121,4
Маслянинское	204353	189840	8033,1	18792,8	26839,5
Мирновское	208614	196907	7252,1	19818,7	27088
Мошковское	98710	87203	3000,9	8904,3	11921,7
Новосибирское	25528	24093	5007,9	1342,2	6355,3
Ордынское	169468	157081	16001	12539,1	28544,1
Северное	1274013	733430	17969	44114,4	62084,8
Сузунское	218674	193890	17403,8	14088,4	31515,2
Татарское	150651	123732	83	14439,2	14180,8
Убинское	894902	403056	10738,8	25833,1	36582,9
Чановское	86047	74733	77,1	9094,3	9207,5
Черепановское	66139	62964	1326,8	7192,5	8519,7
Чульмское	341146	244510	60,2	9122,3	9195,3

Последующие этапы создания карты природных ресурсов осуществляются в среде ГИС без участия пользователя, в соответствии с алгоритмами расчета картографируемых показателей и их визуализации на заранее подготовленной базовой пространственной основе региона [9,10]. Учитывая быстроту изменения общегеографической ситуации на активно эксплуатируемых человеком территориях, базовая пространственная основа должна быть актуализирована по материалам аэрокосмической съемки текущего года. Используемые методы и приемы визуализации запрошенной и обработанной информации о природных ресурсах основаны на приемах пространственного анализа, применяемых в ГИС для построения тематических карт.

Как показали исследования [11], возможности настольных картографических систем вполне достаточны для создания несложных в плане содержания и оформления, но информативных карт природных ресурсов для неподготовленных пользователей. Привязка тематических данных может осуществляться как к точечным объектам (населенные пункты, посты наблюдения и т.п.), так и к площадным (административные районы) [12,13].

Таким образом, разработанная технологическая последовательность формализованного создания тематических карт для широкого круга пользователей позволяет выполнять основную часть работ по визуализации запрошенных геоданных в автоматизированном режиме, что обеспечивает оперативность создания тематических карт неподготовленным пользователем.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Большой энциклопедический словарь. – М.: АСТ, 2008. – 1248 с.
2. Капралов Е. Г., Кошкарев А. В., Тикунов В. С. Геоинформатика. Учебн. для вузов // Под ред. В. С. Тикунова. – М., Академия, 2005. – 480 с.
3. Кравченко О. Л. Смежные дисциплины и предмет геоинформатики. <http://www.geodesy.net.ru/rubrik/gis/geoinformatika/smezhnye-distipliny-i-geoinformatiki>.
4. Dirk Burghardt. Automatisierung der kartographischen Verdrängung mittels Energieminimierung. Der Fakultät für Forst-, Geo- und Hydrowissenschaften der Technischen Universität Dresden zur Erlangung des akademischen Grades Doktor-Ingenieur (Dr.-Ing.) Dissertation. – Dresden. – 2010. – S 10
5. Н. Ф. Реймерс. Природопользование. Словарь-справочник. – М.: «Мысль», 1990. – 639 с.
6. Лисицкий Д. В., Дышлюк С. С., Писарев В. С., Утробина Е. С., Сухорукова С. А. Разработка методики создания инструментальной справочно-аналитической географической системы на территорию социально-экономического комплекса Отчет о НИР (промежуточный), № темы НИР 2010-1.1-154-048-006. – Инв. № 13. – Новосибирск, СГГА, 2010.
7. Николаева О. Н. Об интеграции ДДЗ в ГИС для формализованной инвентаризации природно-ресурсных характеристик региона // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск: СГГА, 2012. Т. 2. – С. 39–45.
8. Разработка методики интегральных форм социальных характеристик расчета по данным статистического учета: отчет о НИР (промежут.) / науч. рук. Лисицкий Д. В. – Новосибирск. – СГГА. – 2011. – 92 с. – № темы НИР 2010-1.1-154-048-006.
9. Лисицкий Д. В., Дышлюк С. С., Писарев В. С., Утробина Е. С., Сухорукова С. А. Разработка методики создания инструментальной справочно-аналитической географической

системы на территорию социально-экономического комплекса Отчет о НИР (промежуточный), № темы НИР 2010-1.1-154-048-006. - Инв. № 13. - Новосибирск, СГГА, 2010.

10. Научно-методические основы формализации процессов составления тематических карт для реализации ГИС / С. С. Дышлюк, О. Н. Николаева, Л. А. Ромашова, С. А. Сухорукова // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – № 5. – 2011. – С. 91–93.

11. Дышлюк С. С., Павлов Е. В. К вопросу автоматизированного создания тематических карт // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск: СГГА, 2012. Т. 3. – С. 162–165.

12. Дышлюк С. С., Николаева О. Н., Ромашова Л. А. Роль экологических карт в формировании инфраструктуры пространственных данных муниципального уровня / InterCarto-Inter GIS. Материалы международной конференции: Устойчивое развитие территорий: картографо-геоинформационное обеспечение. – 2014. – С. 592–595.

13. Волкова О. А., Ромашова Л. А., Николаева О. Н., Современный опыт развития радиоэкологического картографирования и его особенности / InterCarto-Inter GIS. Материалы международной конференции: Устойчивое развитие территорий: картографо-геоинформационное обеспечение. – 2014. – С. 615–618.

© С. С. Дышлюк, О. Н. Николаева, Л. А. Ромашова, 2015

## ПЕРВЫЙ ШАГ К ФОРМАЛИЗАЦИИ КАРТОГРАФИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СРЕДЕ ГИС

*Алтын Бактваевна Женибекова*

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, аспирант кафедры картографии и геоинформатики, тел. (383)361-06-35, e-mail: zhenibekova@inbox.ru

Охарактеризованы изменения в методологическом представлении «картографического изображения». Осуществлён первый шаг к формализации картографических процессов в среде ГИС посредством таблицы (матрицы). Благодаря анализу выявлены, какие этапы проектирования составления карты не автоматизированы. Сформулированы дальнейшие действия на пути к автоматизации создания карт в среде ГИС.

**Ключевые слова:** информация, формализация, автоматизация, картографическое изображение, геоинформационная система.

## THE FIRST STAGE TO FORMALIZATION OF CARTOGRAPHICAL PROCESSES IN THE ENVIRONMENT OF GIS

*Altyn B. Zhenibekova*

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., graduate student of department of cartography and geoinformatics, tel. (383)361-06-35, e-mail: zhenibekova@inbox.ru

Changes in methodological submission of "the cartographical image" are characterized. The first step to formalization of cartographical processes in the environment of GIS by means of the table (matrix) is carried out. Thanks to the analysis are revealed, what design stages of drawing up the card aren't automated. Further actions on the way to automation of creation of cards in the environment of GIS are formulated.

**Key words:** information, formalization, automation, cartographical image, geographic information system.

XXI век характеризуют как «эру информационного общества». Под информационным обществом понимают общество, в котором продуктом его деятельности является информация: её поиск, обработка, хранение, реализация. Признаками информационного общества являются осознание обществом ценности информации как продукта деятельности, становление информации предметом купли-продажи, открытый доступ к ней, взаимодействие государственных структур на основе информационных технологий. В информационном обществе быстро растут процессы автоматизации в производстве, обработки информации [2,3,4,6].

В картографии как в сфере производства, чьи продукты являются образно-знаковыми моделями, одной из первых отразились результаты компьютеризации общества. Компьютеризация производства привела к возникновению геоинформатики и информационным системам, в частности к геоинформационным системам (ГИС). На сегодняшний день ГИС – это «главный инструмент ввода,

анализа и представления геопространственной информации во всех областях жизнедеятельности общества» [1]. Поэтому растут запросы на использование геопространственной информации широкими слоями населения [5,7].

В картографии произошла смена методологии. Теперь собираются геопространственные данные о картографируемых объектах и явлениях, которые хранятся в банках данных. Изменились требования к картографическому изображению. Картографическое изображение не служит источником информации, как было в традиционной картографии. Теперь оно обеспечивает визуализацию геопространственной информации [8,9]. Картографическое изображение стало служить в качестве интерфейса между компьютером и пользователем. Изменилась психология картографии, в которой, при традиционном картографировании, продукт – карта являлась продуктом длительного проектирования, требующая специального образования от человека. Сейчас – это «картинка» на дисплее, «завязанная» на базе данных, которую человек сам создаёт на своём компьютере. В совокупности с сетью Интернет появилось большое количество картографических сервисов, которые расширили сферы услуг по доступу к геопространственной информации с помощью картографических изображений [10].

Таким образом, количество ГИС-пользователем растёт. Это лесники, медики, климатологи, социологи и прочие специалисты по отраслям жизнедеятельности общества. Разумеется, для большинства управленцев ГИС-технологии являются незнакомыми, требующие привлечения специалистов или обучения ГИС-технологиям. Поэтому возникает задача полностью автоматизировать процесс создания карты, не создавая специализированных программ, которые снова потребуют наличие дополнительного образования у потребителя или привлечения ГИС-специалиста [11].

Автоматизация процесса как действие требует наличие формального описания процесса на любом удобном для программирования языке. Для того чтобы закодировать процесс, необходимо заглянуть внутрь него, «разобрать» на множество составляющих и описать посредством формального языка. Нами был сделан первый шаг на пути к формализации картографических процессов в среде ГИС посредством матрицы (расширенной таблицы), благодаря которой наглядно видно, что этап проектирования карты в процессе её создания не автоматизирован (табл.). Поэтому следующим этапом необходимо сделать формализацию (алгоритм) проектирования карты. Формализация любого процесса, прежде всего, необходима для его автоматизации посредством языка программирования. Таким образом, требуется:

- отдельно описать действия проектирования карты по шагам;
- создать алгоритм проектирования карты;
- разработать «меню» пользователя;
- дать характеристики всем запросам пользователя на различные ситуации.

Матрица к формализации картографических процессов в среде ГИС

Этап	Действие	Человек			Машина/программа
		Задачи			Действие
Проектирование карты	Обозначить целевое назначение карты	Круг потребителей			Действие отсутствует
		Задачи проектируемой карты			
		Условия использования			
		Способы чтения			
		Вид проектируемой карты			
		Тема карты, заголовок			
	Выбрать геодезическую и математическую основы карты	Геодезическая основа источника	Опорные пункты в системе геодезических координат (действующие в данном государстве)	Параметры референц-эллипсоида: величина большой полуоси $\alpha$ (малой $\beta$ ), сжатие $a$	Действие отсутствует
				Высота геоида над референц-эллипсоидом	
				Геодезическая широта, геодезическая долгота пункта, азимут на ориентированный пункт	
		Координатная сеть опорных пунктов			
		Геодезическая основа проектируемой карты			
		Главный масштаб проектируемой карты	Требование к точности карты		
Назначение карты					
Формат карты					

Проектирование карт	Проекция проектируемой Карты	Географическое положение территории				
		Размер территории				
		Размер карты				
		Форма карты				
		Назначение карты				
		Масштаб				
		Содержание				
		Задачи				
		Требования к точности				
		Способы использования				
		Характер искажений				
		Допустимые максимальные искажения длин, углов, площадей				
		Компоновка	Размер внешней рамки			Действие отсутствует
			Размер по обрезу с полями			
	Формат листа					
Размер территории картографирования						
Размер смежных областей картографирования						
Количество карт-врезок с размерами						
Размер содержания зарамочного оформления						
Координаты угловых крайних точек						
Площадь, масштаб, координаты угловых точек карт-врезок						

Проектирование карты	Задать содержание карты	Объекты картографирования			Действие отсутствует
		Степень полноты в соответствии с темой, назначением и масштабом карты			
		Свойства объектов	Структурные	Содержательные	
				Пространственные	
				Логические	
				Функциональные	
	Задать характеристики объектам (с показателями)	Форма представления информации	Количественная	Абсолютный показатель	Действие отсутствует
				Относительный показатель	
			Качественная		
	Выбрать способы картографического изображения	Общегеографические	Оптимальный способ представления каждой пространственно-территориальной единицы		Действие отсутствует
Наглядное подразделение объектов					
Тематические		Особенности объектов			
		Размещение объекта			
		Структура объекта			
		Задачи картографирования			

			Пространственное размещение объектов		
	Разработать легенду карты	Матричная Табличная		Действие отсутствует	
	Разработать оформление карты	Выбор оптимального способа издания карты		Действие отсутствует	
		Назначение и содержание карты			
		Экономичность			
		Условия использования карты			
	Выбрать технологию выполнения работ	Эффективность Наличие средств оборудования Экономичность		Действие отсутствует	
Создание карты	Ввести данные с помощью сканера	Заложить картографический материал на стекло сканера		Формирование электронного изображения (растра)	
		Установить параметры сканирования			
		Нажать кнопку «Старт»			
		Сохранить полученного растрового изображения в памяти компьютера			
		Регистрировать растровое изображения	Нажать «открыть таблицу»		
			Открыть папку с изображением		
			Ввести имя файла		
			В диалоге указать «тип файлов» – «растр», «Представление» - «в активной карте»		
Нажать «Открыть»					
	Нажать «Регистрировать»				

			Нажать «Проекция»	
			Выбрать нужную проекцию из списка	
			Нажать «Ок»	
	Векторизация растрового изображения	Использовать инструментов: «узел», «дуга», «эллипс», «линия», «полигон», «полилиния», «прямоугольник», «скругленный прямоугольник», «символ», «текст».		Формирование векторного изображения
Создание карты		Оцифровать растрового изображения с целью сформировать слои цифровой карты: «Административные границы», «Гидрография», «Города», «Дороги»		
	Создание базы данных	Нажать «Информация» (i)		Использовать язык запроса SQL
		Указать курсором объект на карте		
		Заполнить форму		
	Создание тематической карты	Нажать «Карта»		Визуализация тематической карты на экране монитора
		Выбрать «Создать тематическую карту»		
		Выбрать «способ картографического изображения» («диапазоны» или «плотность точек» или «») )		
		Нажать «Дальше»		
		Из выпавшего диалога выбрать таблицу, данные которой требуются для создания тематической карты		
		Выбрать поле или составить выражение, значения которого будут использоваться в расчёте условного обозначения		
	Нажать «Дальше»			
	Задать настройки тематической карты			
	Нажать «Окей»			
	Создание легенды карты	Метод «Равное количество записей» - установить порядок округления		Формирование равного количества записей

		Метод "Равный разброс значений" - установить разброс значений данных	Формирование записей с диапазонами
			Методы "Естественные группы" - анализ неравномерно распределённых данных с помощью алгоритма
Создание карты			Метод «Квантование» строит диапазоны распределения тематической переменной в некотором сегменте
			Метод «На основе дисперсии» разделяет диапазоны
	Создание компоновки	Нажать «Окно»	Действие отсутствует
		Выбрать «Новый отчёт»	
		Указать «Рамку, содержащую окно...» (оставить по умолчанию)	
	Размещение название карты, легенды, масштаба и пр.		

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Научно-методические основы формализации процессов составления тематических карт для реализации в ИСА ГИС / С. С. Дышлюк, О. Н. Николаева, Л. А. Ромашова, С. А. Сухорукова // ГЕО-Сибирь-2011. VII Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2011 г.). – Новосибирск: СГГА, 2011. Т. 1, ч. 2. – С. 45–49.
2. Информационная деятельность человека [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://infdeyatchel.narod.ru/inf\\_ob.htm](http://infdeyatchel.narod.ru/inf_ob.htm)
3. Карпик А. П., Лисицкий Д. В. Электронное геопространство – сущность и концептуальные основы // Геодезия и картография. – 2009. – № 5. – С. 41–44.
4. Кацко С. Ю. Неогеография и картография // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 2. – С. 102–106.
5. Кацко С. Ю. ГИС для непрофессиональных пользователей как один из современных инструментов работы с геоинформацией // ГЕО-Сибирь-2011. VII Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2011 г.). – Новосибирск: СГГА, 2011. Т. 1, ч. 1. – С. 234–238.
6. Кацко С. Ю. Единое геоинформационное пространство – отражение нового уровня освоения окружающей среды // ИнтерКарто-ИнтерГИС-18: Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт. Материалы международной конференции / Редкол.: С. П. Евдокимов (отв. ред.) [и др.]. Смоленск, 26-28 июня 2012 г. – Смоленск, 2012. – С. 141–143.
7. Лисицкий Д. В. Инструментальная справочно-аналитическая ГИС – новый геоинформационный инструмент для широкого круга пользователей // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Пленарное заседание : сб. материалов (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск: СГГА, 2012. – С. 10.
8. Изменение сущности и функций картографических изображений на современном этапе развития общества / Д. В. Лисицкий, С. Ю. Кацко // Геодезия и картография. – 2008. – № 2. – С. 28–30.
9. Лисицкий Д. В. Перспективы развития картографии: от системы «Цифровая Земля» к системе виртуальной геореальности // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 2 (22). – С. 8–16
10. Лисицкий Д. В., Кикин П. М. Методические основы веб-картографии // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2014. – № 4/С. – С. 85–91.
11. Николаева О. Н., Ромашова Л. А., Волкова О. А. Применение экологических карт в мониторинге состояния окружающей среды // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 2. – С. 9–13.

© А. Б. Женибекова, 2015

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПО ГЕОПРИВЯЗКЕ КАРТОГРАФИЧЕСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ В ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ**

*Глеб Игоревич Загребин*

Московский государственный университет геодезии и картографии, 105064, Россия, г. Москва, Гороховский пер., 4, кандидат технических наук, доцент кафедры картографии, тел. (499)267-28-72, e-mail: gleb@cartlab.ru

Рассмотрены проблемы геопривязки картографического изображения в геоинформационных системах. Рассмотрен вопрос о необходимости использовать при трансформировании изображения аппроксимирующих математических моделей (аффинной, полиномиальной и других).

**Ключевые слова:** геопривязка картографического изображения, геоинформационные системы, картографическая проекция.

## **STUDY GEOREFERENCED RASTER MAP IN GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS**

*Gleb I. Zagrebina*

Moscow State University of Geodesy and Cartography, 105064, Russia, Moscow, 4 Gorokhovskiy pereulok, docent of Cartography Department, tel. (499)267-28-72, e-mail: gleb@cartlab.ru

Problems geolocation mapping images in geographic information systems. The question of the need to use when transforming the image approximating mathematical models (affine, polynomial, etc.).

**Key words:** georeferenced, geographic information systems, map of projection.

В настоящее время множество карт различного тематического содержания, территориального охвата и назначения хранится в аналоговом виде. Эти карты имеют большое значение как для научных, так и практических целей. Они могут быть использованы для создания новых карт и атласов, разработки ГИС-проектов и информационного наполнения геопорталов. Для интеграции изданных карт в геоинформационные системы требуется однозначно знать элементы математической основы карт (поверхность относимости, картографическую проекцию и ее параметры).

Неточности в определении проекции и её параметров приводят к некорректной геопривязке и, как следствие, к ошибкам в метрической информации пространственных данных. Кроме того, незнание проекции приводит к необходимости использовать при трансформировании изображения аппроксимирующих математических моделей (аффинной, полиномиальной и других), что ведет к потере точности карт. В связи с этим точное знание математической основы обеспечит возможность трансформирования растровых изображений по строгим аналитическим формулам, что повышает оперативность создания общегеографических, тематических карт и атласов, сокращает сроки и трудоемкость

работ, связанных с использованием исходных картографических материалов, и повышает геометрическую точность картографических изображений.

К сожалению, не все известные картографические проекции реализованы в геоинформационных системах. Особенно это касается проекций, в которых выполнены отечественные картографические произведения. Анализ геоинформационных систем на предмет поддержки формул проекций выявил отсутствие таких отечественных проекций, как поликоническая ЦНИИГАиК, перспективные цилиндрические проекции и ряд других проекций представленных в атласах картографических проекций [1, 2].

Решением проблемы геопривязки таких картографических изображений могут быть преобразования, а не аналитическое трансформирование. При этом, часто вместо выбора проекции и дальнейшего аналитического трансформирования из одной проекции в другую, прибегают к более быстрому методу трансформирования полиномами больших степеней или аффинным трансформированием, что не может не сказаться на точности и корректности получаемых карт. Из рис. 1 видно, что ни одно из существующих преобразований не обеспечивает приемлемую точность трансформирования картографического изображения.

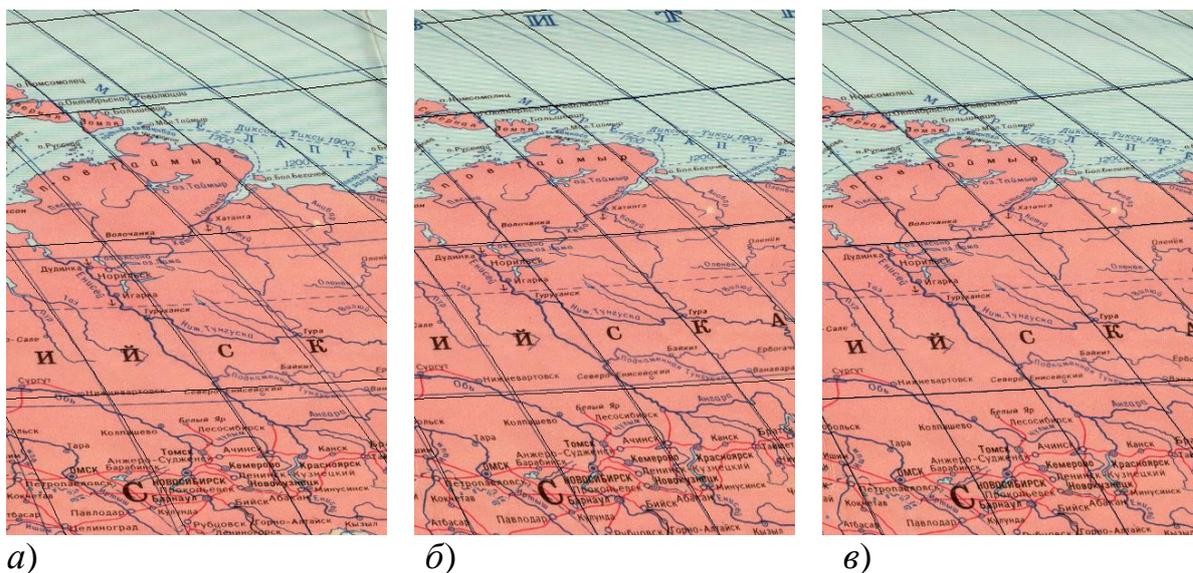


Рис. 1. Сравнение трансформированных изображений с эталонной картографической сеткой:

*а* – аффинное; *б* – полиномиальное; *в* – локально-аффинное

Следует отметить, что вышеперечисленные преобразования возможно использовать при геопривязке карт, но только для учета деформации бумаги, или при преобразовании изображений близких по виду сетки картографических проекций (например, из проекции Гаусса-Крюгера в проекцию UTM), или при преобразовании карт крупного масштаба. В мелкомасштабных картах очень важно при трансформации использовать именно проекцию растра, либо очень близкую проекцию по виду картографической сетки.

Карта на рис. 1 выполнена в поликонической проекции ЦНИИГАиК, которая, как выяснилось выше, отсутствует в геоинформационных системах. Поэтому для преобразования карты использовалась близкая по виду картографической сетка. Контрольные точки были установлены на каждом пересечении координатной сетки. При этом видно, что аффинное (рис. 1а) и полиномиальное преобразования (рис. 1б) не дают хороших результатов, хотя полиномы высоких степеней уже дают близкий результат. Лучший результат дает локально-аффинное трансформирование, при котором каждая контрольная точка точно устанавливается в указанные координаты, а промежуточные точки рассчитываются по аффинным преобразованиям. Здесь мы видим хороший результат внутри ячеек сетки, но при увеличении шага сетки, либо при малом количестве контрольных точек результат становится неудовлетворительным. Кроме того, невозможность указать контрольные точки по рамке карты, приводит к значительным искажениям картографического изображения вдоль нее (несовпадение меридианов в северной части рисунка 1в). Также, при локально-аффинном преобразовании обязательным условием является указание контрольных точек на каждом пересечении координатной сетки, что увеличивает время на геопривязку одного растра.

Лучшим правилом будет использовать аналитические формулы отечественных проекций, тем более они выведены и могут быть использованы в программном обеспечении [3]. Для этого необходимо доработать специализированный программный комплекс, разработанный для автоматизированного выбора картографической проекции [4,5].

Данная разработка обеспечит интеграцию изданных карт различного назначения, тематики, масштаба и временного охвата в геоинформационные системы, а также даст возможность геопривязки большого объема растровой картографической информации, что ускорит работу по созданию геопорталов.

*Работа проводится в рамках гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых МК-3319.2015.5.*

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гинзбург Г.А., Салманова Т.Д. Атлас для выбора картографических проекций // Тр. ЦНИИГАиК.–Вып.110.–М.: Геодезиздат, 1957.–239 с.
2. Иванов А.Г. Загребин Г.И. Атлас картографических проекций на крупные регионы Российской Федерации: учебно-наглядное издание. – М.: МИИГАиК, 2012. – 19 с.
3. Флейс М.Э. Поликоническая проекция ЦНИИГАиК (БСЭ). URL: [http://geocnt.geonet.ru/ru/proj\\_world](http://geocnt.geonet.ru/ru/proj_world) [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://netcat.ru/>. – Загл. с экрана.
4. Иванов А.Г., Загребин Г.И. Разработка методики автоматизированного выбора картографической проекции при реализации мелкомасштабного картографирования//Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. -2011. -№1. -С. 98-100.
5. Загребин Г.И. Разработка атласа картографических проекций на крупные регионы Российской Федерации//Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. -2012. -№5. -С. 52-55.

© Г. И. Загребин, 2015

## **К ВОПРОСУ О СПОСОБЕ ХРАНЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ ДЛЯ АНИМАЦИОННЫХ КАРТ**

*Алексей Александрович Колесников*

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры картографии и геоинформатики, тел. (913)725-09-28, e-mail: alexeykw@mail.ru

*Елена Владимировна Комиссарова*

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры картографии и геоинформатики, тел. (913)710-85-60, e-mail: komissarova\_e@mail.ru

*Марина Николаевна Шарыпова*

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, студентка группы К-51, специальность «Картография и геоинформатика», тел. (952)913-23-72, e-mail: sharypova93@mail.ru

В статье рассматривается влияние мультимедийных средств и технологий на картографию. Приведены текущие задачи трех- и четырехмерного картографирования. Рассмотрены современные возможности по получению различных видов геоданных в режиме реального времени. Приведено описание способа хранения пространственных данных на основе возможностей современных СУБД.

**Ключевые слова:** анимационные карты, четырехмерная картография, хранение геоданных, СУБД, пространственные данные.

## **TECHNIQUES FOR STORING SPATIAL OBJECTS FOR ANIMATED MAPS**

*Alexey A. Kolesnikov*

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., Senior lecturer, Department of Cartography and Geoinformatics, tel. (913)725-09-28, e-mail: alexeykw@mail.ru

*Elena V. Komissarova*

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., Assoc. Prof., Department of Cartography and Geoinformatics, tel. (913)710-85-60, e-mail: komissarova\_e@mail.ru

*Marina N. Sharypova*

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Student, Department of Cartography and Geoinformatics, tel. (952)913-23-72, e-mail: sharypova93@mail.ru

Multimedia technologies effect on cartography is considered. Current objectives for three- and four-dimensional cartography are presented. Online access to different types of geodata is considered. The technique for storing spatial data based on current DBMS are described.

**Key words:** animation maps, four-dimensional cartography, geodata storage, DBMS, spatial data.

С появлением мультимедийных средств и технологий в картографии изменилась содержательная сущность, условные обозначения, способы изображения, использования, информативность и особенность восприятия пользователями картографической информации, поэтому внимание к мультимедийному картографированию сейчас особенно возросло, так как появились принципиально новые возможности в получении качественно новой информации. Сейчас началась эпоха трехмерного компьютерного моделирования объектов. Одновременно с этим появились уникальные возможности представления геоинформации в сочетании с мультимедийными материалами, отражающими динамику окружающей действительности, которые могут быть систематизированы, обобщены и представлены в виде комплекса динамических карт с использованием современных информационных технологий. В результате объединения этих двух прорывных направлений развития картографии появляются уникальные возможности в создании *четырёхмерных карт*—принципиально новых трехмерных динамических карт. Такие карты могут обеспечить обобщение, анализ и представление современной информации и знаний о географических объектах и явлениях (природе, различных ресурсах, населении, хозяйстве, экологии, промышленности и т.п.), проведение прогнозных исследований. [1,2]

Таким образом, одной из задач исследования является теоретическое обоснование сущности четырехмерных картографических произведений и разработка методологических основ их составления и использования.

В настоящее время в лаборатории геоинформационного картографирования по направлению «мультимедийное картографирование», планируются провести следующие научно-исследовательские и научно-практические работы:

- обосновать сущность четырехмерной картографии и трехмерных динамических картографических произведений, определить их место в общей классификации картографических произведений;

- разработать концепцию и обосновать основные принципы картографического отображения динамических трехмерных моделей местности, обеспечивающие соблюдение основных картографических требования с учетом специфических особенностей четырехмерной картографии;

- раскрыть особенности, выявить достоинства и недостатки трехмерных динамических картографических произведений;

- исследовать характеристики и параметры четырехмерного картографирования. Сформулировать систему параметров картографического процесса создания трехмерных динамических картографических изображений, которая может использоваться для управления их качеством и эксплуатационными характеристиками;

- решить проблему интеграции характеристик двумерных карт и новых характеристик, отражающих динамику и трехмерность [3,4].

Современные достижения в области информационных технологий позволяют осуществить переход к четырехмерной картографии. Интернет порталы различной тематической направленности предоставляют различные данные буквально в реальном времени, например, данные о погоде, авиарейсах, назем-

ном транспорте и т.п. Причем эти данные доступны, в том числе, и в открытом доступе. Но также источником динамической пространственной информации могут быть и обычные сайты, обновляющие достаточно часто – социальные сети, новостные агентства, общедоступные хранилища видеороликов и фотографий. Таким образом, источников информации для создания четырехмерных карт вполне достаточно [5,6].

Несмотря на достаточно высокую актуальность направления имеется ряд проблем при создании динамических картографических произведений. Одной из проблем является генерализация. В отличие от традиционной генерализации, которая, как правило, используется при переходе от карты крупного масштаба с более мелкому, генерализация в динамических картах отвечает за переход от картографического изображения одного временного состояния с другому, позднее или раньше по времени [7,8].

Одной из первых проблем при генерализации динамических карт являются исходные данные, а именно способ хранения пространственных данных на одну и ту же территорию, но на разные моменты времени. Для достижения наиболее качественного и точного результата необходимо хранить все изменения, происходящие с объектами, то есть иметь набор карт на одну и ту же территорию, выполненные через равные интервалы времени, а одну карту с точной информацией о изменениях, произошедших с каждым отдельным объектом.

Таким образом, возникает задача хранения истории изменений для каждого объекта, включая как метрическую, так и семантическую информацию [9].

Существует несколько вариантов решения данной проблемы. Авторами был опробован способ на основе СУБД с функциями хранения и обработки пространственной информации. Слой карты, содержащий векторные объекты импортировался в таблицу СУБД. Тем самым создавалось начальное состояние объектов. Кроме стандартной семантической информации в таблицу добавлялись поля с датами создания, изменения и удаления, а также поле со статусом объекта. Далее для этой таблицы создавалось представление (view), для которого ставилось условие отображения существующих (то есть у которого в статусе нет отметки об удалении) и самых последних по дате (для сопоставления состояний одного и того же объекта используется система единых идентификаторов) объектов на карте. Для этого представления были созданы правила на создание, изменение и удаление объектов, при выполнении которых в этой же таблице создавалась копия существующего объекта, в его поля вносились данные о статусе и дате изменения и в таблицу добавлялся объект с новыми метрическими и семантическими характеристиками. Данный способ позволяет хранить в одной таблице все состояния одного и того же объекта с информацией о датах создания, изменения и редактирования. Также, выполняя SQL запросы можно получить состояние карты на любой произвольный момент времени, начиная с начального и до текущего.

Описанный способ позволяет использовать пространственные данные, организованные по времени для целей генерализации четырехмерных карт.

Для обоих вариантов генерализации основные принципы схожи, но имеются и некоторые дополнительные параметры, например, скорость изменения характеристик объекта, важность объектов и их взаимная согласованность на отдельном промежутке времени.

Таким образом, данный вариант хранения состояний объектов, можно использовать при создании четырехмерных карт. Следующим шагом исследования будет выявление общих и индивидуальных характеристик при автоматизации различных видов генерализации, в том числе четырехмерной.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лисицкий Д. В. Перспективы развития картографии: от системы «Цифровая Земля» к системе виртуальной геореальности // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 2 (22). – С. 8–16.
2. Лисицкий Д. В., Колесников А. А., Комиссарова Е. В. Концепция создания картографо-информационной системы для мониторинга и управления чрезвычайными ситуациями Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014. X Междунар. науч. конгр., 8–18 апреля 2014 г., Новосибирск : 5-я Международная конференция «Раннее предупреждение и управление в кризисных ситуациях в эпоху "Больших данных"» : сб. материалов. – Новосибирск : СГГА, 2014. – С. 19–25
3. Мультимедийное направление в картографии / Д. В. Лисицкий, А. А. Колесников, Е. В. Комиссарова, П. Ю. Бугаков, В. С. Писарев // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2014. – № 3 – С. 40–44
4. Лисицкий Д. В., Колесников А. А., Комиссарова Е. В. Мультимедийное направление в научно-исследовательской деятельности лаборатории «Геоинформационное картографирование» // Сб. матер. международной научно-методич. конф. В 3 ч. Ч. 1. –Новосибирск: СГГА, 2014. – С. 134–138.
5. Лисицкий Д. В., Хорошилов В. С., Колесников А. А. Анимационная картография – сущность, характеристики и перспективы // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2014. – № 4С. – С. 91–97.
6. Формализация процессов формирования мультимедийных продуктов в инструментальной справочно-аналитической ГИС (ИСА ГИС) / Д. В. Лисицкий, Е. С. Утробина, Е. В. Комиссарова, А. А. Колесников // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2012. – № 3. – С. 93–99.
7. Проектирование интерфейса мультимедийного блока инструментальной справочно-аналитической ГИС / Д. В. Лисицкий, Е. С. Утробина, Е. В. Комиссарова, А. А. Колесников // ГЕО-Сибирь-2011. VII Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2011 г.). – Новосибирск: СГГА, 2011. Т. 1, ч. 1. – С. 205–209.
8. Колесников А. А. Методические основы создания картографических анимаций с применением современных технологий геоинформационного картографирования // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск: СГГА, 2012. Т. 2. – С. 89–92.
9. Хорошилов В. С., Комиссарова Е. В., Колесников А. А. Эффекты анимации в пользовательских интерфейсах с помощью картографии // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2012. – № 2/1. – С. 242–244.

© А. А. Колесников, Е. В. Комиссарова, М. Н. Шарыпова, 2015

## **ФОРМИРОВАНИЕ И РЕДАКТИРОВАНИЕ ТАБЛИЦ ОТБОРА КАРТОГРАФИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ПРИ СОЗДАНИИ ОБЩЕГЕОГРАФИЧЕСКИХ ОСНОВ МАСШТАБА МЕЛЬЧЕ 1 : 200 000**

*Сергей Анатольевич Крылов*

Московский государственный университет геодезии и картографии, 105064, Россия, г. Москва, Гороховский пер., 4, кандидат технических наук, доцент кафедры картографии, тел. (499)267-28-72, e-mail: krylov@cartlab.ru

*Илья Викторович Плотников*

Московский государственный университет геодезии и картографии, 105064, Россия, г. Москва, Гороховский пер., 4, аспирант кафедры картографии, тел. (499)267-28-72, e-mail: iliya1988@list.ru

Рассмотрены проблемы качественного и количественного отбора объектов при создании общегеографических основ. Описаны этапы формирования и редактирования таблиц отбора картографических объектов при создании общегеографических основ масштаба мельче 1 : 200 000.

**Ключевые слова:** отбор картографических объектов, таблицы отбора, ранжирование объектов, цифровая картографическая основа.

## **FORMATION AND EDITING OF SELECTION TABLES OF CARTOGRAPHIC OBJECTS FOR GENERAL GEOGRAPHIC BASEMAPS SCALE 1 : 200 000 AND SMALLER**

*Sergey A. Krylov*

Moscow State University of Geodesy and Cartography, 105064, Russia, Moscow, 4 Gorokhovsky pereulok, docent of Cartography Department, tel. (499)267-28-72, e-mail: krylov@cartlab.ru

*Ilya V. Plotnikov*

Moscow State University of Geodesy and Cartography, 105064, Russia, Moscow, 4 Gorokhovsky pereulok, post-graduate student of Cartography Department, tel. (499)267-28-72, e-mail: iliya1988@list.ru

This paper discusses the problems of qualitative and quantitative selection of objects for creating a general geographic basemaps. The stages of formation and editing of selection tables of cartographic objects for creating a general geographic basemaps scale less than 1:200 000 were described.

**Key words:** selection of cartographic objects, selection tables, objects ranking , digital cartographic basemaps.

Создание цифровых картографических основ общегеографических карт является одной из приоритетных задач системы автоматизации процессов формирования, преобразования и использования картографической базы данных [1], разработка которой ведется в Научно-учебном центре геоинформационного картографирования и на кафедре картографии Московского государственного университета геодезии и картографии. В ходе предыдущих исследований была

разработана технология создания цифровых картографических основ, базирующаяся на использовании картографической базы данных и применения методики автоматизированного отбора [2], подразумевающей учет взаимосвязи густоты картографируемых объектов и масштаба карты. Данная методика решает задачи по количественному и качественному отбору картографируемых объектов (рис.1).

Для реализации количественного аспекта отбора используется математический аппарат, который позволяет определить общее количество населенных пунктов, суммы длин рек и дорог, отображаемых на картах заданного масштаба для выбранной территории. Полученные значения являются «порогами» отбора картографических объектов при создании производных цифровых картографических основ. После определения «порогов» отбора происходит автоматическое ранжирование картографируемых объектов на основе идентификационных кодов и дополнительных параметров. В результате формируются таблицы отбора картографических объектов, в верхней части которой (выше порога отбора) расположены объекты для показа на создаваемой основе (за счет значимости своих характеристик), а в нижней части – объекты, выбранные для удаления.

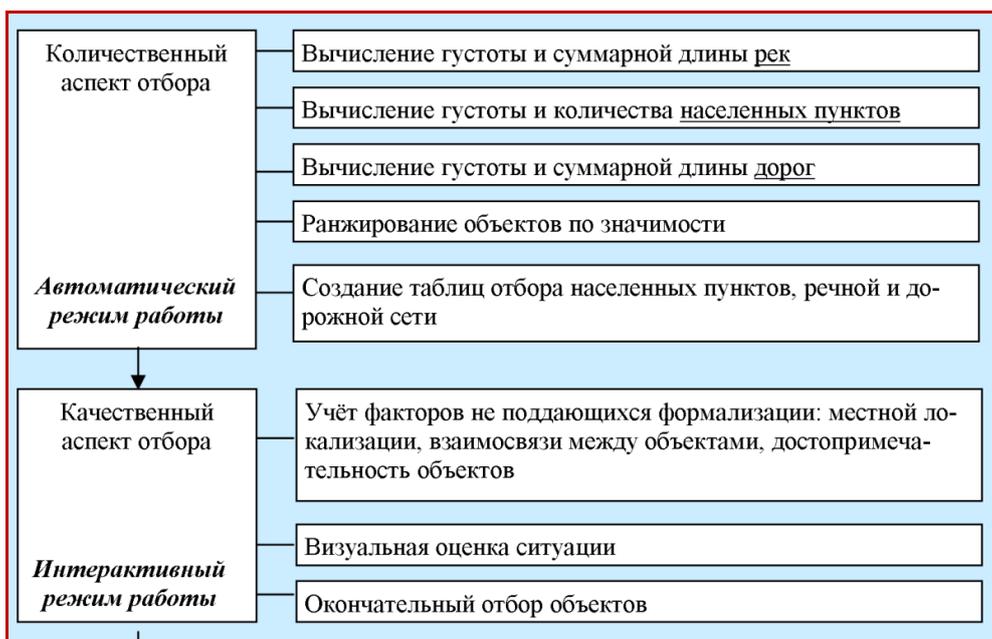


Рис. 1. Количественный и качественный аспект отбора картографических объектов [3]

Значимость объектов, расположенных ниже «порога» отбора, может быть недооценена в результате автоматического ранжирования по тем или иным признакам и параметрам. Это может выражаться в том, что несколько элементов, составляющих один объект, находятся в разных частях таблицы отбора ввиду непостоянности их характеристик. Так, линейные объекты гидрографии, представляющие собой единый водоток на протяжении всей своей длины, мо-

гут быть оцифрованы несколькими объектами в зависимости от их характеристик (например, пересыхающие и постоянные реки). Аналогичная ситуация может сложиться с объектами слоя «Пути сообщения», где при смене покрытия дороги (например, при сохранении единого учетного номера дороги в РФ), происходит деление на несколько объектов. Кроме того, на картах искомые объекты зачастую разделены объектами, находящимися на другом слое. Например, реки могут быть разделены водохранилищами и озерами, а дороги – улицами в населенных пунктах. Причем, чем крупнее масштаб создаваемой карты, тем больше топологических связей между объектами и, следовательно, больше ошибок в таблице отбора.

Таким образом, основной задачей при формировании таблиц отбора является определение взаимосвязанных объектов и помещение их в соответствующую часть таблицы, а также учет объектов других слоев, связанных с ними. Это возможно решить через определение оптимальных правил ранжирования объектов по значимости. В ходе ранее проведенных исследований по автоматизации процессов мелкомасштабного картографирования были установлены и апробированы правила ранжирования рек, населенных пунктов и дорог на основе разработанной системы классификации и кодирования объектов, дополнительных параметров и картометрических характеристик. При создании цифровых картографических основ крупнее масштаба 1:1 000 000 необходимо пересмотреть установленные ранее правила ранжирования с учетом количественных и качественных характеристик, имеющихся в исходных данных. В качестве исходного картографического материала были выбраны цифровые топографические карты масштаба 1:200 000. Использование этого источника обеспечивает создание цифровых картографических основ в масштабном диапазоне 1:200 000 – 1:1 000 000. В ходе экспериментальных работ были определены правила ранжирования объектов на основе семантических характеристик, картометрических показателей и системы кодирования картографической базы данных.

Для выявления значимых объектов, не попавших в верхнюю часть таблицы отбора после автоматического ранжирования, следует применять интерактивный метод отбора, основанный на определении топологических связей и учете густоты картографируемых объектов. Отдельно стоит отметить, что при формировании таблиц отбора объектов общегеографической основы тематических и специальных карт следует учитывать показываемые тематические объекты. Например, при создании автонавигационных карт таблицы отбора должны формироваться с учетом населенных пунктов и дорог, связанных с отображаемыми объектами POI (от англ. Points of interest - точки интереса) [4].

В результате апробирования были разработаны алгоритмы, позволяющие редактировать таблицы отбора в зависимости от взаимного положения объектов, пересечений, положения конечных и начальных точек, а также от установленных значений густоты объектов ввиду особенностей участков территории картографирования и прочих дополнительных параметров.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Иванов А.Г., Крылов С.А., Дворников А.В., Загребин Г.И., Булыгина О.А, Дубровина С.В., Лобков А.В., Плотников И.В. – Разработка и решение проблемы камерального геоинформационного картографирования // Геодезия и Картография. – 2012. – №S12. – С. 127–130
2. Иванов А.Г., Крылов С.А., Дворников А.В., Кудрявцев Л.В., Петров В.С. Разработка методики автоматизированного отбора картографических объектов при создании цифровых картографических основ // Сборник статей по итогам научно-технических конференций: Приложение к журналу Известия вузов «Геодезия и аэрофотосъемка», №6. – вып.2, 2009 С.108-110.
3. Крылов С.А., Дворников А.В., Загребин Г.И. Разработка методики преобразования содержания картографической базы данных. Сборник статей по итогам научно-технических конференций: Приложение к журналу Известия вузов «Геодезия и аэрофотосъемка», №6. – вып.6, 2013, С.57-59
4. Крылов С.А., Дубровина С.В., Плотников И.В. Создание цифровых картографических основ автонавигационных карт // Известия вузов «Геодезия и аэрофотосъемка». – 2014. - №4. – С. 46-51

© С. А. Крылов, И. В. Плотников, 2015

## **СОВРЕМЕННАЯ ИНТЕРАКТИВНАЯ КАРТА ДЛЯ УЧЕБНЫХ ЦЕЛЕЙ И ЕЕ МЕСТО В КЛАССИФИКАЦИИ ЭЛЕКТРОННО-ЦИФРОВЫХ КАРТ**

***Татьяна Сергеевна Молокина***

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, аспирантка кафедры картографии и геоинформатики, тел. (923)785-93-09, e-mail: hakkert@mail.ru

***Алексей Александрович Колесников***

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры картографии и геоинформатики, тел. (913)725-09-28, e-mail: alexeykw@mail.ru

***Елена Владимировна Комиссарова***

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры картографии и геоинформатики, тел. (913)710-85-60, e-mail: komissarova\_e@mail.ru

Статья посвящена современной карте для учебных целей и определено её место в классификации электронно-цифровых карт.

**Ключевые слова:** учебная карта, образовательный процесс, интерактивная, классификация, специализированный вид, картографическое произведение.

## **MODERN INTERACTIVE MAP FOR EDUCATIONAL PURPOSES AND ITS PLACE IN THE CLASSIFICATION OF ELECTRONIC-DIGITAL MAPS**

***Tatyana S. Molokina***

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., graduate student of department of cartography and geoinformatics, tel. (923)785-93-09, e-mail: hakkert@mail.ru

***Alexey A. Kolesnikov***

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., Senior lecturer, Department of Cartography and Geoinformatics, tel. (913)725-09-28, e-mail: alexeykw@mail.ru

***Elena V. Komissarova***

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., Assoc. Prof., Department of Cartography and Geoinformatics, tel. (913)710-85-60, e-mail: komissarova\_e@mail.ru

The article is described modern map for educational purposes and defined its place in the classification of electronic digital maps.

**Key words:** learning map, the educational process, interactive, classification, a specialized kind of maps, cartographic application.

Глобальные перемены в образовании, связанные с присоединением нашей страны к Болонскому процессу, широкое использование компьютерных технологий в учебном процессе требуют новых решений, обеспечивающих глубокое усвоение учащимися большего объема материала за меньшие сроки. При этом необходимо учитывать, что в связи с расширением информационного пространства, происходит изменение форм восприятия учебного материала современными учащимися, в том числе и картографического.

В последние годы создаются и используются многочисленные картографические обучающие сервисы и программы, однако они в большинстве случаев ориентированы на среднюю школу и не соответствуют требованиям высшего образования. В тоже время, образовательный процесс в вузах оказывается наименее обеспеченным картографическими материалами, органически включенными в образовательную систему и отвечающими требованиям современного состояния технических и программных средств, благодаря которым стали возможны сложные интерактивные процессы взаимодействия между пользователями и картографическими произведениями.

Необходимость обеспечения образовательного процесса современными картографическими материалами дает новый импульс в проведении исследований и разработок в области создания и использования учебных картографических произведений.

В работах [1, 2] впервые было сформулировано определение современной карты для учебных целей, где показана её сущность и особенности. Дальнейшая работа в данной научно-практической области на основе выполненного формального анализа и сравнения, позволяет нам уточнить сущность определения нового вида учебной карты.

*Учебная многофункциональная карта (УМК)* – это интерактивная и мультимедийная электронно-цифровая карта по конкретной дисциплине, дающая возможность в автоматизированном режиме создавать, использовать и редактировать тематико-картографические шаблоны, которые сгруппированы по темам дисциплины и видам обучения. *При этом под тематико-картографическим шаблоном* предлагаем понимать картографическое изображение с набором характеристик отображения картографической информации в зависимости от выбранного пользователем режима, которые задаются программой по умолчанию. Процесс редактирования тематико-картографических шаблонов может быть осуществлен всеми пользователями системы, с учетом ограничений в зависимости от типа пользователя, при помощи специальных инструментов и классификатора условных знаков.

В работах [3–7] весьма полно приведены классификации традиционных учебных и электронно-цифровых картографических произведений по основным признакам, однако, в этих работах нет термина «учебной многофункциональной карты» или «интерактивной карты».

Применение средств, позволяющих динамически регулировать содержание карт в зависимости от выбранного режима, при создании учебных картографических произведений дает возможность превращать их в новый вид

картографического произведения, с качественно новыми возможностями, а также позволяет пользователю создавать тематико-картографические шаблоны, соответствующие поставленным целям. К вопросу создания картографических произведений с использованием подобных средств обратились сравнительно недавно, и опыт их создания и использования находятся в стадии развития.

Наряду с традиционными и электронными учебными картографическими произведениями, представляемыми в аналоговой или электронной формах, появился и принципиально новый вид учебных картографических произведений – УМК.

В связи с этим возникает необходимость научного обобщения опыта и внесение в общую классификацию электронно-цифровых картографических произведений УМК.

На основе проведенного анализа существующих классификаций традиционных (печатных) и электронно-цифровых учебных карт по основным признакам, учитывая особенности УМК, автором предложена общая классификация электронно-цифровых карт с добавлением класса, отвечающего основанию по величине экрана, представляющего карту (рис. 1).

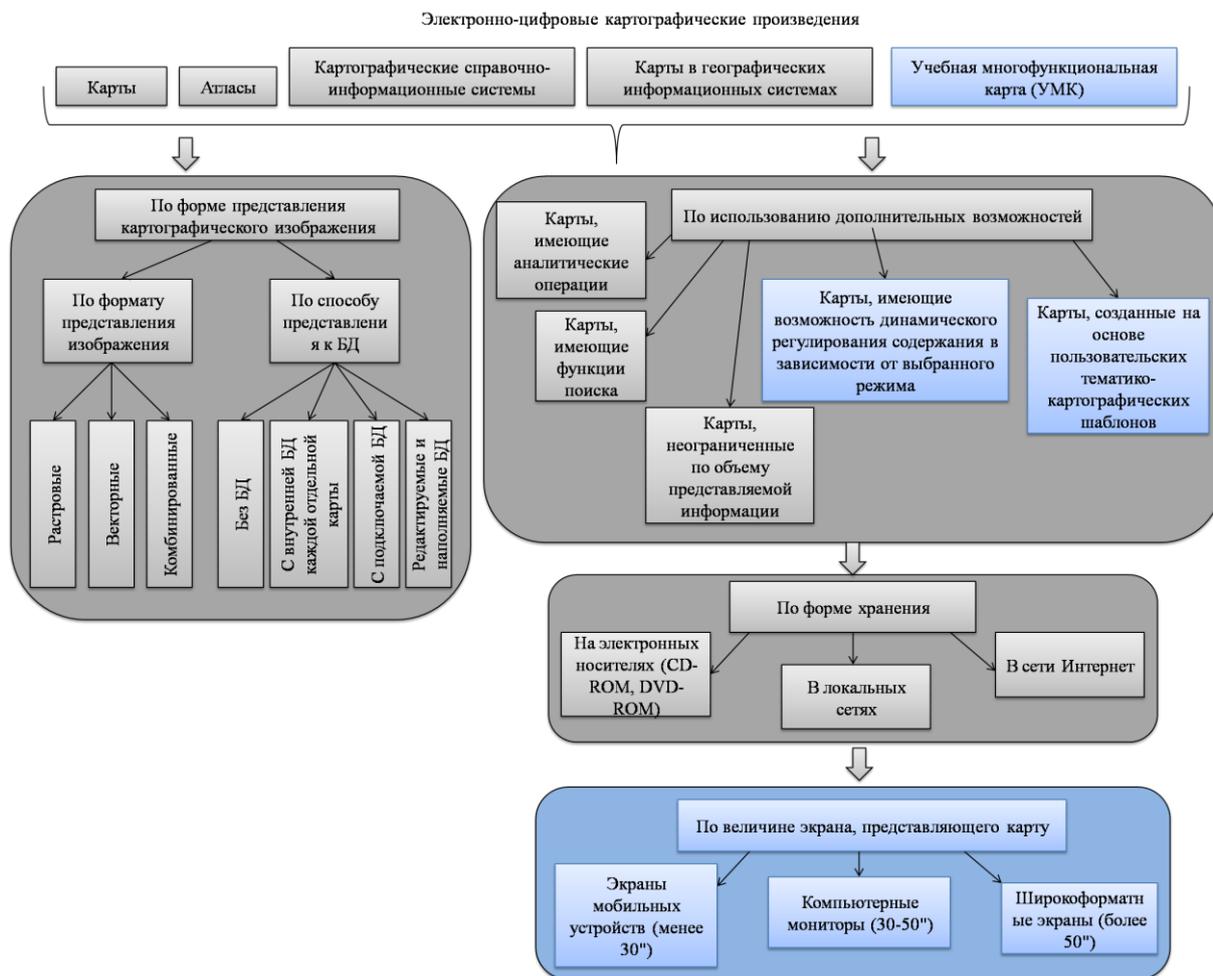


Рис. 1. Место УМК в классификации электронно-цифровых карт

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Молокина Т. С. Многофункциональная учебно-ориентированная карта (МУОК) – новый вид картографического произведения для высшей школы // Геодезия и картография. – 2014. – № 9 – С. 16–20.
2. Многофункциональная учебно-ориентированная карта (МУОК) – новый вид картографического обеспечения обучения в высшей школе / Г. А. Уставич, Т. С. Молокина, А. А. Колесников, Е. В. Комиссарова // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2014. – № 4/1. – С. 78–84.
3. Картоведение: учебник для вузов / А. М. Берлянт, А. В. Востокова, В. И. Кравцова и др.; под ред. А. М. Берлянта. – М.: Аспект Пресс, 2003. – 477 с.
4. Билич Ю. С., Васмут А. С. Проектирование и составление карт: учебник для вузов. – М.: Недра, 1984. – 364 с.
5. Салищев К. А. Картография: учебник. – М.: МГУ, 1982. – 198 с.
6. Лисицкий Д. В., Комиссарова Е. В., Писарев В. С. Общая классификация электронных картографических произведений // Геоинформационное картографирование сбалансированного территориального развития: материалы VIII науч. конф. по темат. картографии. – Иркутск: Ин-т географии им. В. Б. Сочавы, 2006. – Т. 1. – С. 32–34.
7. Комиссарова Е. В. Географические мультимедийные атласы и их классификация // Тр. междунар. научно-техн. конф. «Соврем. проблемы геодезии и оптики». – Новосибирск: СГГА, 2003. – С. 102–103.
8. Лисицкий Д. В. Перспективы развития картографии: от системы «Цифровая земля» к системе виртуальной геореальности // Вестник СГГА. – Новосибирск, 2013. – Вып. 2 (22). – С. 8–16.

© Т. С. Молокина, А. А. Колесников, Е. В. Комиссарова, 2015

## СТАНДАРТИЗАЦИЯ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ НАЗВАНИЙ ДЛЯ СОСТАВЛЕНИЯ КАРТ ВО ВЬЕТНАМЕ

*Нгуен Ань Тай*

Архитектурный университет, Вьетнам, г. Хошимин, 196 ул. Пастер, район 3, преподаватель; Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, аспирант, тел. +084 0978643020, e-mail: natai1969@yahoo.com

До 2007 во Вьетнаме не существовало списка зарубежных географических названий для составления карт. Каждая картографическая компания, каждый картограф переводил и показывал на карте разные варианты для одного названия, что зависело от источников-материалов (картографические или литературные). Для решения этой проблемы в составлении и использовании карт в 2007 Министр Природных Ресурсов и Охраны Окружающей Среды утвердил список зарубежных географических названий для составления карт и в 2011 дал стандартизация географических названий для составления карт во Вьетнаме. В этой статье рассматриваются общие требования стандартизации зарубежных географических названий для составления карт и особенно передачи русских названий на вьетнамском языке.

**Ключевые слова:** зарубежные географические названия, составление карт, стандартизация географического названия, Вьетнам.

## STANDARDIZATION OF GEOGRAPHICAL NAMES FOR MAPPING IN VIETNAM

*Nguyen Anh Tai*

University of Architecture Ho Chi Minh City, Vietnam, 196, Pasteur St., district 3, lecturer; Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., postgraduate student, tel. +084 0978643020, e-mail: natai1969@yahoo.com

Until 2007 in Vietnam there is no list of foreign geographical names for mapping. Each mapping company, each cartographer translates and displays on the map the different options for the same title, it depends on the source materials (cartographic or fictional). To address this difficulty in drawing up and using cards in 2007, Minister of Natural Resources and Environmental Protection has given a list of foreign geographical names for mapping and in 2011 stood out standardization of geographical names for mapping in Vietnam.

**Key words:** foreign geographical names for mapping, standardization of geographical names for mapping in Vietnam.

До 2007 во Вьетнаме не существовало списка зарубежных географических названий для составления карт. Каждая картографическая компания, каждый картограф переводил и показывал на карте разные варианты для одного названия, что зависело от источников-материалов (картографические или литературные). Например, на рис. 1 показаны 2 карты с разными названиями: UKRAINE и Ucraina, BULGARIA и Bungari, ROMANIA и Rumanii.

Для решения этой проблемы в составлении и использовании карт в 2007 Министр Природных Ресурсов и Охраны Окружающей Среды утвердил список

зарубежных географических названий для составления карт, а в 2011 ввел стандартизацию географических названий для составления карт во Вьетнаме.



Рис. 1. Две карты с разными названиями

В настоящей статье рассматриваются общие требования стандартизации зарубежных географических названий для составления карт и особенно передачи русских названий к отображению на вьетнамских картах.

### 1. Общие требования стандартизации

Зарубежные географические названия - это географические названия объектов вне территории Вьетнама. Местные названия - названия или их звучания на государственном языке страны, где расположен данный объект.

Стандартизация географических названий - процесс проверки, нахождения точного положения, правил передачи фонетической, семантической и письменной формы названий по вьетнамски. При этом в качестве координат географических названий принимаются координаты самих географических объектов [2].

Существует несколько форм передачи на картах иноязычных названий:

- местная официальная форма – написание наименования на государственном языке страны, где расположен данный объект; сохраняет подлинное официальное написание географического объекта;

- фонетическая форма воспроизводит звучание (произношение) наименования, передаваемое буквами алфавита вьетнамского языка;

- транслитерация – побуквенный переход от зарубежного алфавита к вьетнамскому без учета действительного произношения наименования [3];

- традиционная форма – написание иностранного географического названия в форме, отличающейся от оригинала, но давно укоренившейся в разговорном и литературном вьетнамском языке (например, на вьетнамских картах имеется надпись «Восточное море», а не «Юго-китайское море»);

- переводная форма – передача названия с одного языка на другой по смыслу. Это касается объектов, для которых установилась международная традиция, например «Biển Đen» (Чёрное море), «Biển Đỏ» (Красное море).

При стандартизации географических названий должна сохраняться этническая, систематическая, популярная, наследованная, международная интегративная характеристика, по правилам географических названий, по требованиям надписей географических названий на карте, по ориентированиям UNGEGN (United Nations Group of Experts on Geographic Names - Группа экспертов Организации Объединенных Наций по географическим названиям). При передаче зарубежных названий необходимо уважать убеждения и религиозные чувства данной нации.

Каждый географический объект должен иметь единственный код в базе данных зарубежных названий:

- код континента: Азия-1; Европа-2; Австралия и Океания-3; Африка-4; Америка-5, Антарктида-6,
- код страны: 2 английских буквы по международному стандарту ISO 3166-1;
- код административного деления: по каждой стране индивидуально;
- код класса объектов: 1 вьетнамская буква;
- код вида объектов: 2 вьетнамских буквы;
- нумерация названий: 3 арабских цифры.

## 2. Передача русских названий к вьетнамским названиям

В списке географических названий по решению 2007 года Министра Природных Ресурсов и Охраны Окружающей Среды имеются 397 русских названий населенных пунктов, 84 русского названия гидрографической сети, 40 русских названий рельефа.[1].

Правила передачи русских названий к вьетнамским, введенные Вьетнамской стандартизацией географического названия для составления карт в 2011г. приведены в следующей табл. (символами Ру обозначены согласные буквы).

Таблица

Русские буквы		Латинские буквы	Вьетнамские буквы	Например	
Буквы	Место в названии			Русские названия	Вьетнамские названия
А		a	A	Алтай	Antai
Б	б-	b	b	Болородицк	Bôlôrôđixcơ
	-б-		p	Абхазский хребет	Dãy núi Apkhadia
В	в-	v	v	Волга	Vônga
	-в-		p	Ивня	Ipnhia
Г	г-	g	g	Гагино	Gaghinô
	-г		gơ	Альтенбург	Antenburgo
Д	д-	d	đ	Дон	Đôn
	-д		t	Волгоград	Vôngagrát
Е	е-	je	e	Екимовичи	Ekimôvitri
	-е-			Клетня	Kletnhia
Ё	ё	jo	Iô	Оленёк	Ôlenhiêc
Ж	ж-	z	gi	Жохова	Giôkhôva

	-ж		sɔ	Фатеж	Phachesɔ
	ж + Ру		giɔ	Рождествено	Rôgiɔdextovenô
З	з-	z	d	Заветы Ильича	Davetu Ilitra
	-з-		dɔ	Издешково	Idɔdescôvô
И	и	i	i	Сибирь	Xibiri
Й	-й	j		Шальский	Sanxki
	-й-		ây	Кирейково	Kirâycôvô
К	к + и, е, ё	k	k	Кета	Keta
	к + у, о, а		c	Скопин	Xcôpin
			ch	Курск	Curoxco
	-к			Омельник	Ômennhich
	- Ру + к		cɔ	Курск	Curoxco
Л	л-	l	l	Леваши	Levasi
	-л		n	Холмы	Khônmu
	-л			Андреаполь	Andréarôn
М	м	m	m	Молома	Môlôma
	м + 2 Ру		mɔ	Мндоянц	Mônɔđianxɔ
				Мстислав	Mɔxtixlap
Н	н	n	n	Нева	Nêva
О	о		ô	Волга	Vônga
П	п + 2 Ру	p	p	Пермь, Апия	Peromi, Apia
			pɔ	Псков	Pɔxçɔp
Р	р-	r	r	Ростов	Rôxtôp
	-р		rɔ	Днепр	Đonheprɔ
С	с-	s	x	Саратов	Xaratôp
	-с		xɔ	Богомолес	Bôgômôlexɔ
	с + 2 Ру			Скрамтаев	Xɔscramtaep
Т	т-	t	t	Тагил	Taghin
	т + 2 Ру			Трёмина	Tɔriômina
			tɔ	Тхаб	Tɔkhap
У	у	u	u	Унеча	Unhetra
Ф	ф-	f	ph	Фокино	Phôkinô
	-ф		p	Ефремов	Epremôp
Х	х-	h	kh	Хабаровск	Khabarôpxco
	-х		khɔ	Бахта	Bakhɔta
Ц	ц-	c	x	Цуриб	Xurip
	-ц		xɔ	Княнц	Cnuianxɔ
Ч	ч-		tr	Челябинск	Treliabinxco
	ч + 2 Ру		s	Чмшкян	Smoskian
	-ч		trɔ	Бонч	Bôntrɔ
Ш	ш-; ш + Ру	s	s	Шамары	Samaru
	-ш		sɔ	Ёапаш	Capasɔ
Щ		s, c	s	Щелково	Sencôvô
Ы		y	u	Сылва	Xunva
Э		e	e	Эрзин	Erodin
			e	Эльток	Entôc
Ю		ju	iu	Юдома	Iudôma
Я		ja	ia	Явас	Iavaxɔ
Ь	- Ру + ь	i	i	Обь, Сибирь	Ôbi, Xibiri

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Список зарубежных названий отображающих на карте, 24/2007/QĐ-VTNMT, Вьетнам, Министра Природных Ресурсов и Охраны Окружающей Среды, 2007.
2. Вьетнамская стандартизация географического названия для составления карт, 23/2011/ТТ-VTNMT, Вьетнам, Министр Природных Ресурсов и Охраны Окружающей Среды, 2011.
3. Картавцева, Е.Н. Картография [Текст]: учеб. пособие / Е.Н. Картавцева. – Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2010. – 158 с

© *Нгуен Ань Тай*, 2015

## **ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ТУРИСТИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ ТЕРРИТОРИИ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ**

***Борис Николаевич Олзоев***

Национальный исследовательский Иркутский государственный технический университет, 664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, технический руководитель научно-исследовательской лаборатории Центра космических технологий и услуг, доцент кафедры маркшейдерского дела и геодезии, тел. (395-2)40-51-02, e-mail: bnozoev@yandex.ru

***Надежда Валентиновна Котельникова***

Национальный исследовательский Иркутский государственный технический университет, 664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, доцент кафедры маркшейдерского дела и геодезии, тел. (395-2)40-51-02, e-mail: irkplast@mail.ru

В статье представлены результаты геоинформационного картографирования обеспеченности туристическими объектами муниципальных районов Иркутской области. По составленным картам обеспеченности туристическими объектами сделан вывод об обоснованном выборе территорий районов для развития туристического кластера.

**Ключевые слова:** геоинформационное картографирование, обеспеченность туристическими объектами, туристический кластер.

## **GIS MAPPING PROVISION TOURIST OBJECTS IN THE IRKUTSK REGION**

***Boris N. Olzoev***

National research Irkutsk state technical university, 664074, Russia, 83, Irkutsk, Lermontov St., deputy director of the Center of space technologies and services, associate professor of department of mine surveying and geodesy, tel. (395-2)40-51-02, e-mail: bnozoev@yandex.ru

***Nadegda V. Kotelnikova***

National research Irkutsk state technical university, 664074, Russia, 83, Irkutsk, Lermontov St., associate professor of department of mine surveying and geodesy, tel. (395-2)40-51-02, e-mail: irkplast@mail.ru

The article presents the results of geoinformation mapping provision tourism objects the municipal districts of the Irkutsk region. Mapping provision tourism objects concluded that justify the choice of areas for the development of tourist areas of the cluster.

**Key words:** GIS mapping, provision of tourist facilities, tourist cluster.

В настоящее время в Иркутской области зарождается туристический кластер «Байкальское кольцо», который будет располагаться в Слюдянском районе на побережье оз. Байкал (г. Соболиная) [3]. Ранее был другой проект создания особой экономической зоны туристско-рекреационного типа «Байкальские ворота», который в силу неопределенных рекреационных условий уступает

настоящему месту размещения туристического кластера [4]. Учитывая большую территорию области и непосредственное соседство с оз. Байкал, у Иркутской области есть потенциальные рекреационные ресурсы. Таким образом, возникла необходимость геоинформационного картографирования существующего состояния туристической инфраструктуры.

В основу картографических исследований легли созданные геоинформационные базы данных по туристическим объектам, составленные по данным Росстата. Расчет показателя обеспеченности туристическими объектами муниципальных районов Иркутской области на душу населения, кол./чел. выполнялся по формуле:

$$O_i = \frac{C_i \cdot 10000}{N_i} \quad (i=1,2,\dots, n),$$

где  $O_i$  – показатель обеспеченности туристическими объектами;  
 $C_i$  – количество туристических объектов в  $i$ -ом районе;  
 $N_i$  – численность населения в чел.

Далее способом картограммы была составлена карта обеспеченности туристическими объектами (рис. 1).

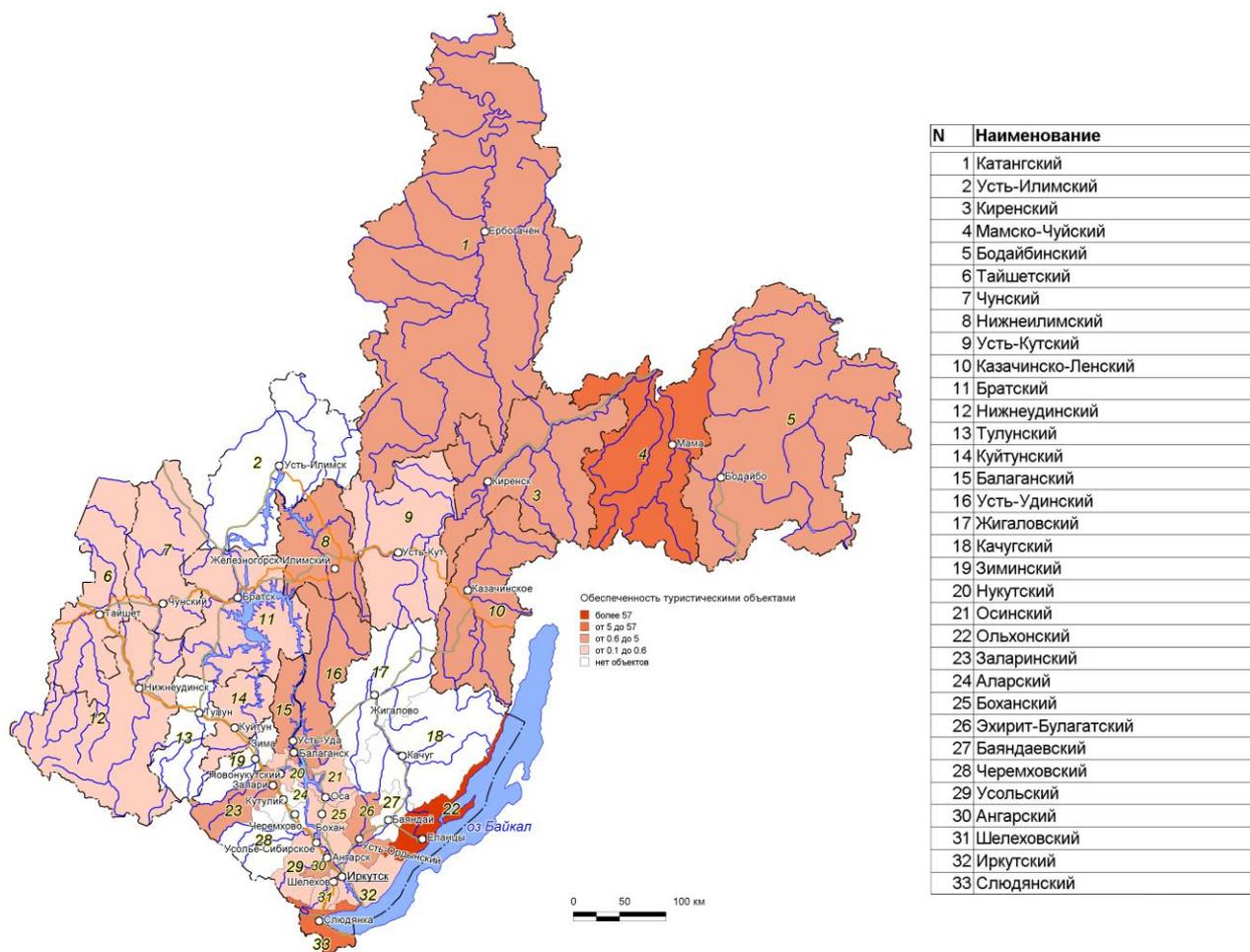


Рис. 1. Карта обеспеченности туристическими объектами муниципальных районов Иркутской области на душу населения, кол./чел.

По карте были выявлены районы с высоким, средним, низким, незначительным значением показателя обеспеченности туристическими объектами на душу населения. Ольхонский район обладает высоким значением показателя обеспеченности (57,0), далее со значительным отставанием размещаются Слюдянский (5,4) и Мамско-Чуйский (5,0) районы. Северные и северо-западные районы имеют малую численность населения, что влияет на показатель обеспеченности.

На рис. 2 приведена карта показателя обеспеченности с учетом площадей районов.

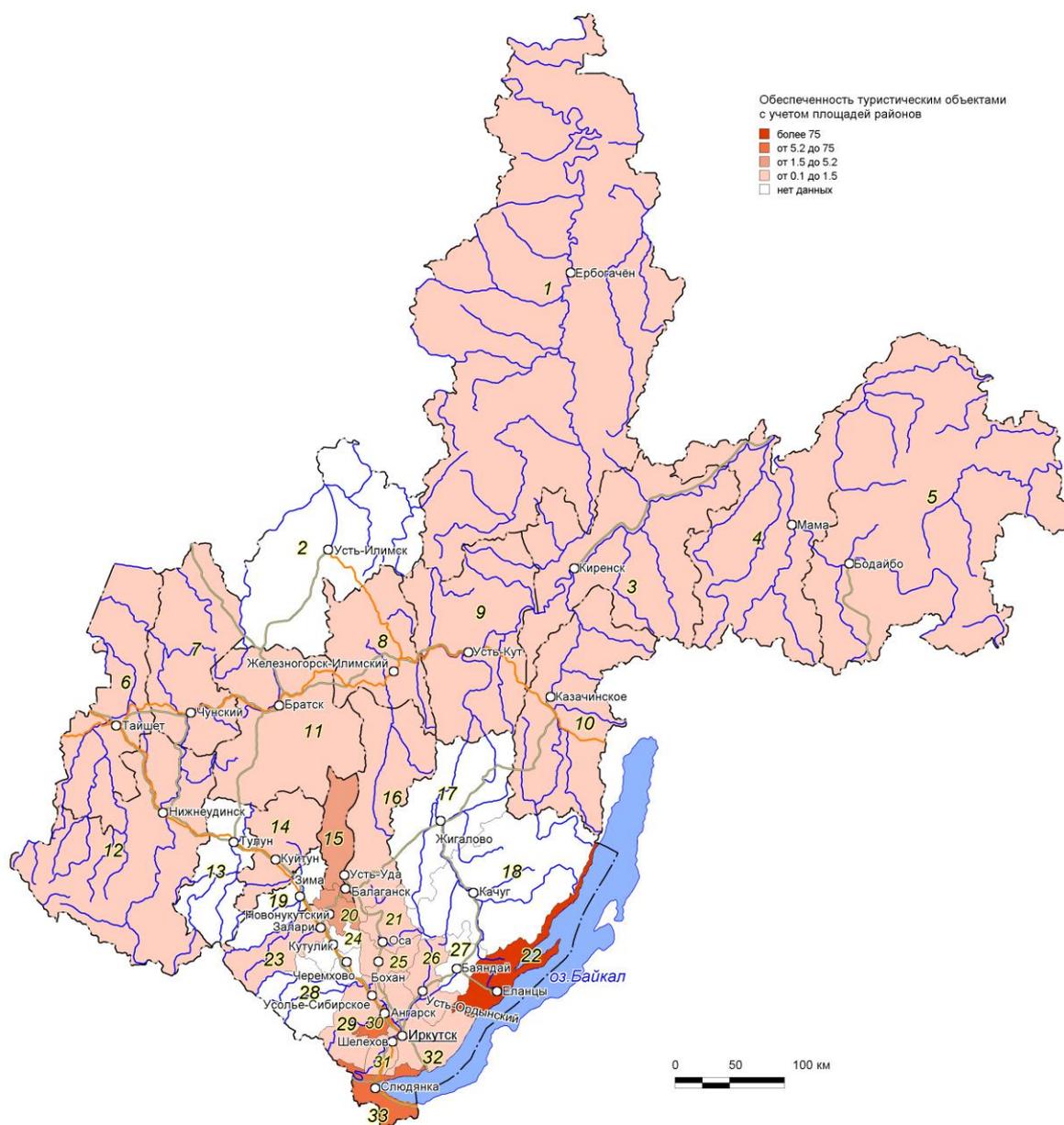


Рис. 2. Карта обеспеченности туристическими объектами муниципальных районов Иркутской области на душу населения с учетом площадей, кол /чел. \*кв.км

Показатель обеспеченности туристическими объектами на душу населения был пересчитан в показатель обеспеченности с учетом площадей районов, в результате чего изменилась картина, приближенная к реальной ситуации:

$$O'_i = \frac{O_i \cdot 10000}{S_i} \quad (i=1,2,\dots, n),$$

где  $O'_i$  – показатель обеспеченности туристическими объектами с учетом площадей районов;

$S_i$  – площадь  $i$ -го района в кв. км.

Анализируя составленную карту, также к району с высоким показателем обеспеченности относится Ольхонский район (75,6), далее со средними значениями 12,7 и 5,2 размещаются Слюдянский и Ангарский районы. Иркутский район не попадает в лидеры в связи с большой численностью населения и средней площади.

Составленные карты являются основой для принятия обоснованных решений в создании туристических центров в Иркутской области, но стоит понимать, что есть особые режимы использования территорий: особо охраняемые природные территории, экологические условия хозяйственной деятельности. Качественно новый уровень картографирования заключается в создании серии экологических карт туристско-рекреационного типа [5].

Следующий этап ГИС-анализа территориальных ресурсов позволяет получить экологическую модель карты, что необходимо оценить экологические риски и ландшафтные условия [1,2]. Такими модельными территориями могут выступить Ольхонский и Слюдянский районы, которые расположены на оз. Байкал и вблизи главных автодорог.

Таким образом, геоинформационное картографирование рекреационно-туристических ресурсов является одной из приоритетных задач в развитии туристического кластера Иркутской области, основным шагом которого создание современной многофункциональной туристической инфраструктуры.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Батуев Д. А., Гагин В. Е., Олзоев Б. Н., Батуев А. Р. Картографический анализ и отображение региональных ресурсов развития / Вестник ИрГТУ. 2010. № 1. С. 138-144.
2. Гагин В.Е., Олзоев Б.Н. ГИС-анализ состояния культурного наследия муниципального образования (на примере Хоринского района Республики Бурятия) // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск: СГГА, 2012. Т. 2. – С. 137–143.
3. Дополнительное соглашение от 7 февраля 2013 г. к Соглашению о создании особо экономических зон туристско-рекреационного типа.
4. Инвестиционный портал Иркутской области. Режим доступа [<http://invest.irkobl.ru/OEZ-Vorota-Bajkala>].
5. Пластинин Л.А., Котельникова Н.В., Олзоев Б.Н. Серия учебных электронных эколого-географических карт Республики Бурятия – комплексная оценка природы, хозяйства и населения // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч.

конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск: СГГА, 2012. Т. 2. – С. 14–18.

© Б. Н. Олзоев, Н. В. Котельникова, 2015

УДК: 528.93, 528.946

## **ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ НА ТЕРРИТОРИИ ВЬЕТНАМА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ ДЗЗ**

*Леонид Александрович Пластинин*

Иркутский Национальный исследовательский технический университет, 664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, доктор технических наук, профессор кафедры маркшейдерского дела и геодезии, тел. (914)881-18-08, e-mail: irkplast@mail.ru

*Хоанг Зьонг Хуан*

Иркутский Национальный исследовательский технический университет, 664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, аспирант кафедры маркшейдерского дела и геодезии, тел. (924)700-57-73, e-mail: duonghuan209@gmail.com

В статье представлена методика комплексного геоинформационного картографирования сельскохозяйственных угодий на территорию Вьетнама. На ее основе могут решаться актуальные вопросы и проблемы сельского хозяйства страны в современное время: выполняться классификация видов сельскохозяйственных угодий, проводиться прогноз урожайности, осуществляться управление сельскохозяйственными работами и использованием продукции сельского хозяйства. Она также может быть использована для создания подобных карт на другие районы Вьетнама и соседние страны Южной Азии.

**Ключевые слова:** Вьетнам, геоинформационное картографирование, сельское хозяйство, дистанционное зондирование Земли.

## **GEOINFORMATION MAPPING OF AGRICULTURAL CROPS IN TERRITORY OF VIETNAM USING REMOTE SENSING DATA**

*Leonid A. Plastinin*

Irkutsk National research technical university, 664074, Irkutsk, Russia, 83 Lermontov St., Director, Center for Space Technology and Services, Doctor of technical sciences, professor of the Department of Mine survey and Geodesy, tel. (914)881-18-08, e-mail: irkplast@mail.ru

*Hoang Duong Huan*

Irkutsk National research technical university, 664074, Irkutsk, Russia, 83 Lermontov St., post-graduate student of the Department of Mine survey and Geodesy, tel. (924)700-57-73, e-mail: duonghuan209@gmail.com

Article submission technique of complex geoinformation mapping of agricultural crops in territory of Vietnam. It can solve the current issues of the country's agriculture in present times: classification of agricultural crops, the forecast yields, farm management and use of agricultural products. And also it can be used as a method to create such maps for other areas of Vietnam and neighboring countries in South Asia.

**Key words:** Vietnam, GIS mapping, agriculture, remote sensing of the Earth.

Вьетнам является индустриально-аграрной страной, в которой до сих пор сельское хозяйство играет ведущую роль в экономике страны. Особые природные условия интенсивно используются современными технологиями развития сельского хозяйства, в т. ч. современной картографией, ГИС и ДЗЗ из космоса. При этом создаются карты возраста риса, его урожайности [3], осуществляется картографирование сельскохозяйственных культур [4], выполняется мониторинг развития риса и прогноз производительности его урожая [5], разрабатывается сезонный мониторинг развития рисовых посевов [6], создается карта рисовых полей [7] и др. В то же время до сих пор в стране не разработана методика комплексного геоинформационного картографирования сельскохозяйственных угодий. В связи с этим, разработка методики и содержания комплексного геоинформационного картографирования сельскохозяйственных угодий становится актуальной современной научно-технической проблемой страны.

Для реализации этой задачи в качестве исходных данных используются цифровые космические снимки Landsat 8, топографическая карта на исследуемую территорию и дополнительная отраслевая информация.

Объектом исследования выбран район Шокшон в окрестностях города Ханой, где большинство жителей занимается сельским хозяйством. Район расположен на севере города Ханой и определяется географическими координатами  $21^{\circ}15'27''$  северной широты,  $105^{\circ}50'55''$  восточной долготы с площадью  $306.5 \text{ км}^2$  (рис. 1).

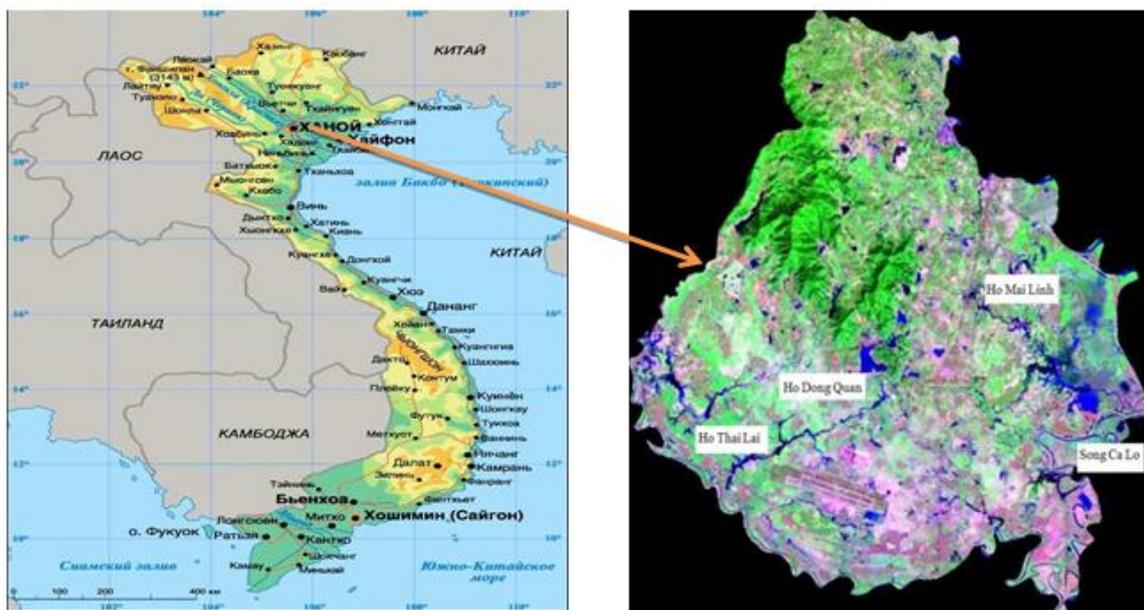


Рис. 1. Географическое положение и цифровой снимок исследуемой территории (в синтезе RGB 7:4:2)

Методика картографирования сельскохозяйственных культур включает 4 этапа:

- полевое обследование
- дешифрирование сельскохозяйственных угодий на космических снимках;
- векторизация результатов классификации;
- создание и оформление карты.

При обработке цифровых космических снимков Landsat выбирается программное обеспечение ENVI - один из наиболее эффективных и доступных программных продуктов, обеспечивающих полный цикл обработки данных дистанционного зондирования Земли, а также их интеграции с данными геоинформационных систем (ГИС) [2].

Технологическая схема выполнения обработки космических снимков для целей комплексного геоинформационного картографирования сельскохозяйственных угодий по ENVI представлена на рис. 2.

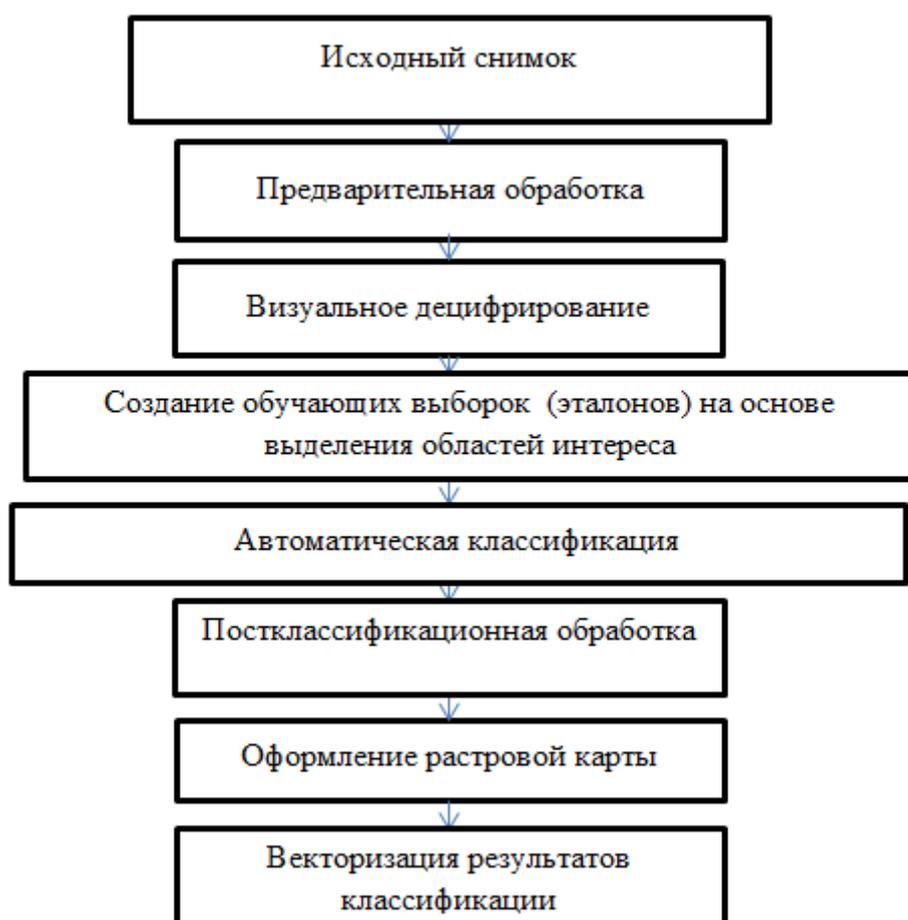


Рис. 2. Технологическая схема выполнения обработки космических снимков

Результат создания растровой карты сельскохозяйственных угодий представлен на рис. 3.

Результат создания растровой карты экспортируется в векторные слои, чтобы применять ее в среде ГИС. При этом выбирается проекция VN – 2000 и

эллипсоид WGS – 84 (World Geodesic System 1984). Для реализации такой задачи использовано программное обеспечение ГИС Mapinfo Professional - географическая информационная система (ГИС), предназначенная для сбора, хранения, отображения, редактирования и анализа пространственных данных, одна из самых популярных ГИС в мире [1].

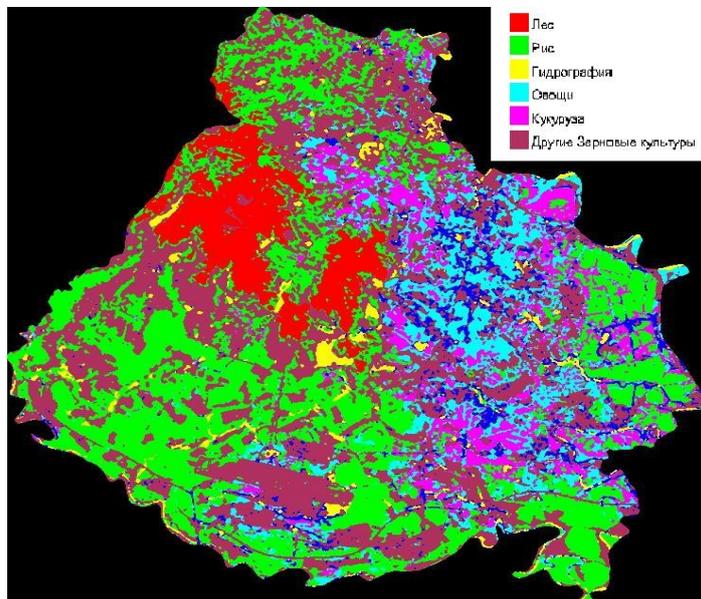


Рис. 3. Растровая карта сельскохозяйственных угодий на территорию Шокшона, г. Ханой

На карте сельскохозяйственных угодий отображаются основные сельскохозяйственные культуры исследуемой территории различными цветами, кроме этого показываются основные природные и социальные комплексы – сеть дорог, рельеф, гидрографическая сеть и растительность (рис. 4).

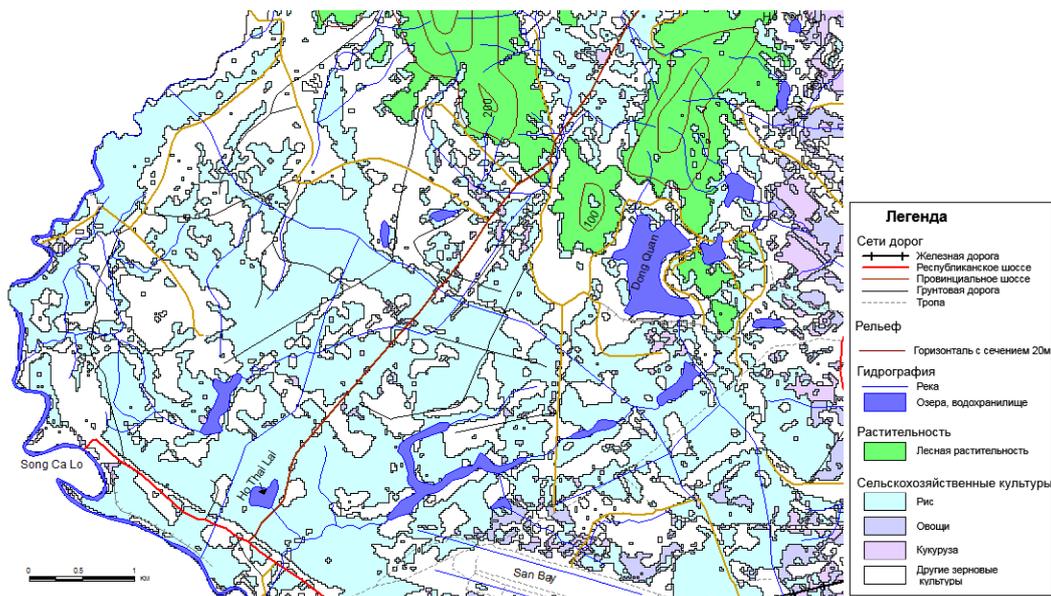


Рис. 4. Фрагмент карты сельскохозяйственных угодий масштаба 1: 50 000  
(уменьшенная копия)

Карта сельскохозяйственных угодий может быть полезна для проведения многолетнего и сезонного мониторинга состояния посевов сельскохозяйственных культур, для планирования сельскохозяйственных работ и прогнозирования урожайности. В целом использование карты сельскохозяйственных угодий повышает количество и улучшает качество продукции сельского хозяйства страны.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГИС Mapinfo Professional// Официальный сайт ESTI MAP: [Доступ: <http://www.esti-map.ru>]
2. Программный комплекс ENVI// Учебное пособие. Компания «Совзонд», М. 2007. 265с.
3. Ступин В. П., Хоанг Зыонг Хуан, Чинь Ле Хунг. Мониторинг и картографирование возрастных категорий рисовых посевов на основе данных многозональной съемки Landsat 7 ETM+// Вестник ИрГТУ, 2014. №4. – С.85-90
4. Хоанг Зыонг Хуан. Картографирование сельскохозяйственных культур по космическим снимкам среднего разрешения// Материалы VII Сибирской научно-практической конференции «Молодых ученых по наукам о Земле». Новосибирск, 2014 г. – С. 438-439.
5. Duong Van Kham. Nghien cuu ung dung cong nghe vien tham va GIS phuc vu giam sat trang thai sinh truong, phat trien va du bao nang suat lua o Dong bang song Hong// De tai nghien cuu khoa hoc cap bo. Ha Noi. – 2014. – 120tr.
6. Lam Dao Nguyen. Rice crop monitoring by using remote sensing data// Journal of Science of the Earth. Viet Nam. № 7. – 2014. – P. 286-293
7. Lam Dao Nguyen. Rice crop mapping in the Mekong River Delta using TerraSAR-X radar remote sensing data/ Lam Dao Nguyen, Hoang Thi Phung// Journal of Science of the Earth. Viet Nam. № 6. – 2014. – P. 185-191

© Л. А. Пластинин, Хоанг Зыонг Хуан, 2015

УДК 528.2:528.4

## **ОБНОВЛЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ ПРИ ГЕОИНФОРМАЦИОННОМ КАРТОГРАФИРОВАНИИ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА**

*Людмила Константиновна Радченко*

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры картографии и геоинформатики, тел. (383)361-06-35, e-mail: kaf.kartography@ssga.ru

*Александр Валентинович Шнайдер*

НГДУ «Нижнесортымскнефть», 628447, Россия, ХМАО-Югра, Сургутский район, п. Нижнесортымский, ул. Энтузиастов, 12, инженер-технолог I категории, тел. (346)387-21-91, e-mail: russian0@yandex.ru

Статья посвящена вопросу обновления пространственных данных при геоинформационном картографировании нефтегазового комплекса. Пространственные данные обновляются с помощью различных методик, данная статья раскрывает особенности обновления информации с помощью банка геопривязанных растровых данных.

**Ключевые слова:** обновление пространственных данных, ГИС нефтегазового комплекса.

## **RECOVERY OF SPATIAL DATA AT GEOINFORMATION MAPPING OF OIL AND GAS COMPLEX**

*Ljudmila K. Radchenko*

Siberian state university of geosystems and technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, street of Плеханова, 10, candidate of engineering sciences, senior teacher of department to the cartography and геоинформатики, tel. (383) 361-06-35, e-mail: kaf.kartography@ssga.ru

*Alexander V. Shnaider*

NGDU «Nizhnesortymskneft», 628447, Russia, Khanty-Mansi Autonomous Okrug-Yugra, Surgut area, Nizhnesortymsky, 12 Entuziastov St., engineer-technologist I categories, tel. (346)387-21-91, e-mail: russian0@yandex.ru

The article is sanctified to the question of recovery of spatial data at the geoinformation mapping of oil and gas complex. Spatial data renovate by means of different methodologies, this article exposes the features of updating of information by means of bank of the geotied raster data.

**Key words:** updating of spatial, GIS oil and gas industry.

Направление геоинформационного картографирования крепко укоренилось почти во всех областях науки и техники, нет ни одной крупной отрасли производства, которая не имела бы собственную ГИС. Одним из примеров является нефтегазовая отрасль. Использование геоинформационных систем в отраслях, сочетающих большую концентрацию технических средств, с большой

протяженностью коммуникационных связей стало безусловным стандартом. Нефтегазовый комплекс стал одним из первых, кто развернул и внедрил компонент ГИС в своих информационных системах.

Сегодня нефтегазовая отрасль - это современный процесс добычи нефти и газа, который имеет тенденции к усложнению условий работы, к расширению спектра используемых способов, типов оборудования, к увеличению строгости экологических и технологических требований, к удлинению логистических связей. Истощение используемых месторождений приводит к усложнению и удорожанию их эксплуатации, увеличению потребления энергии, уменьшению содержания нефти в дебитовой жидкости, а также к разработке новых месторождений, находящихся в более труднодоступных местах и имеющие более суровые природные условия. Все эти обстоятельства предъявляют повышенные требования к информационному обеспечению технологических процессов добычи, первичной обработки и транспортировки углеводородов. Информационная составляющая приобретает все более важную роль в этом процессе, поскольку играет роль связующего и координирующего агента в нефтегазодобывающей системе.

В своей повседневной работе проектные, изыскательские, эксплуатирующие и другие организации нередко сталкиваются с проблемой разрозненности данных по различным объектам. Данные могут дублироваться в разных подразделениях, некоторая информация, которая должна быть общедоступной, таковой не является. Ряд бюрократических ограничений мешает получить оперативный доступ к необходимым данным. Временами это создает довольно значительные преграды продуктивной деятельности предприятия.

Для приведения разрозненных пространственных данных в единую структурную систему существует несколько отработанных способов обновления этих данных. К таким способам относятся различные виды топографо-геодезических съемок, мониторинга объектов, а также существует отработанная методика обновления данных с помощью банка геопривязанных растровых данных [1, 2]. Под банком геопривязанных растровых данных понимается система фотографических снимков, координатно привязанных.

В 2006 году руководство нефтегазодобывающего управления «Нижнесортымскнефть» ОАО «Сургутнефтегаз» поставило перед информационной группой маркшейдерской службы задачу регулярно производить облеты производственных объектов управления и фотографировать их. Фотографии необходимо было привязать к карте для облегчения их поиска. Речь не идет о фотограмметрической съемке. Это обычная фотографическая съемка. Задача была выполнена силами специалистов информационной группы маркшейдерской службы нефтегазодобывающего управления. Фотографии хранятся в СУБД Oracle, являющейся основным форматом и средством хранения и управления корпоративной БД ГИС и других информационных систем акционерного общества. Был разработан программный комплекс Geofoto, взявший на себя процессы распознавания фотоматериалов, их привязку и описание. В том числе были разработаны клиентские модули для работы с базой снимков. Они работают из

принятых в АО «Сургутнефтегаз» стандартными настольных ГИС Intergraph Geomedia Professional и Mapinfo. Также производственным управлением «СургутАСУнефть» разработан апплет, встроивший часть функциональности Geofoto в стандартное корпоративное веб-приложение «Карта района деятельности».

Каждый месяц специалисты управления с помощью ГИС просматривают более 8 000 фотографий производственных объектов. Таких как дожимные насосные станции, кустовые насосные станции, поселки, кусты скважин, площадок разведочных скважин, подстанций, узлов переключения, мостов, надземных переходов трубопроводов, перекрёстков дорог, одиночных задвижек и других объектов.

Фотографии используются многими цехами, отделами, участками и службами в их производственной деятельности. Структурные единицы управления обращаются к фотографической базе в следующих случаях:

- для нужд планирования, отчетности, проверки наличия и состояния тех или иных объектов;
- для обоснования своих запросов по закупке или ремонту;
- для проверки возможности размещения дополнительного транспорта, оборудования, материалов на производственных площадках;
- для проверки необходимости пересъемки тех или иных объектов;
- отдел капитального строительства для ознакомления с условиями местности в местах будущего строительства;
- проектно-сметный отдел изучает условия природного ландшафта на предмет проектирования и решения о проведении дополнительных изыскательских работ;
- проверки наличия оборудования, проведенных строительно-монтажных работах.

Несмотря на то, что фотографическая база собиралась первоначально для производственных целей, именно использование ГИС позволило организовать и упростить её сбор, хранение и организацию. Геоинформационная система придала библиотеке фотографий новое содержание и они взаимно обогатили друг друга. В настоящий момент, как фотографии ищутся с помощью ГИС, так и сама ГИС меняется с накоплением фоторастров. Маркшейдерская служба использует фотографии для проверки полноты, корректности и актуальности новой инструментальной съемки, для дешифровки аэрофотосъемок, для обновления атрибутивной составляющей БД ГИС. Типичны случаи, когда после ежегодного обновления оказывается, что какое-то оборудование или сооружения демонтированы, реконструированы, появились дополнительные коммуникации.

Нередки ситуации, когда инструментальная съемка при проверке оказывается не полной, или выявляется, что неправильно камерально обработаны материалы полевой съемки. В таких случаях съемки возвращаются на доработку или используются с нашей корректировкой. Фотографии позволяют выявлять случаи камеральной подделки инструментальной съемки. Например, исполни-

тель представляет съемку законченных строительных работ, а фотографические материалы это опровергают.

Сведения с фотографий позволяют опознать и сохранять такие признаки картографических объектов, как тип покрытия автомобильной дороги, состояние полотна, состояние обочин, способ прокладки линейного объекта – на земле, на опорах, на эстакаде, расположение надземной емкости на земле или на опорах, помогают определить характеристики здания оцифрованного с космосъемки, такие как жилое-нежилое, огнестойкое, этажность, типы оборудования, материал ограждений, вид и материал опор ЛЭП, наличие укусов опор, материал проезд-площадок. Также на фотографии можно определить ликвидирована ли разведочная скважина, и количество водопропускных труб в одном пропуске. При оцифровке точечного объекта с аэрофотосъемок фотографии помогают распознать его тип, например, люк, колодец или пожарный гидрант.

Таким образом, фотографический компонент придал дополнительный импульс геоинформационной системе предприятия, став органической её частью и повлияв на остальные компоненты. Сделав ГИС более современной, качественной, актуальной и разносторонней.

Эффект обновленной корпоративной ГИС выражается в принятии более качественных решений, снижения вероятности ошибки, уменьшении времени сбора требуемой информации, снижении временных и материальных затрат.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Радченко Л. К. Геоинформационное картографирование коммуникаций нефтегазовых комплексов // Геодезия и картография. – 2008. – № 2.1. – С. 36–38.
2. Середович В. А., Радченко Л. К. Мониторинг и анализ технического состояния трубопроводов нефтегазового комплекса по данным геодезическо-маркшейдерских измерений и методов геоинформационного картографирования // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2014. – № 4/С. – С. 66–69.

© Л. К. Радченко, А. В. Шнайдер, 2015

## ОСОБЕННОСТИ КАРТОГРАФИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ МОРФОСИСТЕМ РАВНИННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

*Владимир Павлович Ступин*

Национальный исследовательский Иркутский государственный технический университет, 664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, кандидат географических наук, доцент кафедры маркшейдерского дела и геодезии, тел. (964)748-2242, e-mail: Stupinigu@mail.ru

В статье рассматриваются принципы картографирования и методика морфодинамического анализа морфосистем равнин.

**Ключевые слова:** картографирование морфосистем равнин, морфодинамический анализ.

## PRINCIPLES OF CARTOGRAPHIC MODELING AND MORPHODYNAMICAL ANALYSIS OF THE PLAINS MORPHOSYSTEMS

*Vladimir P. Stupin*

Irkutsk State Technical University, 664074, Russia, Irkutsk, 83 Lermontova, candidate of geographical Sciences, associate professor of Surveying and Geodesy, tel. (964)748-2242, e-mail: Stupinigu@mail.ru

The article discusses the principles of mapping and methods of morphodynamic analysis of the plains morphosystems.

**Key words:** mapping of the plains morphosystems, morphodynamic analysis.

Морфосистемное картографирование и морфодинамический анализ горных территорий со значительным горизонтальным и вертикальным расчленением изучены достаточно подробно, ввиду высокой степени репрезентативности контрастного в морфометрическом смысле рельефа для такого рода исследований [1,2]. Однако, парадигма морфосистемного картографирования будет неполной без понимания и учета особенностей равнинных морфосистем.

К равнинам относятся обширные участки поверхности суши, дна морей и океанов, для которых характерны небольшие (до 200 м) колебания высот и незначительные (до 5°) уклоны местности. Такие территории занимают 65% территории суши, хорошо обжиты и встречаются на разных абсолютных высотах, в связи с чем подразделяются на низменные (до 200 м), возвышенные (20-500 м) и нагорные (более 500-1000 м) равнины и плоскогорья (более 1000 м).

По структурному признаку выделяют платформенные и орогенные (нагорные) равнины, а по преобладающим внешним процессам денудационные и аккумулятивные.

Морфодинамика равнинных территорий весьма своеобразна и не всегда очевидна. Тем не менее, на обширных сглаженных, нерасчлененных плакорах, пластовых, моренных и водно-ледниковых, а также озерно-ледниковых, однородных, на первый взгляд, равнинах именно выпукло-вогнутая пластика релье-

фа определяет условия смыва, увлажнения, питания и аэрации грунтов и почв. А если существует пластика рельефа (отсутствующая только у практически не встречающихся в природе абсолютно ровных и горизонтальных поверхностей), то к ней возможно применение аппарата морфодинамического анализа, который, впрочем, в этом случае имеет свою специфику.

В динамическом смысле, основное отличие равнинных морфосистем от горных заключается в значительно меньшей мощности экзогенно-активного слоя и неизмеримо меньшей напряженности полей потенциальной денудации. Это проявляется в крайне слабом проявлении канализированной линейной эрозии, очень медленном процессе крипа и выходе на главные роли в морфогенезе процессов плоскостного смыва.

В морфологическом смысле, для равнинных морфосистем характерно существенное уменьшение мозаичности их ареалов, причем это относится к морфосистемам всех трех фрактальных рядов – морфоструктурного, бассейнового и склонового. Площади морфосистемных округов равнин, по сравнению с горными округами, увеличиваются многократно, и зачастую количество бассейновых районов внутри них может сократиться до одного, что характерно для морфосистем котловинного типа. Соответственно увеличиваются площади склоновых морфосистем при крайне незначительном перепаде их абсолютных высот.

Эти особенности проявляются при морфодинамическом анализе равнинных территорий, прежде всего в том, что становится затруднительным определение положения основных линий вертикальной кривизны, определяющих границы склоновых морфосистем и их каскадов, а именно: репеллерных и аттракторных линий (водоразделов и тальвегов), а также линий выпуклых и вогнутых перегибов (бровок и подошв). Поэтому при морфодинамическом анализе равнинных морфосистем становится методически удобнее использовать линии горизонтальной кривизны – морфоизографы. Эти линии являются геометрическим местом точек в которых касательные к горизонталям переходят их «грунта» в «воздух» (и наоборот) [4] и разделяют области дивергенции и конвергенции линий тока, определяющих направление литодинамических потоков вещества и энергии (рис. 1). Такая дифференциация чрезвычайно важна с точки зрения организации структуры делювиального смыва и распределения площадей делювиальной денудации и аккумуляции, что напрямую связано с экологией, а также плодородием и увлажненностью почв, т.е. есть с их геоботанической, сельскохозяйственной и кадастровой ценностью.

Напомним о дуальности естественной морфодинамической делимости земной поверхности структурными линиями (рис. 2). Существующие морфодинамические системы можно рассматривать либо как денудационные и аккумулятивные морфосистемы, ограниченные базисами денудации или аккумуляции, соответственно, либо как их деструктивные и конструктивные парагенезы, ограниченные аттракторными или репеллерными линиями, соответственно.

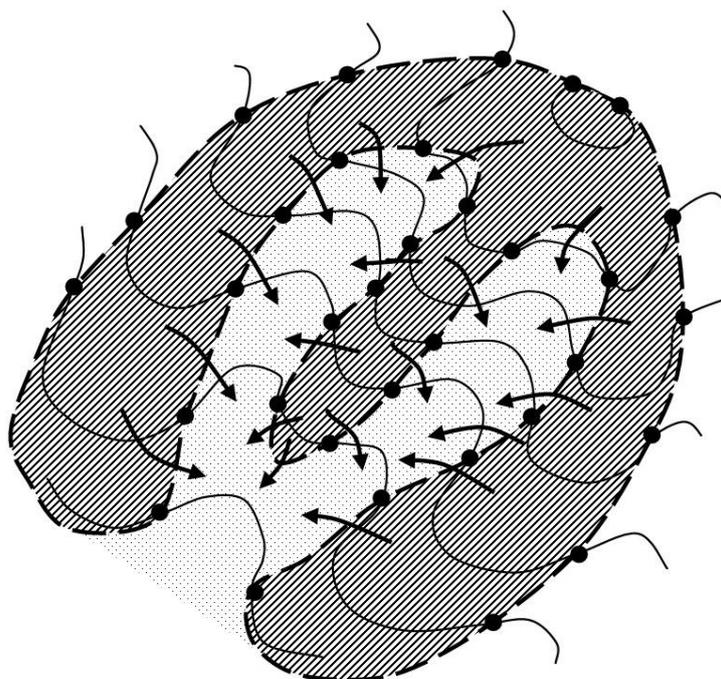


Рис. 1. Построение морфоизограф (пунктирная линия), разделяющих области денудации (заштрихованы) и аккумуляции (крап). Черные стрелки – линии тока, тонкие линии – горизонтали

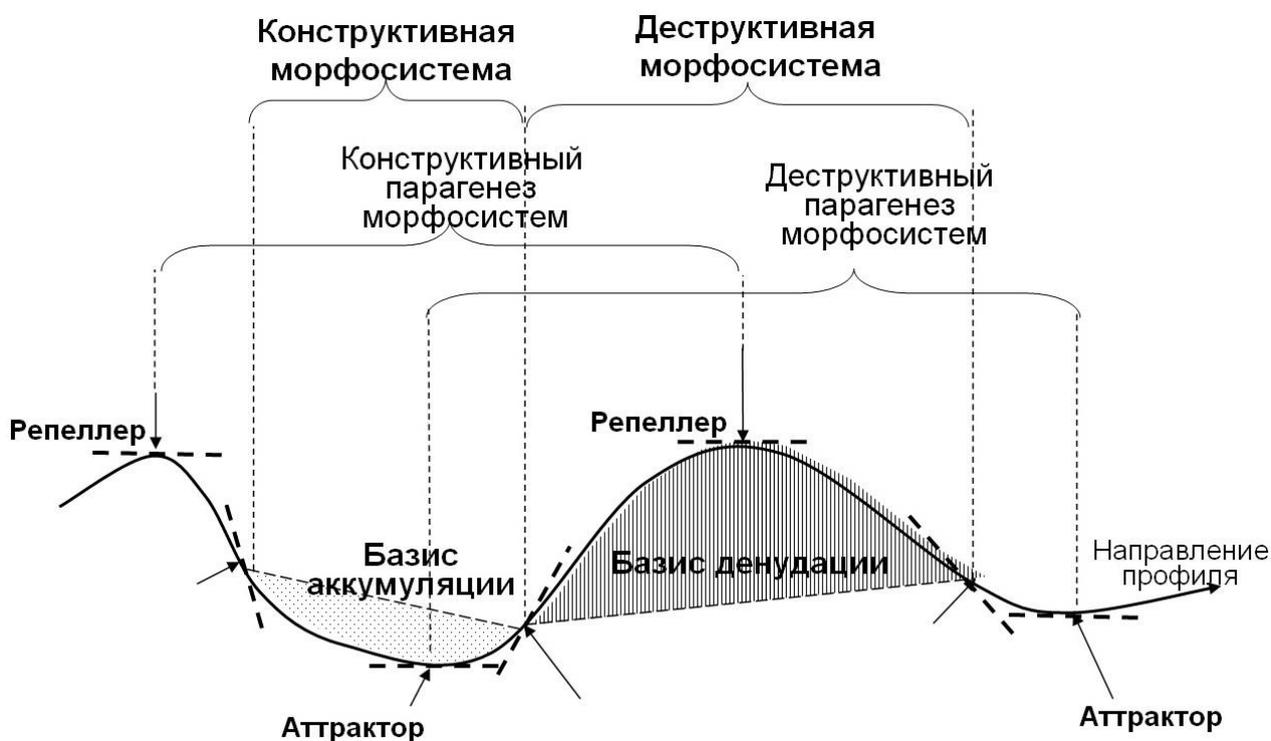


Рис. 2. Дуальность естественной делимости земной поверхности. Пояснения в тексте

Таким образом, исходя из морфодинамической сущности и доминирующих факторов морфогенеза в горах и на равнинах, предпочтительнее и удобнее осуществлять морфодинамический анализ первых как денудационных и аккумулятивных морфосистем, а вторых – как их деструктивных и конструктивных парагенезов.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК:

- 1 Ступин В.П. Картографирование морфосистем. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2009. – 160 с.
- 2 Ступин В.П. Морфологический и морфометрический анализ топографических карт при исследовании и картографировании морфосистем // Проблемы освоения минеральной базы Восточной Сибири. Вып. 5. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2005. – С. 154-160.
- 3 Степанов И.Н. Теория пластики рельефа и новые тематические карты. – М.: Наука. 2006. -230 с.
- 4 Ласточкин А.Н. Морфодинамический анализ. – Л.: Недра, 1987. – 256 с.

© В. П. Ступин, 2015

## **СОЗДАНИЕ КАРТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕМЕЛЬ НА ТЕРРИТОРИЮ ВЬЕТНАМА НА ОСНОВЕ ГИС И ДЗЗ ИЗ КОСМОСА**

*Хоанг Зьонг Хуан*

Национальный исследовательский Иркутский государственный Технический университет, 664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, аспирант кафедры маркшейдерского дела и геодезии, тел. (924)700-57-73, e-mail: duonghuan209@gmail.com

Статья посвящена изложению методики создания карты использования земель на территории Вьетнама на основе ГИС и ДЗЗ из космоса. Она позволяет решать актуальные задачи народного хозяйства Вьетнама в современное время: планирование развития региона, управление использованием земель в отраслевом земледелии, в сельском, лесном хозяйствах и др. В целом она может быть использована для развития экономики Вьетнама.

**Ключевые слова:** Вьетнам, карта использования земель, геоинформационная система, дистанционное зондирование земли.

## **CREATING A MAP LAND USE IN TERRITORY OF VIETNAM BASED ON GIS AND REMOTE SENSING FROM SPACE**

*Hoang Duong Huan*

National research Irkutsk state technical university, 664074, Russia, Irkutsk, 83 Lermontov St., post-graduate student of the Department of Mine survey and Geodesy, tel. (924)700-57-73, e-mail: duonghuan209@gmail.com

Article is devoted to presenting method for creating map of land use in territory Vietnam based on GIS and remote sensing from space. It allows solving actual problems of the economy in Vietnam on present time: the planning regional development, management of land use in agriculture industry, agriculture, forestry and others. In general, it can be used for the development of Vietnam's economy.

**Key words:** Vietnam, the land use map, geographic information system, remote sensing of the earth.

Земельный ресурс это самый богатый ресурс для каждой страны, который используется или может быть использован для развития экономики страны по многим отраслям деятельности человека (сельское, лесное, водное хозяйство, строительство и т.д). Состояние использования земель очень быстро изменяется из-за требования человека в строительстве и экономической деятельности, поэтому создание карты землепользования всегда является актуальной проблемой. Для Вьетнама карта землепользования нужна Министерству природных ресурсов и окружающей среды, Министерству строительства и другим различными ведомствам.

В настоящее время, карта землепользования создается при использовании различных источников, в том числе картографических, статистических, данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и других источников.

Объектом исследования является район Шокшон, город Ханой, где земли используются разнообразно; в сельском, лесном хозяйстве и в других отраслях. Район расположен на севере города Ханой и имеет географические координаты  $21^{\circ}15'27''$  северной широты,  $105^{\circ}50'55''$  восточной долготы, его площадь  $306.5 \text{ км}^2$  (рис. 1).

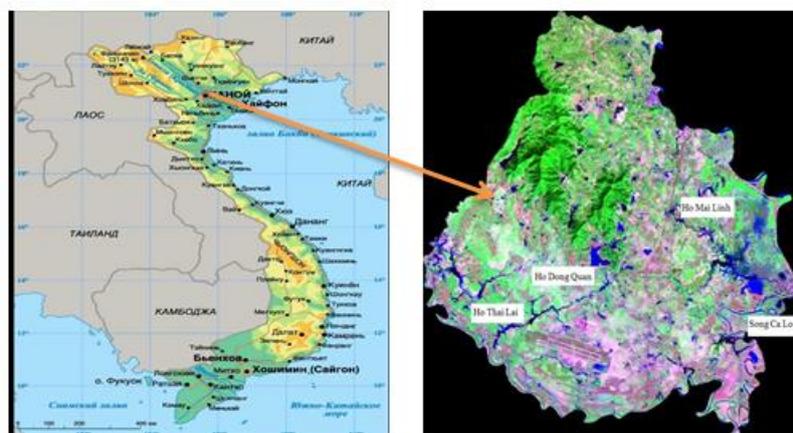


Рис. 1. Географическое положение и цифровой снимок исследуемой территории (в синтезе RGB 7:4:2)

В качестве исходных материалов использованы статистические данные [6], цифровые топографические и карты, карты использования земель старых лет, космические снимки Landsat 8 2013 года и космические снимки Google Earth (GE).

Технология создания карты землепользования по данным дистанционного зондирования земли представлена на рис. 2.

Использование данных дистанционного зондирования невозможно без предварительной обработки, поскольку космические снимки получаются в «сыром» виде, их яркостные значения некорректно отражают объекты на местности. Поэтому перед дальнейшим анализом использовались геометрическая и атмосферная коррекция изображения с учетом рельефа земной поверхности и условий съемки[3,4]

Следующий этап – дешифрирование космических снимков. Для целей картографирования объектов использования земель требуется и визуальное, и компьютерное (автоматическое дешифрирование). Комбинация каналов для дешифрирования – 7,5,3 – она дает изображение близкое к естественным цветам [2]. Для проверки достоверности дешифрирования применяется снимок Google Earth, где снимки имеют сверхвысокое разрешение.

Процесс дешифрирования снимков помогает выбрать области обучения (или эталоны) для каждого класса. По данной работе требуется дешифрировать земельные фонды, такие как земли сельского хозяйства, земли лесного хозяйства, земли водного хозяйства и т.д. Затем производится автоматическая клас-

сификация снимков при помощи алгоритма программного комплекса ENVI – алгоритм максимального правдоподобия [2].



Рис. 2. Технология создания карты землепользования по космическим снимкам

Результат автоматической классификации никогда не бывает идеальным, и при ее выполнении всегда возникают ошибки, Поэтому он нуждается постобработке, для того чтобы оценить точность классификации, объединяются близкие классы, производится генерализация для получения более точной растровой карты (рис. 3).

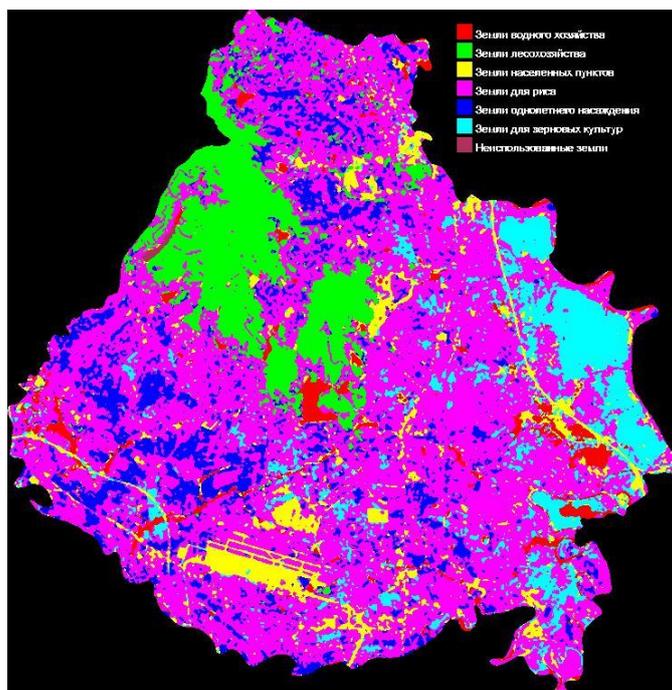


Рис. 3. Растровая карта, полученная после постклассификационной обработки

Растровая карта экспортируется в векторные слои для редактирования и оформления карты в среде ГИС (Mapinfo). Каждый класс объектов растровой карты занимает отдельный слой в векторном виде. Затем выбирается проекцию VN-2000 и эллипсоид WGS – 84 (World Geodesic System 1984) для данной карты, производится перенос топографическую основу (сети дорог, сети рек, рельеф) карты использования земель, и вручную выполняется генерализацию объектов для составления карты масштаба 1: 50 000[5]. Результат редактирования и оформления карты представлен на рис. 4.

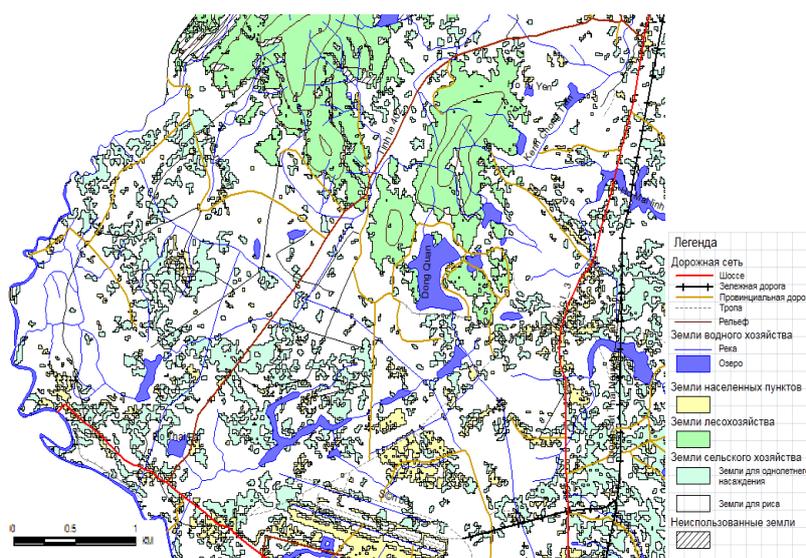


Рис. 4. Фрагмент карты использования земель р.Шокшон, г.Ханой

Представленная карта использования земель показываются основные земельные фонды на исследуемой территории. Она полезна для планирования использованно земельных ресурсов в текущем планорования и перспективном развитии региона.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Исмадова Х.Р. Роль данных дистанционного зондирования при создании цифровых карт землепользования в Азербайджане// Азербайджан, 2012. – С. 273-279.
2. Программный комплекс ENVI.// Учебное пособие. Компания «Совзонд», М. 2007. – 265с.
3. Пластинин Л.А., Хоанг Зыонг Хуан, Чинь Ле Хунг. Разработки методики автоматизированного установления границ элементов гидрографии по разновременным космическим снимкам// Вестник ИрГТУ, 2013. – №10. – С.91-95.
4. Ступин В. П., Хоанг Зыонг Хуан, Чинь Ле Хунг. Мониторинг и картографирование возрастных категорий рисовых посевов на основе данных многозональной съемки Landsat 7 ETM+// Вестник ИрГТУ, 2014. – №4. – С.85-90
5. Хоанг Зыонг Хуан. Картографирование сельскохозяйственных культур по космическим снимкам среднего разрешения// Материалы VII Сибирской научно-практической конференции «Молодых ученых по наукам о Земле»/ Новосибирск, 2014. – С. 438-439.
6. Agriculture baseline data for provinces. Department of Planning of Vietnam: [<http://vukehoach.mard.gov.vn/>]

© Хоанг Зыонг Хуан, 2015

## **ОБОСНОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА НОВОЙ ЦИФРОВОЙ КАРТОГРАФИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ: МНОГОЦЕЛЕВОЙ КАРТОГРАФИЧЕСКИЙ РЕСУРС**

*Дмитрий Витальевич Лисицкий*

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, доктор технических наук, профессор кафедры картографии и геоинформатики, директор НИИ стратегического развития СГУГиТ, тел. (383)344-35-62, e-mail: nii@ssga.ru

*Светлана Сергеевна Дышлюк*

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент, заведующая кафедрой картографии и геоинформатики, тел. (383)361-06-35, e-mail: s.s.dyshlyk@ssga.ru

В статье рассматриваются вопросы развития картографии. принципиальное изменение ее роли и функции в экономике и жизнедеятельности современного общества. Предлагается и обосновывается введение нового понятия в современной картографии – многоцелевой картографический ресурс.

**Ключевые слова:** многоцелевой картографический ресурс, функции карты, свойства карты, цифровая карта, информационный продукт.

## **SUBSTANTIATION AND DEVELOPMENT OF NEW CARTOGRAPHIC PRODUCT: MULTIPURPOSE CARTOGRAPHIC RESOURCE**

*Dmitry V. Lisitsky*

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., Prof., Department of Cartography and Geoinformatics, director, Strategic Development, tel. (383)344-35-62; e-mail: nii@ssga.ru

*Svetlana S. Dyshlyuk*

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., Assoc. Prof., head of the Department of Cartography and Geoinformatics, tel. (383)361-06-35, e-mail: s.s.dyshlyk@ssga.ru

The problems of cartography development, fundamental changes of its role and functions in economics and current society vital activity are considered. New concept (in current cartography) of multipurpose cartographic resource is offered.

**Key words:** multipurpose cartographic resource, map functions, map properties, digital map, information product.

Характерной особенностью настоящего периода развития картографии является принципиальное изменение ее роли и функции в экономике и жизнедеятельности современного общества, что вызвано революционными изменениями в области информатизации.

На протяжении веков концептуальные положения картографии складывались под влиянием потребностей человеческой деятельности и возможностей

технической реализации основных процессов [1]. В середине двадцатого века мировое сообщество понимало под картографией науку о картах как особом способе моделирования и изображения окружающего пространства, их создании и использовании. При этом, что очень важно, картография была ориентирована на зрительное восприятие мира человеком посредством картографического произведения в виде специфической образно-знаковой метрической модели[2]. Эта модель являлась информационным продуктом, обладала целым рядом полезных свойств, характеризовалась набором принятых функций, но при этом имела определенные ограничения.

К основным свойствам карты относятся:

- образно-знаковое представление расположенных на (над, под) поверхности Земли любых пространственных объектов - самой земной поверхности и ее частей, объектов, событий, процессов, явлений (природных и техногенных, реальных и виртуальных);
- дискретные масштабные уровни;
- определенное содержание, ориентированное на тематическую область;
- генерализация;
- математическая основа, в том числе картографические проекции;
- метрическая точность задания местоположения объекта в пространстве;
- обзорность и читаемость.

К основным функциям можно отнести (по К.А. Салищеву [3]) четыре функции карт как моделей действительности:

1. Коммуникативную, обеспечивающую информационную коммуникацию, т.е. передачу пространственной информации посредством карт при их использовании как источника сведений, а также как хранилище информации;

2. Оперативную, обеспечивающую решение с помощью карт различных практических задач, например в навигации, при планировании трасс путей сообщения, разработке планов освоения территории и др.;

3. Познавательную, предназначенную для использования специалистами разных отраслей науки (и прочей деятельности) и учащимися для приобретения знаний;

4. Прогностическую, осуществляемую при выявлении направлений будущего развития изучаемых областей природы и деятельности человека .

Однако стоит отметить, что все функции карты могут «работать» только при условии взаимодействия человека с картой.

В качестве основных ограничений возможностей традиционной карты следует отнести:

- отображение трехмерного окружающего пространства двумерными моделями;
- сложности отображения динамики процессов и явлений, происходящих в пространстве;

- координатные искажения исходных данных (полученных в результате измерений при съемках местности), обусловленные проекционным преобразованием, составительскими процессами и измерениям по картам;
- ограничения в объемах информации, обусловленные требованиями читаемости карт;
- необходимость представления картографической информации дискретными массивами, соответствующими картографической разграфке по листам, трапециям, планшетам.

В конце двадцатого - начале двадцать первого века осуществился переход человечества в эпоху информатизации, основу которой составляет идеология цифровой компьютерной обработки данных и связанной с ней создание и использование информационного электронного пространства, включающего Интернет и мобильную связь [4]). Этот процесс коренным образом изменил требования к картографии со стороны традиционных потребителей картографической информации, инициировал появление новых задач и новых потребителей пространственной информации, потребовал пересмотра ключевых позиций картографии, предоставил новые технические возможности для компьютеризации процессов создания и использования карт.

В результате осуществленного в картографии научно-технического прогресса за сравнительно небольшой промежуток времени произошли существенные изменения в части основных свойств, характеристик и основных функций карт, роли и места картографии в экономике и жизни общества, методах и технологиях:

- появились методы цифровой, геоинформационной, мультимедийной, в том числе анимационной, трехмерной, навигационной, мобильной картографии [6,7];
- изменилась функция самой карты в процессах исследования и познания пространства от функции источника информации для непосредственно исследования к функции интерфейса для постановки задачи и оценки результатов исследования; функции же источника информации выполняет пространственная геоинформационная модель пространства, а само исследование непосредственно осуществляется в среде геоинформатики [5];
- меняется классический картографический метод исследования в направлении осуществления познание посредством использования накопленных картографических знаний, реализованных в виде алгоритмов и программ в составе геоинформационных и экспертных систем (систем искусственного интеллекта).

Перечисленные изменения в своей совокупности позволяют сделать вывод об изменении самой сущности картографии: из науки о создании и использовании карт картография постепенно преобразовывается в фундаментальную науку о методах представления, моделирования, исследования и познания окружающего нас пространства. Накопленные количественные изменения в картографии обуславливают возможность качественного преобразования самой

сущности картографического подхода. Более того, дальнейшее развитие компьютерных методов и переход человечества к информационному обществу позволяет рассматривать вариант перехода от базового информационного продукта - карты к новому картографическому продукту, названного нами многофункциональный картографический ресурс (МКР).

Рассмотрим этот момент более детально.

До настоящего времени, конечный потребитель имел возможность получать информацию о пространственном положении объектов окружающего пространства уже с готовой карты, выведенной на экран или распечатанной на бумаге (рис. 1).

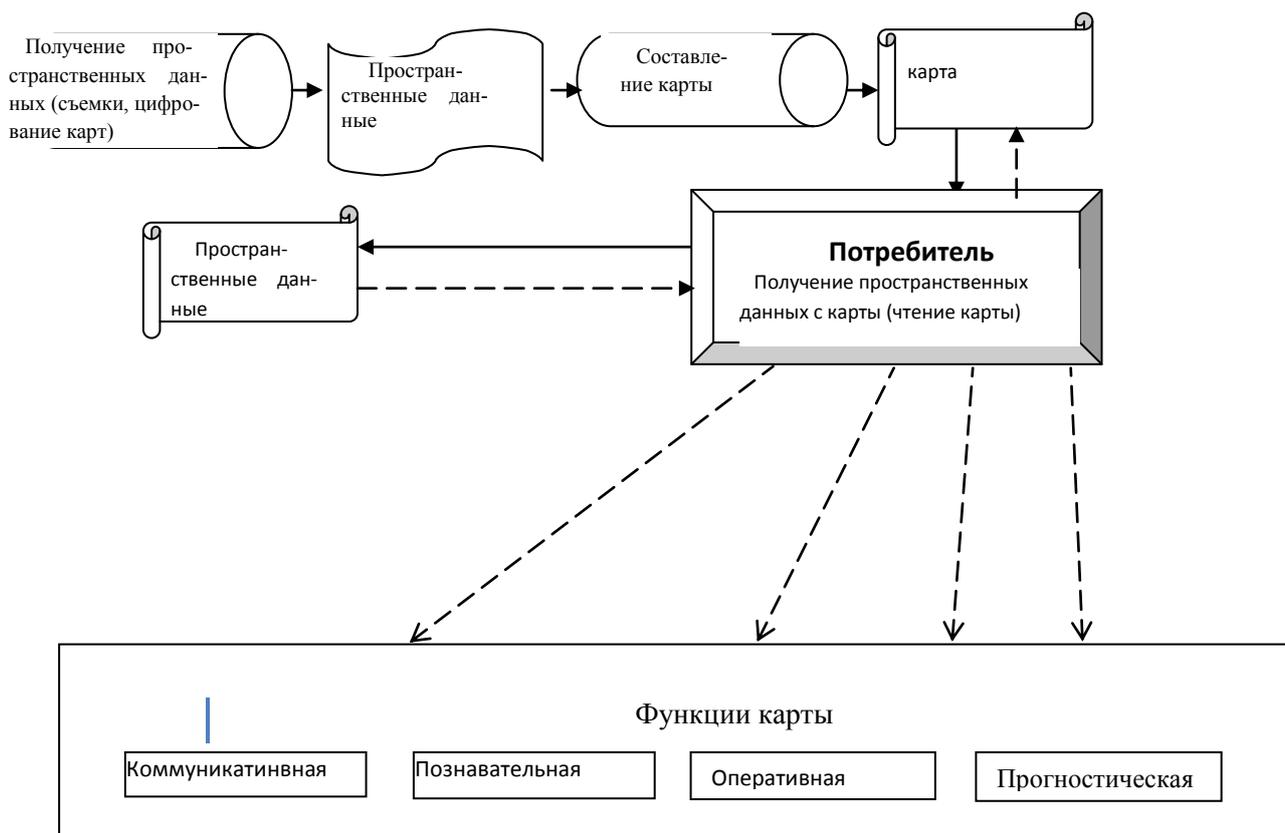


Рис. 1. Схема получения потребителем пространственных данных с карты

В-третьих, МКР позволит формировать автоматически в режиме он-лайн по конкретным запросам потребителей любые требуемые топографические отображения и дополнительно создавать на них произвольные тематические слои, ориентированные на требования каждого конкретного потребителя[8]).

В-четвертых, функциональные возможности МКР позволяют осуществлять:

- отображение карты на любом техническом носителе или в виде твердой копии;
- плавное изменение масштаба карты;

- построение любого картографического отображения с помощью прикладного программного обеспечения;
- получение атрибутивной информации по объектам (без визуализации).
- полный контроль над всеми операциями визуализации геоданных.

В-пятых, сохраняются основные функции карт (По Салищеву К.А.), свойства карт в МКР и снимаются многие ограничения, а именно:

- сохраняется образно-знаковое представление пространственных объектов;
- появляется возможность непрерывного изменения масштабов;
- потребитель имеет возможность формировать любое тематическое содержание и не ограничиваться территорией;
- появляется возможность задания необходимых пользователю критериев обобщения;
- появляется возможность трехмерного отображения объектов пространства и построения перспективных изображений;
- появляется возможность отображения сложных динамических процессов и объектов;
- исключается влияние ошибок, обусловленных процессами преобразования данных и составительскими процессами;
- увеличивается охват территории, то есть нет ограничений по разграфке, но при этом сохраняется читаемость информационных продуктов-карт.

МКР будет обладать целым рядом важных для пользователя и разносторонних качеств, как традиционных, так и новых. К их числу могут быть отнесены и наглядность, и точность и читаемость на любом уровне. А также такие качества, как гибкость перестройки содержания, изменяющаяся полнота и подробность, масштабная преемственность. Следует отметить, что необходимым являются: возможность организовывать сквозные информационные запросы, а также осуществлять сквозное оперативное обновление.

Пространственные данные в МКР могут быть представлены в виде: карт, табличных данных, графиков, отчетов для печати, фотографий, космоснимков. Все эти представления пространственной информации тесно связаны с функциями карты (коммуникативной, познавательной и т.д.) (рис. 2).

Таким образом, многоцелевой картографический ресурс уже становится не просто пассивным носителем информации о пространственных объектах, а в отличие от традиционной карты интерактивной системой, обладающей совокупностью возможностей, способов и методов взаимодействия с потребителем. В данном случае именно потребитель управляет многоцелевой картографической системой и получает необходимый ему информационный продукт.

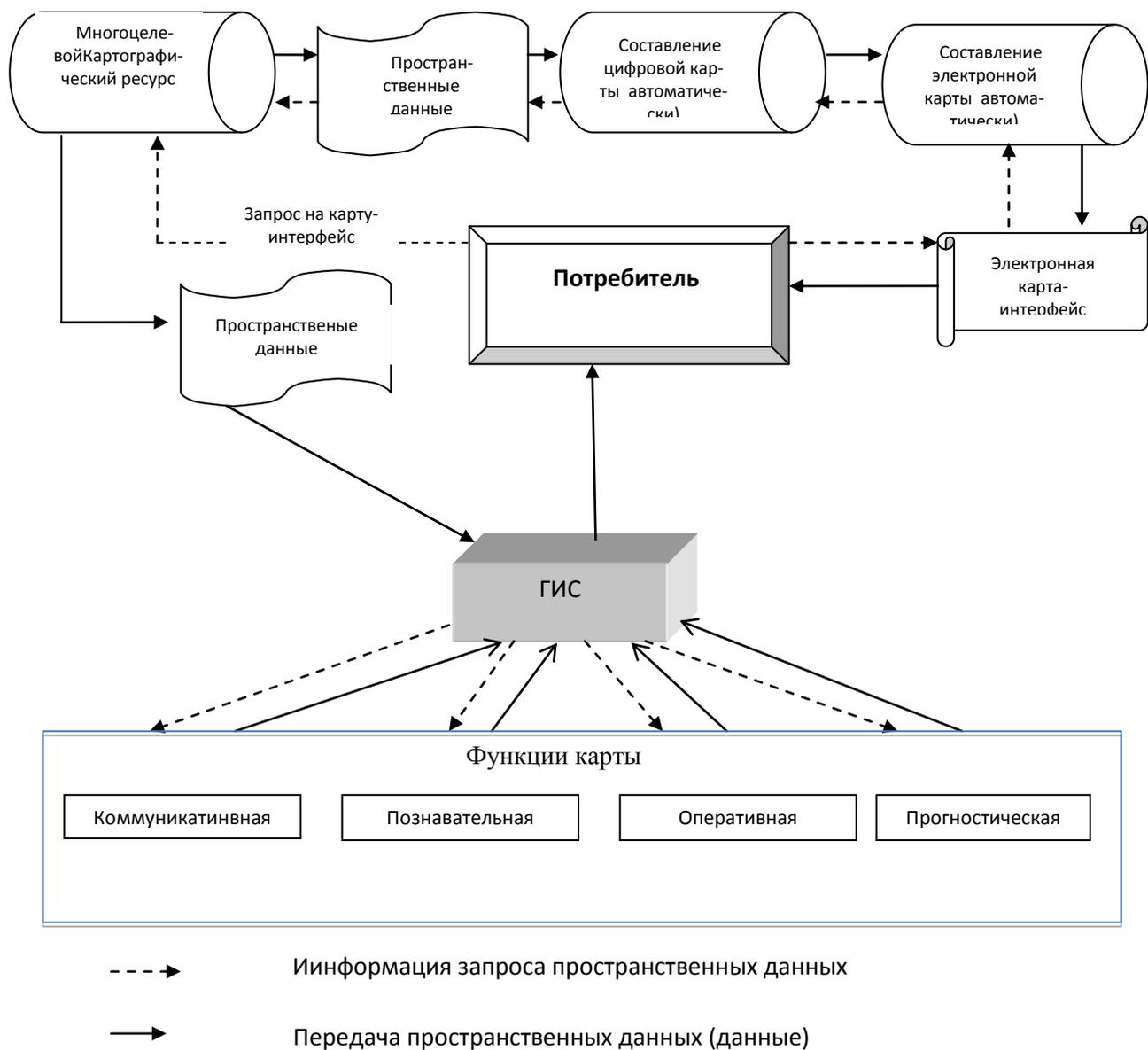


Рис. 2. Схема многоцелевого картографического ресурса

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лисицкий Д. В. Перспективы развития картографии: от системы «Цифровая Земля» к системе виртуальной реальности // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 2 (22). – С. 8–16.
2. Лисицкий Д. В. Глобальные изменения сущности и роли картографии в современном обществе. Природные и интеллектуальн. ресурсы Сибири (СИБРЕСУРС-10-2004): Доклады 10-й Международной научно-практич. конференции. Новосибирск, 5,6 окт. 2004г./ - Томск: Изд-во Томского университета, 2004. – С. 281–284.
3. Салищев К. А. Картография. Москва «Высшая школа», 1982. – 271 с.
4. Карпик А. П., Лисицкий Д. В. Электронное геопространство – сущность и концептуальные основы // Геодезия и картография. – 2009. – № 5. – С. 41–44.

5. Лисицкий Д. В., Кацко С. Ю. Изменение роли картографических изображений в процессе формирования единого электронного геопространства // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2012. – № 2/1. – С. 156–161.

6. Лисицкий Д. В., Бугаков П. Ю. Методические основы цифрового трехмерного картографирования // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. Москва – 2012. – № 6. – С. 37–42.

7. Мультимедийное направление в картографии / Д. В. Лисицкий, А. А. Колесников, Е. В. Комиссарова, П. Ю. Бугаков, В. С. Писарев // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2014. – № 3 – С. 40–44.

8. Научно-методические основы формализации процессов составления тематических карт для реализации в ИСА ГИС / С. С. Дышлюк, О. Н. Николаева, Л. А. Ромашова, С. А. Сухорукова // Изв. Вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2011. – № 5. – С. 91–93.

© Д. В. Лисицкий, С. С. Дышлюк, 2015

## **КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ЛИТОДИНАМИЧЕСКИХ ПОЯСОВ И СЕГМЕНТОВ МОРФОСИСТЕМ**

*Владимир Павлович Ступин*

Национальный исследовательский Иркутский государственный технический университет, 664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, кандидат географических наук, доцент кафедры маркшейдерского дела и геодезии, тел. (964)748-22-42, e-mail: Stupinigu@mail.ru

В статье рассматриваются принципы картографирования литодинамической поясности горных и сегментации котловинных морфосистем.

**Ключевые слова:** картографирование морфосистем, морфодинамический анализ.

## **MAPPING OF LITHODYNAMIC BELTS AND SEGMENTS OF MORPHOSYSTEMS**

*Vladimir P. Stupin*

Irkutsk State Technical University, 664074, Russia, Irkutsk, 83 Lermontova, candidate of geographical Sciences, associate professor of Surveying and Geodesy, tel. (964)748-22-42, e-mail: Stupinigu@mail.ru

The article discusses the principles of mapping of lithodynamic belts and segments of morphosystems.

**Key words:** mapping of morphosystems, morphodynamic analysis.

Байкальской горной стране, как и всем горным странам, присуща высотная поясность, которая проявляется в закономерной смене физико-географических процессов и явлений (речного стока, типа почв, растительности, экзогенных рельефообразующих процессов) с высотой. Она обусловлена соответствующим изменением давления, температуры, влажности, прозрачности и других характеристик атмосферы.

В тропосфере атмосферное давление убывает на 1 мм рт. ст. каждые 10,5 м высоты, поэтому на уровне гребней наиболее высоких хребтов региона оно примерно в полтора раза ниже, чем на уровне Байкала. Половина водяного пара сосредоточена ниже 1,5–2 км, также как и содержание пыли в воздухе.. Температура воздуха в горах убывает в среднем на 5–6 °С на каждый километр высоты. Одновременно возрастает количество облаков, сосредоточенных преимущественно в нижней части тропосферы. Это приводит к существованию в горах на высотах 1000–2000 м пояса максимальных осадков. Выше 2000 м количество осадков начинает убывать.

В первом приближении спектр высотных поясов определяется абсолютной высотой гор и типом горизонтальных природных зон их подножий. Большая часть территории Байкальской горной страны расположена в таежной умеренной зоне северного полушария, для которой характерно преобладание таежных ландшафтов. В меньшей степени здесь развиты степные и тундровые

типы геосистем. Первые проявляются в виде фрагментов степей (морян) среди горной тайги по склонам южной экспозиции. Они являются следствием резкой континентальности климата, высоких летних температур и недостатка атмосферных осадков. Вторые встречаются в горах выше 1800 м на юге и 1500 м на севере, где создаются субарктические или даже перигляциальные условия.

При более внимательном рассмотрении, картина высотной поясности региона не столь проста, что объясняется влиянием контрастного горно-котловинного рельефа на климат и другими местными условиями. Благодаря котловинному эффекту, порождающему малую увлажненность и изолированность котловин, степи продвигаются далеко на север, вклиниваясь в подзону горной тайги. Местами отмечается инверсия высотных поясов, когда ландшафты, характерные для вышележащих уровней, появляется также и в нижнем высотном поясе.

Наветренные западные и северо-западные склоны хребтов отличаются от подветренных восточных и юго-восточных большей увлажненностью. Наличие параллельных хребтов вызывает возникновение экспозиционной полосчатости с ритмичным чередованием типов ландшафта. Все это приводит к различиям в интенсивности эрозионно-денудационных процессов и является одним из факторов формирования асимметрии склонов долин и междуречий.

Развитие склонов, помимо высотной поясности, определяется перераспределением тепла и влаги в зависимости от экспозиции по отношению к сторонам горизонта. Склоны северной и южной экспозиций различаются по радиационно-термическим характеристикам, что вызывает различия в режиме и характере экзогенных процессов. При этом наблюдается принципиальное различие в развитии склонов северных и южных территорий региона.

На севере региона на северных склонах дольше не тает снег и активна нивация; напротив, на южных склонах раньше и глубже оттаивают мёрзлые грунты, и развивается солифлюкция. Поэтому здесь наблюдаются более крутые северные и более пологие южные склоны. На юге региона, напротив, южные склоны обычно более крутые, чем северные, так как вымораживание активнее протекает на затененных и более увлажненных северных скатах, где дольше период осенних замерзаний и оттаиваний и не такое иссушающее солнце.

Крутизна склонов, уклоны русел и баланс рыхлого материала также зависят от абсолютной высоты. Так, Ю.Г.Симонов [1] выделяет три типа днищ малых долин: долины-курумы, долины-мари и типичные аллювиальные долины.

Долины-курумы обычны для гольцового пояса, для них характерны большие уклоны и ступенчатый продольный профиль. Долины-мари встречаются в горнотаежном поясе и обязаны своим происхождением накоплению солифлюкционных отложений, с выносом которых не справляется водоток. Наличие маломощного инстративного аллювия указывает на равновесие между поступлением склонового материала и его выносом водотоком.

Поясность литодинамики выражается не только в климатических различиях на разных высотных уровнях, но и в том, что области денудации относятся к верхним частям гор, а области аккумуляции – к подножиям. Высотная пояс-

ность существенно осложнена ярусностью рельефа, отражающей различные этапы истории формирования гор, сохранением на разных уровнях остатков древних поверхностей выравнивания, разделённых более крутыми уступами и ярусами эрозионного врезания, широким распространением реликтов четвертичного оледенения и расположением форм современного.

Активное влияние высотной поясности на характер экзоморфогенеза нагляднее всего проявляется через растительность. Растительный покров стабилизирует экзогенные воздействия на рельеф, защищает земную поверхность от непосредственного эрозионного воздействия ветра, атмосферных осадков, температуры воздуха, смягчает агрессивное воздействие физического выветривания горных пород, крипа, делювиального смыва, дефляции и линейной эрозии. С другой стороны, растительность благоприятствует биохимическому выветриванию и накоплению рыхлых отложений, подверженных интенсивному смещению в форме крипа, оползней, сплывов, склоновых селей.

Высотная поясность в сфере морфогенеза проявляется в виде литодинамических поясов [2], для которых характерен определенный спектр экзогенных рельефообразующих процессов и которая придает морфосистемам специфику и узнаваемость. В то же время, высотная поясность морфосистем проявляется как осложняющий фактор и не выделяется в качестве самостоятельных таксономических единиц, так как определяет не *закономерности*, а *особенности* морфогенеза.

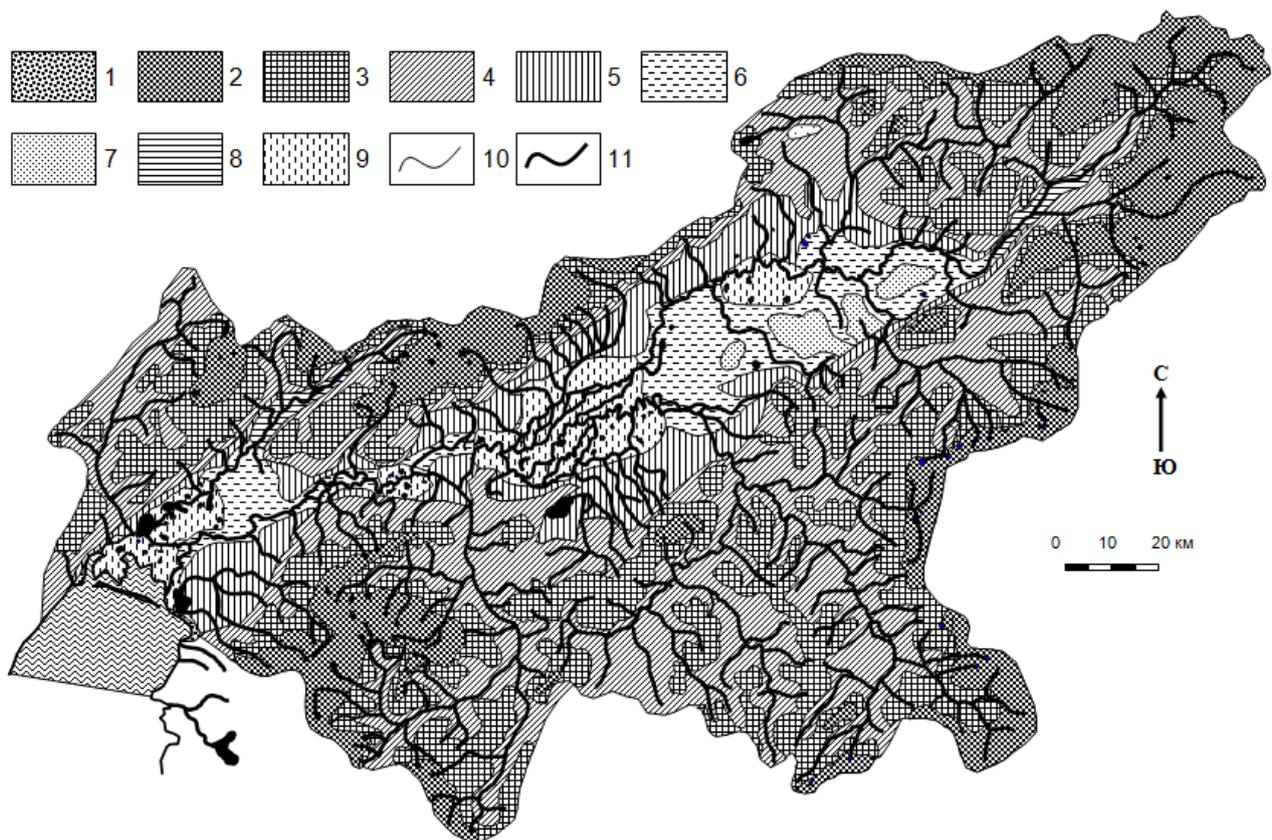
Высотная экзолитодинамическая поясность присуща денудационным морфосистемам ранга «округ», а также входящим в их состав бассейновым системам с большими перепадами абсолютных высот. Эти морфосистемы могут быть осложнены двумя, тремя, а то и четырьмя высотными поясами.

В пределах Байкальской горной страны различают нивальный, альпийский, гольцовый, горнотаежный и горно-степной литодинамические пояса. Несколько обособленно выделяется пояс межгорных и подгорных понижений. Внутри поясов можно выделить и более мелкие единицы.

Наименования литодинамических поясов и сегментов (с дополнениями) позаимствованы нами из классификации Б.П. Агафонова [2].

Картографическое моделирование литодинамической поясности и сегментации морфосистем выполняется в границах данных морфосистем, их каскадов или парагенетических ассоциаций по комплексным ландшафтным признакам с использованием ландшафтных карт и материалов дистанционного зондирования [3] (рис. 1).

Сегментированные морфосистемы котловин на представленных картах показаны вместе с опирающимися на них частями морфосистем их горного обрамления, поскольку последние образуют с котловинами деструктивные парагенезы.



Литодинамические пояса: 1 – *гляциально-нивальный* (нивация, экзарация) 2 – *альпийский* (осыпи, обвалы, лавины) 3 – *гольцовый* (крип, солюфлюкция, формирование структурных грунтов), 4 – *горнотаежный* (крип, линейная эрозия, сели).

Литодинамические сегменты: 5 – *подгорные шлейфы* (аккумуляция выносов с окружающих поднятий), 6 – *плоские поймы* (флювиальный транзит и аккумуляция, наледи); 7 – *всхолмленные песчаные массивы* (эоловые процессы), 8 – *всхолмленные моренные массивы* (солифлюкция), 9 – *плоские маревые равнины* (морозобойное растрескивание, пучение грунтов, термокарст) Структурные линии: 10 – водоразделы бассейновых подсистем, 11 – тальвеги постоянных водотоков.

Рис. 1. Литодинамические пояса и сегменты морфосистем Кичерской и Нижнеангарской котловин и их горного обрамления (ранг округов)

В легендах карт литодинамической поясности и сегментности указаны ведущие экзогенные ЭГП согласно классификации В.Б. Выркина [4]. Концепция ведущего процесса позволяет лучше разобраться в сложных переплетениях и взаимосвязях многообразных процессов в пределах одной и той же территории. При этом ведущие процессы могут рассматриваться как в генетическом, так и пространственном, т.е. картографическом аспектах. Показ ведущих процессов является проявлением целенаправленного обобщения, отбора ЭГП, т.е. их картографической генерализации.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Симонов Ю.Г., Борсук О.А. Системный подход в геоморфологии и эрозионно-денудационные морфосистемы // Рельеф и ландшафты. – М.: Изд-во МГУ, 1977. – С. 66–73.
- 2 Агафонов, Б.П. Экзолитодинамика Байкальской рифтовой зоны. – Новосибирск: Наука, 1990. – 176 с.
- 3 Ступин В.П. Картографирование морфосистем. – Иркутск: Изд-во ИргТУ, 2009. – 160 с.
- 4 Выркин, В.Б. Классификация экзогенных процессов рельефообразования // География и природные ресурсы. – 1986. – №4. – С. 20–24.

© В. П. Ступин, 2015

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РЕМОНТА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ**

### ***Владимир Васильевич Щербаков***

Сибирский государственный университет путей сообщения, 630049, Россия, г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, 191, кандидат технических наук, профессор кафедры инженерной геодезии, тел. (913)912-86-91, e-mail: vvs@stu.ru

### ***Алексей Георгиевич Фомин***

Сибирский государственный университет путей сообщения, 630049, Россия, г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, 191, кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной геодезии, тел. (383)328-04-37, e-mail: ah@ict.nsc.ru

### ***Ольга Николаевна Лыско***

Сибирский государственный университет путей сообщения, 630049, Россия, г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, 191, кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной геодезии, тел. (383)328-04-37, e-mail: Olyal@list.ru

### ***Геннадий Васильевич Попов***

Сибирский государственный университет путей сообщения, 630049, Россия, г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, 191, старший преподаватель кафедры инженерной геодезии, тел. (383)328-04-37 e-mail: kmn@stu.ru

### ***Анатолий Петрович Мозилевич***

Сибирский государственный университет путей сообщения, 630049, Россия, г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, 191, старший преподаватель кафедры инженерной геодезии, тел. (383)328-04-37 e-mail: kmn@stu.ru

Рассмотрены преимущества использования цифровых технологий при геодезическом обеспечении ремонта железных дорог, значительно повышающих эффективность и качество этих работ по сравнению с традиционными методами.

**Ключевые слова:** глобальная навигационная спутниковая система, традиционные методы геодезического обеспечения, система автоматизации управления, электронный проект.

## **GEODETTIC SUPPORT REPAIR OF RAILWAYS**

### ***Vladimir V. Scherbakov***

Siberian Transport University, 630049, Russia, Novosibirsk, 191 D. Kovalchuk St., Ph. D., Prof., head department of Engineering Geodesy, tel. (913)912-86-91, e-mail: vvs@stu.ru

### ***Aleksey G. Fomin***

Siberian Transport University, 630049, Russia, Novosibirsk, 191 D. Kovalchuk St., Ph. D., Assoc. Prof., department of Engineering Geodesy, tel. (383)328-04-37

### ***Olga N. Lysko***

Siberian Transport University, 630049, Russia, Novosibirsk, 191 D. Kovalchuk St., Ph. D., Assoc. Prof. department of Engineering Geodesy, tel. (383)328-04-37, e-mail:Olyal@list.ru

***Gennadii V. Popov***

Siberian Transport University, 630049, Russia, Novosibirsk, 191 D. Kovalchuk St., Lecturer, department of Engineering Geodesy, tel. (383)328-04-37

***Anatolii P. Mogilevich***

Siberian Transport University, 630049, Russia, Novosibirsk, 191 D. Kovalchuk St., Lecturer, department of Engineering Geodesy, tel. (383)328-04-37

The advantages of using digital technology geodetic maintenance repair railways, significantly improve the efficiency and quality of these studies compared to conventional methods.

**Key words:** global navigation satellite system, the traditional methods, automation systems, electronic project.

Современный уровень ремонта железных дорог представляет собой наличие комплекса высокопроизводительных дорожно-строительных и путевых машин, оборудованных автоматизированными системами управления технологическими процессами. Геодезическое обеспечение ремонта железных дорог при использовании дорожно-строительной и путевой строительной техники принципиально отличается от традиционных методов, в основе которых лежат разбивочные работы.

Процесс геодезического обеспечения традиционными методами начинается с подготовительных работ по восстановлению опорной геодезической сети, контролю ее состояния, расчетами и составлению разбивочных чертежей. На следующем этапе выполняются разбивочные работы. В процессе ремонта производится операционный контроль и после окончания выполняется исполнительная съемка. Геодезисты и технологи на всех этапах от подготовительных работ до исполнительных съемок выполняют большой объем работ, связанный с измерениями, закреплением точек, выносом в натуру высотных отметок, проектных линий, вершин углов поворота кривых и т. д. Наличие «человеческого фактора», трудоемкость работ, грубые ошибки приводят к дополнительным затратам и снижению качества работ.

Применение автоматизированных систем управления (САУ) на базе хордовых методов позволяет выправочно-рихтовочным машинам в автоматизированном режиме выполнять важную функцию по сглаживанию (устранению неровностей в плане и в профиле), что обеспечивает высокий уровень по чистой выправке пути в процессе ремонта. При этом для постановки пути в проектное положение используются копир-струна и другие средства, требующие основательной геодезической подготовки, как до начала ремонтных работ, так и в процессе их выполнения.

Принципиальные изменения геодезического обеспечения ремонта железных дорог связаны с развитием цифровых технологий, особенно с появлением ГНСС. До появления ГНСС определение координат в автоматизированном режиме выполнялось инерциальными системами, гироскопическими системами, в основе которых лежит схема счисления пути (топопривязчик). Автоматизиро-

ванные системы на основе метода двойного интегрирования (инерциальные системы) приращения ускорений по осям (X, Y, Z) или интегрирование приращения курсового угла (схема счисления пути) позволяют на коротких отрезках пути (до 20 м) добиваться миллиметровой точности, но при этом из-за «ухода» гироскопов погрешность накапливается, и результаты измерений на более длинных отрезках пути не обеспечивают требуемой точности определения пространственного положения пути.

Применение ГНСС для автоматизации в системах управления выправкой пути, вырезкой балласта и других технологических процессах позволило исключить недостатки гироскопических методов, в частности зависимость точности от времени работы системы автоматического управления (САУ). ГНСС в отличие от инерциальных систем не обеспечивает на коротких дистанциях (до 20 м) высокую точность взаимного положения точек (1-2 мм) рельсовой колеи. Вследствие этого при создании измерительного комплекса АПК «Профиль» для геодезического обеспечения железных дорог было выполнено комплексование инерциальных систем, гирополукомпаса и ГНСС, что позволило обеспечить высокую точность взаимного положения точек на коротких дистанциях и приемлемую точность на участках работ до 10 км. АПК «Профиль» позволяет представлять пространственное положение оси железнодорожного пути в координатах (X, Y, H) с «шагом» в 2 см.

Традиционно пространственное положение оси пути представлялось в виде дирекционных углов, расстояний и характеристик кривых (табл.)

Таблица

Пикетаж точки	Характеристика точки	Радиус, м	Координаты, м		Дирекционный угол направления до следующей точки	Расстояние между точками по координатам, м	Расстояние между точками по оси пути, м
			X	Y			
5859+00.00	Начало прямой	0	74738.046	10584.282	178° 38' 54"	4.730	4.730
5859+04.73	Конец прямой	0	74733.317	10584.393	179° 09' 15"		
5860+24.73	Начало переходной кривой	2300	74613.333	10586.165	181° 37' 50"	119.997	120.000
	Конец переходной кривой						
5861+44.50	Начало круговой кривой	3600	74493.624	10582.757	184° 22' 14"	119.758	119.770
	Конец круговой кривой						
5863+00.58	Начало круговой кривой	3300	74338.007	10570.873	189° 17' 22"	156.070	156.080
	Конец круговой кривой						
5867+24.34	Начало круговой кривой	2800	73920.095	10502.517	194° 56' 31"	423.466	423.758
	Конец круговой кривой						
5869+16.96	Начало переходной кривой	0	73619.730	10416.315	198° 09' 20"	192.580	192.622
	Конец переходной кривой						
5870+36.96	Начало прямой	0	68855.571	8857.319	198° 31' 39"	119.997	120.000
	Конец прямой						
5920+40.21	Начало переходной кривой	3000	68751.791	8819.188	203° 35' 14"	5003.250	5003.250
	Конец переходной кривой						
5921+60.21	Начало круговой кривой	3000	58339.841	8639.320	206° 38' 51"	119.999	120.000
	Конец круговой кривой						
5926+10.15	Начало переходной кривой	0	58234.533	8581.791	209° 21' 38"	449.505	449.940
	Конец переходной кривой						
5927+30.15	Начало прямой	0	56498.837	7618.206	208° 43' 42"	119.996	120.000
	Конец прямой						
5947+15.33	Начало переходной кривой	3140	66411.148	7570.142	198° 49' 07"	1985.229	1985.230
	Конец переходной кривой						
5948+15.38	Начало круговой кривой	3140	65450.333	7242.708	188° 55' 90"	99.997	100.000
	Конец круговой кривой						
5958+34.95	Начало переходной кривой	0	65351.554	7227.128	188° 36' 28"	1015.075	1019.570
	Конец переходной кривой						
5959+34.95	Начало прямой	0	65287.237	7217.392	-	100.000	100.000
	Конец прямой						
5960+00.00	Конец прямой	0	65287.237	7217.392	-	65.050	65.050

При выполнении контурной съемки железнодорожных путей с использованием АПК «Профиль» исходные данные представлены в виде набора цифр, описывающих пространственное положение железнодорожного пути и геометрические параметры рельсовой колеи:

-5.913 ;662.196 ;-2.448 ;1578.808 ;-44.896 ;-16.496 ;663.476 ;8655

-5.913 ;662.196 ;-2.448 ;1578.808 ;-44.454 ;-16.356 ;663.476 ;8656

-5.913 ;662.196 ;-2.448 ;1578.808 ;-44.033 ;-16.165 ;663.476 ;8657

*\$GPGGA,050934.00,5507.86243421,N,08257.16677216,E,4,8,1.0,216.805,M,-35.951,M,1.0,0029\*56*

*\$GPGSV,2,1,8,2,39,087,46,5,17,216,41,10,69,133,52,13,16,029,38\*49*

*\$GPGSV,2,2,8,6,24,304,43,24,53,262,49,29,63,281,51,30,28,231,44\*72*

-5.913 ;662.196 ;-2.448 ;1578.808 ;-43.659 ;-15.930 ;663.476 ;8658

-5.913 ;662.196 ;-2.448 ;1578.808 ;-43.348 ;-15.686 ;663.476 ;8659

-5.913 ;662.196 ;-2.448 ;1578.808 ;-43.078 ;-15.467 ;663.476 ;8660

Полученные данные используются для создания электронных проектов. Электронный проект представляет собой данные пространственного положения оси пути и геометрические параметры определенным образом структурированные с форматом, обеспечивающим работу САУ на базе ГНСС.

*x\_МСК;y\_МСК;h\_МСК;lat\_wgs84;long\_wgs84;никет;возвышение;вырезка;код  
6049807.43;416269.27;98.79;54.5666;73.7046;57000.73;0.00;0.20 PK570  
6049737.27;416340.88;98.83;54.5660;73.7057;57100.98;0.00;0.20;PK571  
6049667.61;416412.58;98.88;54.5654;73.7068;57200.95;0.00;0.20;PK572  
6049598.52;416483.69;98.92;54.5647;73.7080;57300.09;0.00;0.20;PK573  
6049528.26;416555.58;98.96;54.5641;73.7091;57400.61;0.00;0.20;PK574*

Из приведенных величин в таблице 1 и структуры данных электронного проекта видно насколько отличается представление электронного проекта от традиционного проекта выправки пути.

В Сибирском государственном университете путей сообщений (СГУПС) разработаны САУ на базе ГНСС для всех типов путевых строительных машин (ЭЛБ, ВПО, Доумат, ЩОМ1200, RM2002). В настоящее время эти машины работают на ЗСЖД. СГУПС в оснащении путевой строительной железнодорожной техники на базе ГНСС занимает лидирующие позиции в России.

Внедрение цифровых технологий позволило значительно повысить эффективность геодезического обеспечения ремонта железных дорог за счет сокращения этапов и отдельных видов работ. Подготовительные работы с использо-

ванием САУ на базе ГНСС включают в себя создание электронного проекта, при этом этап разбивочных работ исключается из технологического процесса. Операционный контроль выполняется с использованием непосредственно САУ по избыточной информации. Данные по выправке пути и вырезке балласта в процессе работы САУ записываются в БД САУ и после окончания ремонта используются для контроля соответствия выполненных работ проектным данным. Исполнительная съемка выполняется с использованием АПК «Профиль».

Таким образом, геодезическое обеспечение ремонта железных дорог с использованием цифровых технологий принципиально изменилось и в настоящее время все технологические процессы, включая постановку пути в проектное положение, автоматизированы.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Патент 147033 Российская Федерация, МПК 51 E01 B29/04. Система для управления выправкой пути / В.В. Щербаков, А.И. Пименов, И.В. Щербаков, А.Н. Модестов, И.А. Бунцев, В.П. Славкин. -№ 2014120965/11; заявл. 23.05.2014, опубл. 27.10.2014.
2. Патент 2261302 Российская Федерация, МПК 51 E01 B35/00. Способ определения пространственных параметров рельсового пути и устройство для его осуществления / В.В. Щербаков, А.Н. Модестов, В.М. Круглов, И.И. Козятник, А.В. Демура. - № 200311110/11; заявл. 20.10.2004, опубл. 27.09.2005.
3. Ковалева О. В. Использование ГИС-технологии при определении пространственного положения и геометрических параметров железной дороги // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 1. – С. 101–107.
4. Патент 112209 Российская Федерация, МПК 51 E01 B35/00. Путевая машина / В.В. Щербаков, А.Н. Модестов, В.Д. Верескун, А.С. Пикалов. - № 2011133389/11; заявл. 09.08.2011, опубл. 10.01.2012.
5. Патент 136048 Российская Федерация, МПК 51 E01 B29/04. Устройство для выправки железнодорожного пути / В.В. Щербаков, И.В. Щербаков, А.Н. Модестов, И.А. Бунцев, В.П. Славкин. -№ 2013134278/11; заявл. 22.07.2013, опубл. 27.12.2013.
6. Щербаков В. В. Выправка пути при реконструкции и ремонте железнодорожных путей с использованием ГИС-технологий и ГНСС // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 3. – С. 14–20.

© В. В. Щербаков, А. Г. Фомин, О. Н. Лыско, Г. В. Попов, А. П. Могилевич, 2015

## ПРИМЕНЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЕТИ АБС НСО И МЕТОДА PPP ПРИ ГЕОДЕЗИЧЕСКОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ РАБОТ

*Станислав Олегович Шевчук*

ФГУП «Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и Минерального сырья», 630091, Россия, г. Новосибирск, Красный пр., 67, и. о. заведующего отделом геодезического обеспечения геолого-геофизических работ, тел. (383)22-45-86, e-mail: staspp@211.ru

*Юрий Михайлович Зюзин*

ФГУП «Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и Минерального сырья», 630091, Россия, г. Новосибирск, Красный пр., 67, заведующий лабораторией полевой геофизики, тел. (383)222-48-55, e-mail: zyuzin54@mail.ru

В статье рассмотрен вопрос эффективности применения измерений сети активных базовых станций (АБС) Новосибирской области в сравнении с использованием собственной базовой станции при геодезическом обеспечении геологоразведочных работ. Также выполнено сравнение с методом Precise Point Positioning.

В качестве экспериментальных данных использованы измерения, проводимые в рамках гравirazведки масштаба 1 : 200 000.

**Ключевые слова:** ГНСС, спутниковая навигация, точное точечное позиционирование, геодезическое обеспечение, активная базовая станция, геологоразведка.

## GEODETTIC SUPPORT OF GEOLOGICAL PROSPECTING WORK USING OF GEODETTIC NETWORK CORS NSO AND PPP METHOD

*Stanislav O. Shevchuck*

Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Raw Materials (SNIIGGiMS), 630091, Russia, Novosibirsk, 67 Krasniy Pr., acting as a head of the department of geodetic maintenance of geophysical works, tel. (383)222-45-86, e-mail: staspp@211.ru

*Yuri M. Zyuzin*

Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Raw Materials (SNIIGGiMS), 630091, Russia, Novosibirsk, 67 Krasniy Pr., acting as a head of the laboratory of field geophysics, tel. (383) 222-48-55, e-mail: zyuzin54@mail.ru

In the article the question of using the Novosibirsk oblast' CORS in comparison with using own base station during geodetic support of geological prospecting works is investigated. Also performed a comparison with the method of Precise Point Positioning.

As experimental data used measurements that carried out under gravity prospecting with scale 1 : 200 000.

**Key words:** GNSS, satellite navigation, Precise Point Positioning, geodetic support, CORS, reference station, geological prospecting.

Геодезическое обеспечение геолого-геофизических исследований включает в себя комплекс работ, выполнение которых непосредственно влияет на ка-

чество проводимых исследований в целом. В частности, это: создание геодезической основы, вынос на местность пунктов измерений с определением их местоположения в заданных системах координат (разбивочно-привязочные работы), создание топографической основы и прочие сопутствующие работы [5].

В настоящее время для геодезического обеспечения геологоразведочных работ широко применяются Глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС), в частности GPS (США) и ГЛОНАСС (РФ).

При проведении работ, требующих точного определения координат и/или высот используется относительный метод спутникового позиционирования, подразумевающий совместную обработку измерений спутникового приёмника, размещенного на пункте с известными координатами (базовой станции – БС) с измерениями приемника, перемещаемого между определяемыми пунктами (мобильный приемник). Часто при выполнении таких работ используется режим «стой-иди» (Stop-and-Go), значительно снижающий временные затраты за счет сокращения времени измерений на определяемых пунктах.

В настоящее время идет активное развитие отечественной ГНСС ГЛОНАСС в соответствии с Федеральной целевой программы «Поддержание, развитие и использование системы ГЛОНАСС в 2012 – 2020 годах» (утв. постановлением Правительства РФ 3 марта 2012 г. №189). В программе сделан упор, в частности, на развитие наземной инфраструктуры, включающей в себя создание и развертывание региональных геодезических сетей активных базовых станций (АБС). В настоящее время такие сети развернуты во многих регионах Российской Федерации и позволяют выполнять спутниковые измерения относительным и дифференциальным методом, как в режиме постобработки, так и в реальном времени (RTK).

В Новосибирской области при содействии Сибирской государственной геодезической академии (СГГА) была создана сеть АБС, состоящая в настоящее время из 31 пункта и поддерживаемая Государственным бюджетным учреждением «Центр навигационных и геоинформационных технологий НСО» [4]. Аспекты создания и уравнивания сети рассмотрены в ряде публикаций [6,11,14].

В связи с этим появилась возможность исследования практического применения измерений станций для оптимизации геодезического обеспечения геологоразведочных работ (в первую очередь, за счет работы только с мобильным приемником, с отказом от размещения, привязки и мониторинга измерений базовой станции в поле).

Кроме того, альтернативой указанным вариантам реализации относительного метода спутникового позиционирования является метод точного точечного позиционирования (Precise Point Position – PPP). Данный метод активно развивается и исследуется по всему миру. Подробно метод PPP рассмотрен в [2,8,15,17], в том числе его применение в геологической отрасли [12,13]. Основой метода является применение точных параметров орбит и спутниковых часов, вычисляемых по измерениям станций IGS.

Исследования выполнялись в рамках гравиметрических работ масштаба 1:200 000, проводимых на Ирменско-Кирзинской площади на территории НСО в 2014 году. В соответствии с [5], при проведении данного вида работ имеются строгие требования к определению нормальных высот пунктов гравиметрических наблюдений (СКП не грубее 2,5 м). Получение высот с заданной точностью средствами ГНСС (без применения классических методов нивелирования) возможно относительным методом с использованием модели геоида, например, EGM08 [7,9,10].

В рамках указанных работ применялась двухчастотная спутниковая геодезическая аппаратура Leica GS10 и Javad Triumph1, принимающая сигналы ГНСС GPS и ГЛОНАСС. В полевых условиях разворачивалась собственная базовая станция. В период проведения работ выполнялось три стоянки базовой станции, а мобильными приемниками выполнялись измерения в режиме «Stop-and-Go» в объеме более 2000 пунктов. Измерения на пунктах длились в среднем 4 – 6 минут с часовой статической инициализацией. Для обработки использовался программный комплекс Magnet Office Tools (Topcon).

Длина базовых линий (расстояний от базовой станции до мобильного приемника) не превышала 50 км, обеспечивая инструктивную точность в соответствии с характеристиками применяемой аппаратуры. Перестановка станций выполнялась с учетом того, что с увеличением базовых линий точность относительного позиционирования понижается, а в руководстве к аппаратуре зачастую не рекомендуется работать на расстоянии более 50 км [18], в первую очередь из-за влияния ионо- и тропосферы и возможного снижения количества общих спутников на станциях [3]. Для повышения качества материала, повышения надежности решения и сокращения времени измерений на пунктах наблюдений, запись выполнялась с дискретностью 1 с.

При выполнении контроля (по картам крупных масштабов и пунктам государственной геодезической сети (ГГС) с известными высотами, встречавшихся на площади в крайне ограниченном количестве), выявлено, что СКП определения нормальных высот указанным методом не превысила 1 м.

Данные АБС в рамках рассмотренных работ были применены только для определения координат и нормальных высот собственной базовой станции (в силу практически полного отсутствия поблизости действующих пунктов ГГС).

*Однако для определения координат и высот пунктов измерений они не применялись в силу следующих рисков:*

– низкая дискретность измерений (30 с), применение которой в режиме «Stop-and-Go» ведет к меньшему количеству обрабатываемых эпох измерений, как следствие – к менее надежному решению [1, 3, 16];

– возможность проведения профилактических работ на ближайших АБС, зависимость от качества обслуживания станций;

– значительное удаление некоторых участков работ от ближайших АБС.

Кроме того, применение измерений сети АБС для данного вида работ (в частности для режима «Stop-and-Go») на тот момент не было исследовано. То же утверждение справедливо и для PPP.

Однако применение данных АБС и метода PPP может позволить отказаться от размещения собственной базовой станции, сократив тем самым определенный объем трудозатрат.

В итоге, после завершения полевого сезона и обработки материала, были выполнены сравнительные исследования с целью определения точностных характеристик применения данных АБС в сравнении с использованием собственной базовой станции.

Суммарно в рамках исследований было обработано 300 пунктов измерений (6 полных дней работы одной бригады). Станции АБС НСО выбраны по степени различной удаленности от определяемого пункта, в том числе и значительно более 50 км (опираясь на исследования, приведенные в [3]). Параметры исследований приведены в табл. 1.

Таблица 1

Базовая станция		Дискретность измерений, с	Расстояния до пунктов измерений, км	Априорная точность (СКП) в соответствии с РЭ, м	
				в плане $m'_l$	по высоте $m'_h$
пос. Тычкино		1	0.5 – 30	0.01 – 0.04	0.02 – 0.06
сеть АБС НСО	BAGA	30	0.5 – 30	0.01 – 0.04	0.02 – 0.06
	KUPI		30 – 50	0.04 – 0.06	0.06 – 0.09
	ZDVI		50 – 90	0.06 – 0.10	0.09 – 0.15
	KYSH		250 – 300	0.25 – 0.3	0.4 – 0.5
	BOLO		400 – 450	0.4 – 0.45	0.6 – 0.7
<i>Примечание</i> – При длине базовой линии более 50 км (для KYSH, BOLO, ZDVI) априорная СКП может не соответствовать РЭ					

Предрасчетная (априорная) СКП в плане ( $m'_l$ ) и по высоте ( $m'_h$ ), приведенная в таблице, вычислялась по формулам, приведенным в руководстве по эксплуатации (РЭ) аппаратуры ГНСС [18]:

$$\begin{aligned}
 m'_l &= 10\text{мм} + 1 \cdot D^{-6}\text{мм}; \\
 m'_h &= 15\text{мм} + 1,5 \cdot D^{-6}\text{мм},
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

где  $D$  – длина базовой линии.

Данная априорная погрешность не учитывает погрешности перехода к отечественным системам координат, геометрический фактор, многопутность и прочие погрешности спутниковых измерений и, в соответствии с РЭ, применима только для базовой линии длиной не более 50 км.

Координаты и высоты, полученные в результате обработки относительным методом по измерениям станции в пос. Тычкино, использованной отрядом в процессе выполнения работ, брались за истинные. Графики разностей в плане и по высоте для пунктов «Stop-and-Go» представлены на рис. 1.

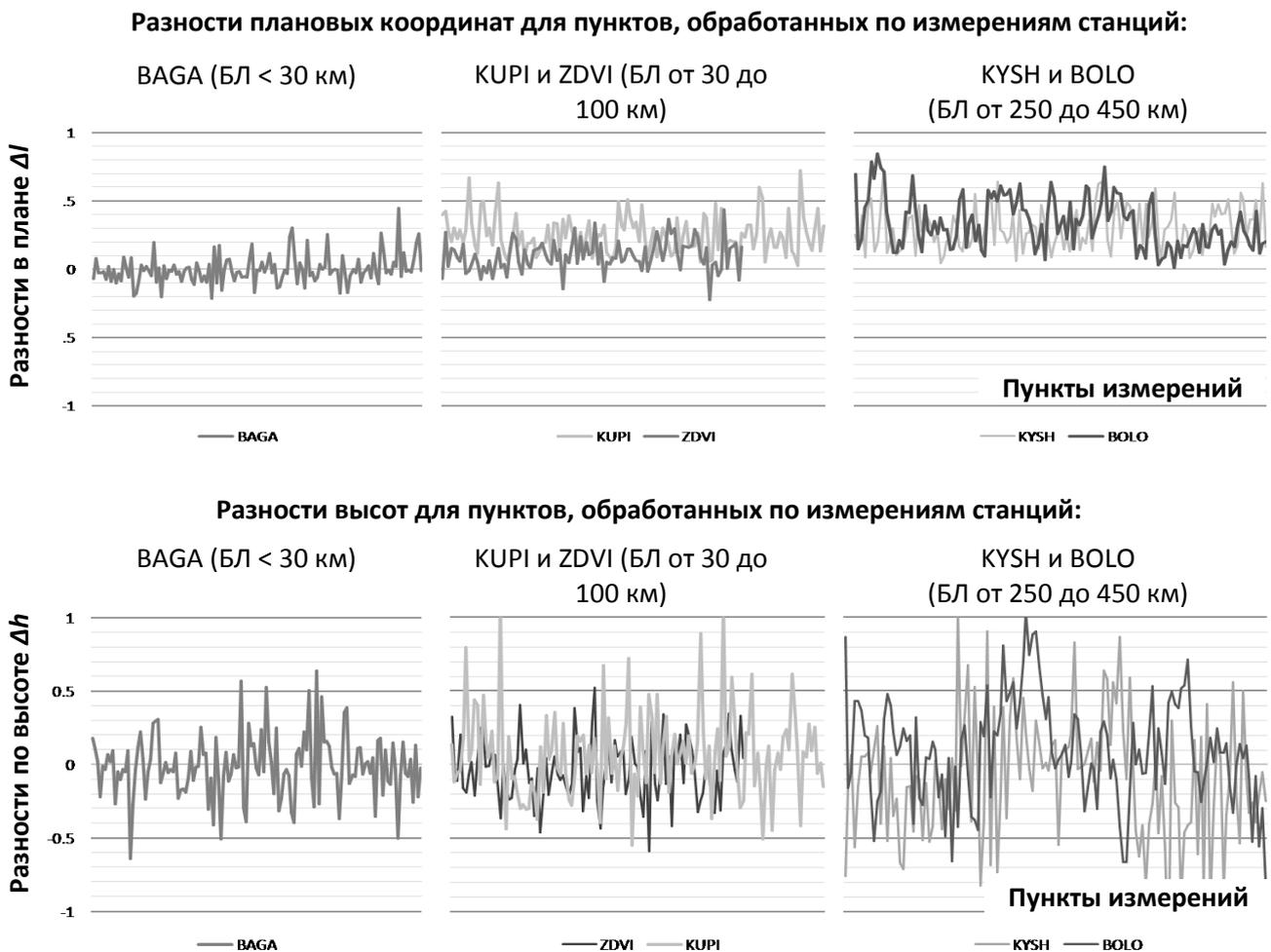


Рис. 1. Разности координат и высот пунктов «Stop-and-Go», обработанным по измерениям собственной БС и станций АБС НСО

Измерения мобильного приемника были также обработаны методом PPP в программном комплексе NovAtel GrafNav. На рис. 2 приведены графики разностей измерений на пунктах «Stop-and-Go», полученных с использованием базовых станций BAGA и BOLO (самой близкой и самой удаленной) в сравнении с соответствующими разностями для PPP.

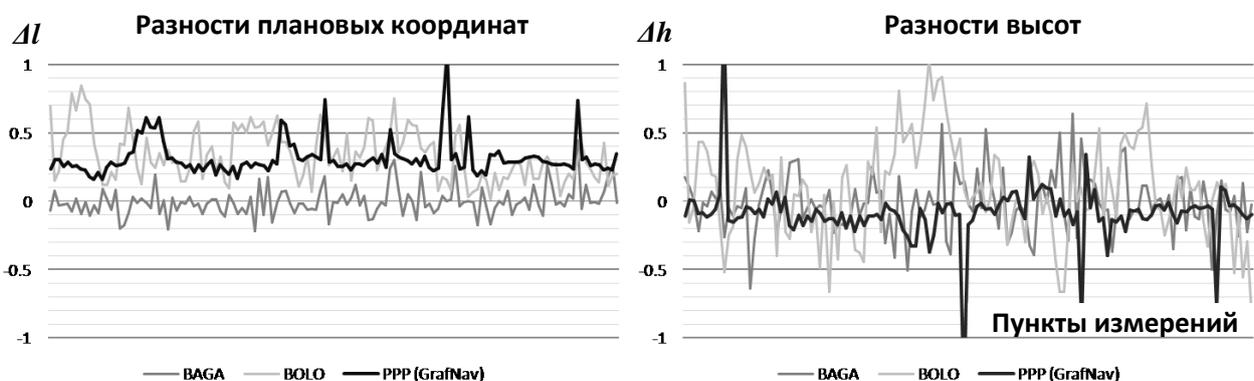


Рис. 2. Разности координат и высот пунктов «Stop-and-Go», обработанным по измерениям собственной БС и станций АБС НСО и по методу PPP

Результаты анализа отклонений приведены в табл. 2 как для АБС НСО, так и для PPP.

Таблица 2

Характеристика	BAGA	KUPI	ZDVI	KYSH	BOLO	PPP
$(\Delta l)_{min}$	-0.22	0.03	-0.22	0.04	0.01	0.16
$(\Delta l)_{max}$	0.44	0.72	0.43	0.72	0.85	1.09
$(\Delta h)_{min}$	-0.64	-0.55	-0.59	-1.34	-0.82	-1.40
$(\Delta h)_{max}$	0.64	1.08	0.52	1.03	1.03	1.34
Среднеквадратические погрешности						
$m_{\Delta l}$	0.11	0.29	0.15	0.34	0.39	0.34
$m_{\Delta h}$	0.21	0.3	0.21	0.43	0.36	0.24

При оценке разностей были исключены систематические погрешности в плановых координатах (по среднему значению отклонений), достигавшие 1 м на пункте BOLO (предположительно, погрешности уравнивания сети или перехода между 13 и 14-й зонами проекции Гаусса-Крюгера).

Приведенные данные свидетельствуют о влиянии длины базовой линии, и в то же время возможности позиционирования мобильных приемников на значительном расстоянии от БС с соблюдением требуемых точностей для данного вида работ. Также подтвердилась конкурентоспособность и для метода PPP.

Несмотря на это, обнаружен большой разброс погрешностей на пунктах, обработанных по измерениям станций KUPI и KYSH (разности, превышающие 0.5 м в плане и 1 м по высоте). Имелись и единичные случаи грубых решений методом PPP.

Для каждого массива разностей были выделены и проанализированы точки с максимальными и минимальными отклонениями (и близкие к ним, в случае больших разбросов):

- причиной данных экстремумов не являлось количество спутников или время наблюдений на пункте (в том числе и для PPP) и геометрический фактор на мобильной станции, что позволяет сделать вывод о том, что методически измерения были выполнены верно;

- точки с высокими значениями отклонений не совпадают для данных, обработанных по разным станциям;

- в половине случаев, экстремумы отклонений в плане и по высоте, полученные по одним и тем же станциям, присутствовали для одних и тех же пунктов измерений (эти случаи можно объяснить типом решения фазовой неоднозначности);

- наличие систематических сдвигов по координатам  $x, y$  для всех станций, кроме BAGA свидетельствует о наличии погрешности в исходных данных.

Таким образом, основной причиной наиболее грубых погрешностей является количество общих спутников на базовой и мобильной станциях и качество работы базовых станций.

Для PPP, вероятно критичны были срывы, происходившие в процессе измерений спутниковым приемником непосредственно перед измерениями на пункте или после них (обработка в GrafNav ведется в обоих направлениях).

Также стоит отметить, что на станции ZDVI приемник не работал в течение нескольких часов (9.07.2014), вследствие чего, для данной станции обработка оказалась невозможной, а графики на рисунках для данной станции обрываются.

В результате исследований были сделаны следующие выводы:

- применение данных АБС НСО для измерений в режиме «Stop-and-Go» позволяет добиться необходимой точности определения высот, для гравиметрической съемки масштаба 1:200 000 и выполнения ряда других геологоразведочных работ, имеющих подобные требования;

- обработка базовых линий более 50 км фазовой двухчастотной двухсистемной аппаратурой позволяет достичь требуемой точности определения высот, однако обладает меньшей надежностью;

- метод Precise Point Positioning может применяться для обработки измерений в режиме «Stop-and-Go» и, при условии соблюдения непрерывности наблюдений, демонстрирует большую стабильность, нежели относительный способ с меньшей дискретностью при больших БЛ. Обработка PPP может также применяться в качестве контроля.

Таким образом, при выполнении ряда геолого-геофизических работ в Новосибирской области, требования к определению высот и плановых координат при которых составляет 1–2 метра, развертывание собственной базовой станции не является необходимым мероприятием.

Важно отметить, что в приведенных исследованиях *погрешность оценивалась по разностям с измерениями, принятыми за эталон*. Определение абсолютных значений СКП при которых в качестве эталона будут использованы пункты отраслевого геодезического полигона ФГУП «СНИИГГиМС» будут приведены в последующих публикациях. Эти исследования будут включать как статические сеансы, так и исследования режима «Stop-and-Go» с различным временем нахождения на пунктах.

Применение АБС в дальнейшем позволит существенно снизить материальные и трудовые затраты. Данные исследования будут продолжены с целью дальнейшего подтверждения указанного вывода более полными и детальными данными.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Антонович К. М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии [Текст]: монография в 2 т. Т. 2 / К. М. Антонович. – М.: Картгеоцентр, 2005. – 334 с.

2. Виноградов, А.В. Оценка точности метода Precise Point Positioning и возможности его применения при кадастровых работах [Текст] / А.В. Виноградов, А.В. Войтенко, А.Ю. Жигулин // Геопрофи. – 2010. – №2. – с. 27 – 30.

3. Войтенко А. В. Разработка методики создания планового геодезического обоснования с применением спутниковой системы GPS при межевании земель [Текст]: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 25.00.32 / Войтенко Андрей Владимирович. – Новосибирск, 2008. – 22 с.

4. Государственное бюджетное учреждение "Центр навигационных и геоинформационных технологий Новосибирской области" [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://rtk.nso.ru/>
5. Инструкция по топографо-геодезическому и навигационному обеспечению геолого-разведочных работ [Текст]. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 1997. – 106 с.
6. Карпик А. П., Решетов А. П., Струков А. А. Определение координат пунктов сети базовой станций Новосибирской области // ГЕО-Сибирь-2011. VII Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2011 г.). – Новосибирск: СГГА, 2011. Т. 1, ч. 1. – С. 9–15.
7. Карпик А. П., Гиенко Е. Г., Косарев Н. С. Анализ источников погрешностей преобразования координат пунктов спутниковых геодезических сетей // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъёмка. – 2014. – № S4. – С. 55–62.
8. Липатников Л. А. О методике точного дифференциального позиционирования (Precise Point Positioning) и перспективах её совершенствования // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр., 10–20 апреля 2012 г., Новосибирск : сб. молодых ученых СГГА. – Новосибирск : СГГА, 2012. – С. 48–53.
9. Непоклонов, В. Б. Определение высот с использованием модели геоида [Текст] / Автоматизированные технологии изысканий и проектирования.– 2007.– № 3(26).– с . 56–60.
10. Пигин А. П. Глобальная модель геоида EGM2008. Предварительный анализ [Текст] / А. П. Пигин, С. В. Березина // Автоматизированные технологии изысканий и проектирования. – 2008. – № 3(31). – С. 63–66.
11. Определение параметров перехода от общеземной к государственной системе координат на территорию Новосибирской области / Я. Райнер, К. Симона, Е. К. Лагутина, Т. И. Горохова // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск: СГГА, 2012. Т. 2. – С. 195–203.
12. Шевчук С. О. Исследование метода точного точечного позиционирования для геодезического обеспечения геолого-геофизических работ // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск: СГГА, 2012. Т. 2. – С. 251–258.
13. Шевчук С. О., Косарев Н. С. Применение метода точного точечного позиционирования (PPP) для геодезического обеспечения аэроэлектроразведочных работ // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск: СГГА, 2012. Т. 2. – С. 239–244.
14. Шендрик Н. К. Исследование точности геодезической сети активных базовых станций Новосибирской области в государственной системе координат и высот [Текст] // Геодезия и картография.– 2014. – № 1. – С. 2–7.
15. Bisnath S. Precise Point Positioning – A Powerful Technique with a Promising Future [Text] / S.Bisnath, Y.Gao – Англ. – GPS World. – 2009. – No. 4. – P. 43-50. – Англ.
16. Eckl, M.C. Accuracy of GPS-derived relative positions as a function of interstation distance and observing-session duration [Text] / M.C. Eckl, R.A. Snay, T. Soler, M.W. Cline, G.L. Malder // J. of Geodesy. – 2001. – Vol. 75, No. 12. – P. 633 – 640. – Англ.
17. Hofmann-Wellenhof, B. GNSS - Global Navigation Satellite Systems GPS, GLONASS, Galileo and more [Text] / B. Hofmann-Wellenhof, H. Lichtenegger, E. Wasle – Wien, New-York: Springer. – 2008. – 516 p. – Англ.
18. Javad Triumph-1 User Manual [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://www.javadgnss.ru/doc/triumph-1/TRIUMPH-1\\_RUS\\_User\\_manual.pdf](http://www.javadgnss.ru/doc/triumph-1/TRIUMPH-1_RUS_User_manual.pdf)

## К ВОПРОСУ СОЗДАНИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ ОСНОВЫ ДЛЯ СОВРЕМЕННОЙ ГНСС-СЕТИ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

*Дилбархон Шамурадовна Фазилова*

Астрономический институт имени Улугбека Академии Наук Республики Узбекистан, 100052, Республика Узбекистан, г. Ташкент, ул. Астрономическая, 33, кандидат физико-математических наук старший научный сотрудник отдела прикладных космических исследований, тел. (998-91)227-69-00, e-mail: kitab@intal.uz

*Алишер Шамурадович Фазилов*

Ташкентский архитектурно-строительный институт, 100011, Республика Узбекистан, г. Ташкент, ул. Навои, 13, доцент кафедры информатики и информационных технологий, тел. (998-90)994-48-15, e-mail: kitab@intal.uz

В статье рассматриваются вопросы построения опорного геодезического базиса спутниковой сети Узбекистана, развития современных пакетов программ обработки высокоточных измерений.

**Ключевые слова:** национальная опорная геодезическая сеть, GNSS станция, PPP

## ABOUT IMPROVING OF GEODETIC GNSS-BASE OF THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN

*Dilbarkhon Sh. Fazilova*

Ulugh Beg Astronomical Institute of the Uzbek Academy of Sciences, 100052, Republik of Uzbekistan, Tashkent, 33 Astronomicheskaya St., Ph. D., research scientist of Department of Applied Space Researches, tel. (998-91)2276900, e-mail: kitab@intal.uz

*Alisher Sh. Fazilov*

Tashkent Architectural Building Institute, 100011, Republik of Uzbekistan, Tashkent, 13 Navoi St., Ph. D., senior lecture in Informatics and information technologies sub department, tel. (998-90)994-48-15, e-mail: kitab@intal.uz

In the article the questions of construction of geodetic base of Uzbekistan geodetic network and development of modern packages of software of processing of the high-accuracy measurements are considered.

**Key words:** national reference geodetic network, GNSS station, PPP.

Государственные геодезические сети имеют важное научное и народнохозяйственное значение. Они должны быть надежно закреплены на местности, рассчитаны на длительный срок службы, а по точности должны удовлетворять требованиям науки, задачам народного хозяйства страны, причем, не только ближайшего, но и сравнительно отдаленного будущего. Для этого их необходимо строить на строго научной основе, причем с наивысшей точностью, достигаемой в массовых измерениях при использовании новейших методов и высокоточной измерительной техники. Многие страны мира (Великобритания,

США, Германия, Швеция, Корея, и др.) уже создали или создают (Россия, Узбекистан) сети постоянно действующих базовых станций для приема распространения спутниковых сигналов и успешно применяют их для решения различных задач, таких как: определение координат пунктов геодезических сетей, геодинамические исследования, создание и обновление топографических и кадастровых карт и планов, привязка центров аэрофотоснимков; определение границ земельных участков, местоположения объектов недвижимости; сбор данных для создания и обновления баз данных ГИС; изыскательские работы, прокладка ЛЭП, трубопроводов; строительство. В настоящее время современная государственная геодезическая сеть (ГГС) РУз неоднородна и не в полной мере отвечает своему назначению - быть носителем единой системы координат на территории страны; часть пунктов утрачена. Все проводимые в настоящий момент измерительные и вычислительные работы носят урывочный характер и не имеют привязки к опорным международным станциям. Нет научнообоснованных рекомендаций по инсталляции, обслуживанию, а самое главное по обработке данных, получаемых с новых ГНСС станций. Актуальными научными вопросами являются определение минимального количества опорных станций, разработка методики по развертыванию геодезической сети с учетом территориальных особенностей нашей Республики. Решение проблемы разработки соответствующих технологий для реконструкции и развития систем координат государственных геодезических сетей ставит целый ряд научных задач, среди которых: выбор системы координат и отсчетного эллипсоида, установление связей с системами локальных геодезических координат и общеземной системы координат, определение высот спутниковыми методами, методы совместной обработки спутниковых и наземных сетей и другие. Для решения всех перечисленных проблем, в первую очередь, необходима геодезическая основа, реализующая единую систему пространственных (плановых и высотных) координат на всей территории Узбекистана, отвечающая современным требованиям картографирования и обеспечивающая решение научных и инженерно-технических задач народного хозяйства на высоком научно-техническом уровне. Основной целью, проводимых в настоящей работе исследований, является выработка рекомендаций для определения начальных координат новых станций проектируемой геодезической основы.

В настоящее время в республике в рамках Государственной программы реализуется проект создания национальной геоинформационной системы и ее базового элемента - Государственной геодезической сети, базированной на ГНСС измерениях. В ходе совершенствования геодезической сети предусмотрено создание: системы референчных пунктов (РГП), спутниковой сети 0-го класса (СГС-0), спутниковой сети 1-го класса (СГС-1) [1]. Следует отметить, что в Республике Узбекистан на сегодняшний день успешно на протяжении более 20 лет функционируют два постоянно действующих опорных пункта международной геодинамической сети IGS – станции Ташкент (TASH) и Китаб (KIT3) Астрономического института АН РУз.

Результатом расширения успешной кооперации с Центром Исследования Земли Потсдама (GFZ) в данной области стала инсталляция в конце 2012 года новой гидрометеорологической станции на Майданакской обсерватории (MADK) в рамках проекта "Вода в Центральной Азии" (CAWa). Целью данного проекта является содействие центрально-азиатским государствам в создании научно обоснованной и достоверной региональной базы данных для разработки устойчивой стратегии управления водными ресурсами. Будет создана гидрометеорологическая сеть мониторинга и база геоданных. Гидрометеорологические ROMPS станции этого проекта имеют в своем составе гидрологические и метеорологические датчики, GNSS приемники. Станция расположена на территории Высокогорной Майданакской обсерватории АИ АН РУз. Станция измеряет различные метеопараметры, включая температуру и влажность воздуха, атмосферное давление, направление и скорость ветра, параметры солнечной радиации, температуру и влажность почвы на глубинах до 1 метра, количество жидких осадков, дополнительно станция снабжена GNSS приемником [2].

При построении национальной геодезической сети Узбекистана точные координаты новых вводимых пунктов сети должны быть определены относительно мировой геодезической системы (WGS-84) или же относительно международной земной опорной системы (ITRF). Спутниковые приемники GPS, используемые в настоящее время при выполнении геодезических работ, обеспечивают определение координат на сантиметровом уровне точности. Для получения такой точности используется относительный метод спутникового позиционирования. Измерения в данном случае проводятся с помощью как минимум двух двухчастотных приемников, причем один из них должен быть установлен на базовой станции с известными координатами. Отсюда следует, что для заданной территории необходимо иметь развитую инфраструктуру сети опорных станций. Осуществление поддержки геодезических работ в полном объеме требует наличия дорогостоящего оборудования и выполнения «длительной привязки» на базовой станции. Построение геодезических сетей в настоящее время также является дорогостоящим процессом и требует для непрерывной обработки наличия специального программного обеспечения (BERNESE, EUPOS, GIPSY и др.). Данная проблема является актуальной и для Узбекистана.

Для предварительной оценки значений позиций новых пунктов, а также в местах с ограниченным доступом к коммуникации и удаленных регионах в настоящее время рекомендуется использовать метод PPP (Precise Point Positioning) определения координат. Данный метод разработан в 2005 г. компанией NovAtel (Канада) и позволяет определять координаты одним двухчастотным спутниковым приемником GPS с точностью близкой к точности дифференциального или относительного методов спутниковой геодезии (5–6 см). Важной особенностью метода PPP является то, что он не требует наличия базовой станции и дифференциальной коррекции. Для компенсации основных погрешностей, возникающих при абсолютных фазовых GPS-измерениях, в данном методе используются точные значения эфемерид и поправок часов спутни-

ков, информация о задержке спутникового сигнала в ионосфере и тропосфере и др. Такую информацию в виде отдельных файлов формируют в международных сервисных центрах обработки данных ГНСС-наблюдений (GPS и ГЛОНАСС) и предоставляют пользователям из различных стран через специализированные интернет-ресурсы. В данной работе использованы данные сервисного центра Международной службы ГНСС (International GNSS Service — IGS) [3,4].

За последние годы ряд аналитических центров разработали онлайн службы для расчета координат для новых задаваемых пунктов в режиме PPP. Эти службы являются бесплатными и неограниченными в доступе для любого пользователя. В данной работе нами были использованы две из них: Automatic Precise Positioning Service (APPS), разработанную Jet Propulsion Laboratory (JPL) [5] и выполняющую точное позиционирование с использованием высокоточных орбит и часов JPL и CSRS-PPP службу, разработанную Natural Resources Canada (NRCan), использующую для выполнения PPP в статике или кинематике точные IGS орбиты и часы [6].

Координаты для нового пункта Майданак были обработаны с помощью научного программного комплекса Бернес в центре исследования Земли Потсдама GFZ. Также данные были отправлены в онлайн службы JPL и CSRS. Для сравнения были выбраны станции Китаб (KIT3) и Ташкент (TASH). Нами выполнено исследование точностных и эксплуатационных возможностей данных служб и сравнение результатов с независимым тестированием на программном комплексе BERNES (BSW).

Для вычисления ежедневных PPP (IGS08) решений (табл.) мы использовали финальные решения для орбит и часов аналитического центра CODE с последующей трансформацией в IGS08. Нами выполнена оценка разности между решениями онлайн сервисов (JPL and CSRS) и результатами, полученными с помощью программного комплекса BERNES. Среднеквадратическое отклонение для широтной (North), долготной (East) и высотной (Up) компонент составила  $+0.03 \pm 0.23$ ,  $-0.68 \pm 0.90$ ,  $16.91 \pm 27.03$  мм для KIT3;  $0.32 \pm 0.06$ ,  $-0.35 \pm 0.24$ ,  $-0.47 \pm 8.85$  мм для MADK;  $-0.07 \pm 0.16$ ,  $0.17 \pm 0.50$ ,  $12.53 \pm 31.90$  мм для TASH соответственно для JPL решения, и  $0.26 \pm 0.19$ ,  $-0.70 \pm 0.79$ ,  $42.78 \pm 9.24$  мм для KIT3, и  $0.60 \pm 0.05$ ,  $-0.54 \pm 0.04$ ,  $13.87 \pm 4.70$  мм для MADK для CSRS решения.

*Таблица*

Значения эллипсоидальных координат станций Китаб, Майданак, Ташкент

Станция	Широта/СКО (м)	Долгота/СКО (м)	Эллипсоидальная высота (м)/СКО
KIT3	39° 08' 05".16194 0.004	66° 53' 07".61427 0.005	622.448 0.011
MADK	38 °40' 25".57678 0.004	66° 53 '48".70510 0.005	2551.329 0.010
TASH	41° 19 '40".97839 0.007	69 °17' 44".04933 0.007	439.724 0.020

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Белевич, С.В., Бекбаев, Г.К. Совершенствование национальной геодезической сети Республики Узбекистан с использованием приборов спутникового позиционирования // Земельные ресурсы Казахстана.-2006.-№37-С.11-12.
2. Schone T., C. Zech, K. Unger-Shayesteh, V. Rudenko, H. Thoss, H.-U. Wetzel, A. Gafurov, J. Illigner, and Zubovich. A new permanent multi-parameter monitoring network in Central Asian high mountains – from measurements to data bases// Geosci. Instrum. Method. Data Syst., 2, 97–111, 2013
3. Seredovich V.A., Ehigiator- Irughe R, Ehigiator M.O. PPP Application for estimation of precise point coordinates – case study of a reference station in Nigeria// FIG Working Week 2012 Knowing the manage the territory, protect the environment, evaluate the cultural heritage Rome, Italy, 6-10 May 2012. <https://www.fig.net/pub/fig2012/papers/ts02b>
4. Виноградов А.В., Войтенко А.В. и Жигулин А.Ю. Оценка точности метода Precise Point Positioning и возможности его применения в кадастровых работах // Геопрофи. -2010. №2- С.27-30
5. Automatic Precise Positioning Service (APPS) provided by Jet Propulsion Laboratory (JPL)- Режим доступа: <http://apps.gdgps.net/>
6. CSRS-PPP (NRCANGSD) - Service Provided by Natural Resource, Canada- Режим доступа: [http://www.geod.nrcan.gc.ca/products-produits/ppp\\_e.php](http://www.geod.nrcan.gc.ca/products-produits/ppp_e.php).

© Д. Ш. Фазилова, А. Ш. Фазилов, 2015

## О ВОЗМОЖНОСТИ КОНТРОЛЯ ПОЛОЖЕНИЯ ОПОРНЫХ ПУНКТОВ В СИСТЕМАХ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА\*

*Александр Петрович Карпик*

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, доктор технических наук, профессор, ректор, тел. (383)343-39-37, e-mail: rektor@ssga.ru

*Леонид Алексеевич Липатников*

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, младший научный сотрудник, тел. (923)227-89-57, e-mail: lipatnikov\_l@mail.ru

Рассмотрена возможность применения метода Precise Point Positioning для контроля положения опорных пунктов по результатам обработки спутниковых измерений, выполненных малобюджетной аппаратурой потребителя глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС).

**Ключевые слова:** глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС), массовая аппаратура потребителя, высокоточный абсолютный метод, геодезический мониторинг.

## AN OPPORTUNITY FOR REFERENCE POINT DISPLACEMENT ESTIMATION IN GEODETIC MONITORING SYSTEMS

*Alexander P. Karpik*

Siberian State University of Geosystems and Technology, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Doctor of Engineering, professor, rector, tel. (383)343-39-37, e-mail: rektor@ssga.ru

*Leonid A. Lipatnikov*

Siberian State University of Geosystems and Technology, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., junior researcher, tel. (923)227-89-57, e-mail: lipatnikov\_l@mail.ru

Application of Precise Point Positioning (PPP) technique for detecting displacements of reference points using GNSS measurements obtained by low-cost equipment is discussed in the paper.

**Key words:** Global Navigation Satellite Systems (GNSS), low-grade devices, Precise Point Positioning (PPP), geodetic monitoring.

Одним из актуальных направлений развития ГНСС в настоящее время является адаптация малобюджетной аппаратуры потребителя для высокоточного позиционирования. Чаще всего к малобюджетной аппаратуре относят устройства, оснащенные ГНСС-модулями стоимостью менее 100 евро или 100 долла-

---

\* Исследование выполнено за счет средств Министерства образования и науки Российской Федерации (задание 141/2014, проект № 1527).

ров США. В случае гарантированного обеспечения заданной точности измерений такие устройства имеют хорошие перспективы применения в решении различных практических задач, некоторые из них рассмотрены в работе [1]. Одной из таких задач является геодезический мониторинг инженерных сооружений и природных объектов. В настоящее время существуют прототипы различных систем высокоточного мониторинга, в которых применяется малобюджетная аппаратура ГНСС [2, 3].

Суть мониторинга заключается в выявлении значимых изменений состояния объекта. Одной из проблем при организации геодезического мониторинга является контроль положения опорных пунктов [4]. От того, насколько эффективно решена эта проблема, во многом зависит достоверность результатов мониторинга.

В настоящее время применение высокоточного абсолютного метода (Precise Point Positioning – PPP) дает возможность решить эту проблему при использовании двухчастотной геодезической аппаратуры ГНСС. Погрешности позиционирования по методу PPP в режиме реального времени с помощью одного комплекта двухчастотной спутниковой аппаратуры могут быть обеспечены на уровне 1 дм [5]. Если учесть, что опорные пункты закладываются на стабильных основаниях, и предположить, что их смещение происходит достаточно медленно, то при определении их координат можно усреднять на некотором интервале времени результаты, полученные в кинематическом режиме. Это позволит значительно повысить точность определения смещений опорных пунктов, но приведет к запаздыванию, которое необходимо учитывать. Согласно результатам эксперимента, представленным в работе [6], при обработке точных сеансов ГНСС-измерений по методу PPP возможно отслеживать изменение их положения с погрешностями на субсантиметровом уровне.

Проблема заключается в том, что массовая малобюджетная аппаратура в настоящее время позволяет выполнять лишь одночастотные ГНСС-измерения. Одним из редких примеров двухчастотной аппаратуры, которую разработчики относят к малобюджетной, может служить приемник SACES [7], который изначально разрабатывался для исследования ионосферы. Учет влияния ионосферы является ключевой проблемой при использовании малобюджетной измерительной аппаратуры ГНСС для высокоточного определения координат абсолютным методом. Применение наиболее совершенных глобальных моделей ионосферы в одночастотном методе PPP в настоящее время обеспечивает компенсацию ионосферного эффекта с относительной погрешностью около 10 % , что эквивалентно погрешностям измерения псевдодальности от 0,5 до нескольких метров. Такой уровень точности модели измерений неприемлем при решении задач высокоточного геодезического мониторинга.

Описанную проблему предлагается решать за счет установки на одном или нескольких опорных пунктах двухчастотной аппаратуры ГНСС. Во-первых, в этом случае положение такого пункта (и всей сети относительно него) в общеземной системе координат может отслеживаться по методу PPP с высокой точностью. Во-вторых, данные двухчастотных измерений могут быть использова-

ны для компенсации ионосферного эффекта при определении абсолютного положения других станций одночастотным вариантом метода PPP по результатам измерений, выполненных другими станциями с помощью малобюджетной аппаратуры (способ представлен в работе [8]). Далее приведены результаты экспериментальной оценки точности позиционирования по методу PPP с помощью малобюджетной аппаратуры.

В качестве образца малобюджетной аппаратуры потребителя в исследовании использовался разработанный ООО «НТП «СТаТТ» прототип телематического терминала мониторинга автотранспорта, оснащённый навигационным модулем NV08C-CSM и компактной антенной NV2410. Данная аппаратура позволяет выполнять ГЛОНАСС/GPS-измерения на частоте L1.

В исследовании использовались данные ГЛОНАСС/GPS-измерений, выполненных в течение суток 01.05.2014 с интервалом 30 с. Оценивание координат выполнялось в кинематическом режиме относительным методом и методом PPP. Применялись рекуррентные алгоритмы оценивания координат на основе фильтра Калмана, аналогичные алгоритмам позиционирования в режиме реального времени. Использовалась усовершенствованная авторами версия пакета программ RTKLIB [9], включающая дополнительный блок выявления разрывов одночастотных фазовых ГНСС-измерений.

В ходе эксперимента определялись координаты пункта NSKN, относящегося к эталонному пространственному полигону Сибирского государственного университета геосистем и технологий. При оценивании координат относительным методом в качестве базовой станции использовалась постоянно действующая станция NSKW, расположенная на том же здании, что и NSKN. Длина базовой линии составила 12,7 м.

При оценивании координат методом PPP в качестве исходных данных использовались высокоточные окончательные эфемериды и заданные с 30-секундным интервалом поправки бортовых шкал времени ГЛОНАСС и GPS, предоставленные российской Системой высокоточного определения эфемерид и временных поправок [10].

Оценивание координат выполнялось на каждую эпоху измерений в кинематическом режиме двумя методами с использованием различных поправок за влияние ионосферы, рассчитываемых по методу [8] на основе данных, передаваемых от базовых станций в методе RTK; данных навигационного сообщения GPS; окончательных параметров глобальной модели состояния ионосферы IGS (IONEX).

Точность позиционирования оценивалась по отклонению оценок координат от их эталонных значений. При оценке точности позиционирования по методу PPP не учитывались результаты, полученные по данным первого часа и последних 30 минут сеанса измерений. При оценке точности относительного позиционирования исключались грубые результаты (при отклонениях более 30 см от эталонного положения) – всего было отбраковано около 2 % результатов.

В табл. приведены значения среднеквадратических отклонений (СКО) оценок местоположения от эталона в направлениях на восток (E), на север (N), в вертикальном направлении (U), а также модуль вектора СКО (3D).

Таблица

Среднеквадратические отклонения оценок координат от эталона

Метод позиционирования	Ионосферная поправка	СКО, м			
		E	N	U	3D
Относительный	-	0,033	0,025	0,024	0,048
Абсолютный (PPP)	RTK	0,046	0,042	0,057	0,084
Абсолютный (PPP)	IONEX	0,437	0,366	1,077	1,219
Абсолютный (PPP)	GPS	1,201	1,387	2,989	3,507

Результаты эксперимента свидетельствуют о том, что определение координат с помощью малобюджетной аппаратуры может быть обеспечено с погрешностями на уровне нескольких сантиметров как относительным методом, так и методом PPP при условии достаточно точного учета влияния ионосферной задержки. В режиме, близком к реальному времени, можно обеспечить более высокий уровень точности за счет усреднения результатов позиционирования в течение некоторого интервала. В дальнейшем планируется разработать критерии оценки качества высокоточного позиционирования в режиме реального времени и надёжный алгоритм отбраковки грубых измерений времени, а также повысить точность позиционирования за счёт уточнения функциональной и стохастической моделей погрешностей ГНСС-измерений, выполненных с помощью малобюджетной аппаратуры.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Карпик А. П., Липатников Л. А. Проблемы и перспективы точного позиционирования с использованием массовой аппаратуры потребителя ГНСС // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014. X Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 8–18 апреля 2014 г.). – Новосибирск: СГГА, 2014. Т. 1. – С. 113–117.
2. Schwieger V., Li Z. Automated geodetic monitoring by low-cost GNSS // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Пленарное заседание : сб. материалов (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск: СГГА, 2012. – С. 51–60.
3. Методологические принципы системы точной спутниковой навигации подвижных объектов с использованием наземной инфраструктуры ГЛОНАСС / А. П. Карпик и др. // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2014. – № 5. – С. 69–74.
4. Cranenbroeck J. van. State of the art in structural geodetic monitoring solutions for hydro power // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Пленарное заседание : сб. материалов (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск: СГГА, 2012. – С. 33–50.
5. Harima K. et al. Performance of Real-Time Precise Point Positioning Using MADOCAL-LEX Augmentation Messages // FIG Congress. 2014. – P. 16–21.
6. Липатников Л. А. Применение методики точного абсолютного позиционирования для высокоточного определения положения геодезических пунктов в общеземной системе координат // Геодезия и картография. – 2012. – № 7. – С. 13–16.

7. O'Hanlon B. et al. CASES: A smart, compact GPS software receiver for space weather monitoring // Proceedings of the ION GNSS Meeting. – 2011. – P. 2745–2753.
8. Карпик А. П., Липатников А. Л. Обеспечение совместного использования методов высокоточного позиционирования по сигналам ГЛОНАСС И GPS // Гироскопия и навигация. – 2014. – № 4(87).
9. RTKLIB: An Open Source Program Package for GNSS Positioning [Electronic resource]. – Режим доступа: <http://www.rtklib.com>.
10. Система высокоточного определения эфемерид и временных поправок (СВОЭВП) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.glonass-svoevp.ru/>

© А. П. Карпик, Л. А. Липатников, 2015

## **УЧЕТ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО ВЛИЯНИЯ ИОНОСФЕРЫ ПРИ КОНТРОЛЕ ФАЗОВЫХ ДВУХЧАСТОТНЫХ ГНСС-ИЗМЕРЕНИЙ ПРИЕМНИКА С АТОМНЫМИ ЧАСАМИ**

***Константин Михайлович Антонович***

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры физической геодезии и дистанционного зондирования, тел. (383)361-01-59, e-mail: kaf.astronomy@ssga.ru

***Николай Сергеевич Косарев***

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, аспирант кафедры физической геодезии и дистанционного зондирования, тел. (913)706-91-95, e-mail: kosarevnsk@yandex.ru

***Станислав Олегович Шевчук***

ФГУП «Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья», 630091, Россия, г. Новосибирск, Красный пр. 67, и. о. заведующего отделом геодезического обеспечения геолого-геофизических работ, тел. (383)222-45-86, e-mail: staspp@211.ru

***Антон Станиславович Щербаков***

Институт систем информатики им. А. П. Ершова СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева 6, тел. (923)130-52-13, e-mail: anton.scherbakov@gmail.com

В статье описан алгоритм учёта дифференциального влияния ионосферной задержки. Алгоритм применяется для контроля двухчастотных фазовых ГНСС измерений, полученных приёмником, подключённым к высокостабильному атомному генератору частоты. Приводятся результаты эксперимента по проверке алгоритма на реальных данных, полученных приёмником по наблюдениям спутников GPS и ГЛОНАСС.

**Ключевые слова:** ГНСС, приёмник, атомные часы, измерение, фаза несущей, контроль, ионосферная задержка, моделирование.

## **THE ACCOUNTING OF DIFFERENTIAL INFLUENCE OF AN IONOSPHERE AT CONTROL OF PHASE TWO-FREQUENCY GNSS-MEASUREMENTS OF THE RECEIVER WITH AN ATOMIC CLOCK**

***Konstantin M. Antonovich***

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., docent, professor of physical geodesy and remote sensing department, tel. (383)361-01-59, e-mail: kaf.astronomy@ssga.ru

***Nikolay S. Kosarev***

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D. student, tel. (913)706-91-95, e-mail: kosarevnsk@yandex.ru

***Stanislav O. Shevchuck***

Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Raw Materials (SNIIGGiMS), 630091, Russia, Novosibirsk, 67 Krasniy Pr., acting as a head of the department of geodetic maintenance of geophysical works, tel. (383)222-45-86, e-mail: staspp@211.ru

**Anton S. Scherbakov**

Institute of Informatics Systems A. P. Ershov, 630090, Russia, Novosibirsk, 6 Lavrentiev St., Ph. D. student, tel. (923)130-52-13, e-mail: anton.scherbakov@gmail.com

The algorithm for taking into account the differential ionosphere delay effect is described in the article. The algorithm is applied for the control of two frequency phase GNSS measurements made by the receiver provided high stability frequency atomic oscillator. The experiment results with real data obtained by the receiver observed GPS and GLONASS satellites are given.

**Key words:** GNSS, receiver, atomic clock, measurement, carrier phase, control, ionosphere delay, modeling.

Одной из основных проблем, возникающих в процессе эксплуатации ГНСС, является подверженность сигналов навигационных космических аппаратов влиянию окружающей среды и помех. Из них наибольшее влияние на кодовые и фазовые измерения оказывает ионосфера [1, 4, 11 - 13].

Вызванная влиянием ионосферы величина фазового опережения  $I_\phi$  и группового запаздывания  $I_g$  связана с плотностью электронов  $N_e$  по пути сигнала  $s$ :

$$I_\phi = -I_g = -\frac{40.3}{f^2} \cdot \int_s N_e ds = -\frac{40.3}{f^2} \cdot TEC, \quad (1)$$

где  $-TEC$  – полное содержание электронов по пути прохождения сигнала в столбе сечением один квадратный метр,  $f$  – частота в герцах. В общем случае полагают:  $I_\phi = -I_g = I$ , величину  $I$  называют ионосферной задержкой (ИЗ). Её максимальная величина в зенитном направлении днём может достигать до 15 и даже до 50 метров, вблизи горизонта она почти в три раза больше [11 - 13].

В последнее время во всём мире активно ведутся работы по созданию малогабаритных атомных часов (МАЧ), обладающих относительной нестабильностью частоты  $\sigma_f / f \approx 5 \cdot 10^{-12}$ . Применение МАЧ в ГНСС технологиях открывает дополнительные возможности для корректного учёта ионосферной задержки в алгоритме контроля измерений [2, 3, 10].

В данной работе предлагается алгоритм учёта дифференциального влияния ИЗ для контроля двухчастотных ГНСС данных, полученных приёмником, оснащённым высокостабильным атомным стандартом частоты, для применения его в задаче контроля фазовых ГНСС измерений [2, 3, 7, 8].

Известно, что ионосферную наклонную задержку можно определить по кодовым псевдодальностям, измеренным на двух частотах [1, 11 - 13]. Однако точность ее недостаточна из-за высокого уровня шума кодовых измерений. Подобным образом не обеспечивает нужную точность ИЗ, вычисленная по разности кодовой и фазовой псевдодальностей, измеренной на одной частоте [6]. Определение наклонной ИЗ по фазовым псевдодальностям не получается из-за наличия двух неоднозначностей фазы. Исключим их, образовав разности, вычитаемые по времени, на двух частотах.

Возьмем уравнение фазовой псевдодальности  $\Phi$ , измеренной приемником  $A$  на спутник  $i$  на частоте  $L1$  в момент  $t_1$  по часам приёмника в виде [1, 5]:

$$\begin{aligned} \Phi_{A,L1}^i(t_1) = & \rho_A^i(t_1) - I_{A,L1}^i(t_1) + T_A^i(t_1) + \delta m_A^i(t_1) + c \cdot [dt_A(t_1) - dt^i(t_1 - \tau_{A,L1}^i(t_1))] + \\ & + c \cdot [\delta_A(t_1) + \delta^i(t_1 - \tau_{A,L1}^i(t_1))] + \lambda \cdot [\phi_A(t_0) - \phi^i(t_0)] + \lambda_{L1} N_{A,L1}^i + \varepsilon_A^i, \end{aligned} \quad (2)$$

где  $\tau_A^i$  - время прохождения сигнала между антеннами спутника и приёмника,  $\rho_A^i(t_1)$  - геометрическая дальность, то есть истинное расстояние между приёмником в момент приёма сигнала  $t_1$  и спутником в момент выхода сигнала  $t_1 - \tau_A^i$ ,  $T_A^i$  - тропосферная задержка,  $dt_A$ ,  $dt^i$  - сдвиги шкал часов соответственно для спутника и для приемника относительно шкалы системного времени,  $\delta m_A^i$  - влияние многолучёвости на фазовые измерения,  $\delta_A$ ,  $\delta^i$  - запаздывания сигналов в аппаратуре приемника и спутника,  $\phi_A(t_0)$ ,  $\phi^i(t_0)$  - начальные фазы генераторов приемника и спутника,  $N_A^i$  - целочисленная начальная неоднозначность фазы,  $\lambda$  - длина несущей волны,  $\varepsilon_A^i$  - шум измерения фазы. Здесь и в дальнейшем пренебрегаем релятивистскими эффектами и набегом фазы из-за изменения во взаимной ориентировке антенн спутника и приёмника.

В момент  $t_2$ , отстоящий на  $\Delta t$  секунд от момента  $t_1$ , имеем:

$$\begin{aligned} \Phi_{A,L1}^i(t_2) = & \rho_A^i(t_2) - I_{A,L1}^i(t_2) + T_A^i(t_2) + \delta m_A^i(t_2) + c \cdot [dt_A(t_2) - dt^i(t_2 - \tau_{A,L1}^i(t_2))] + \\ & + c \cdot [\delta_A(t_2) + \delta^i(t_2 - \tau_{A,L1}^i(t_2))] + \lambda \cdot [\phi_A(t_0) - \phi^i(t_0)] + \lambda_{L1} N_{A,L1}^i + \varepsilon_A^i. \end{aligned} \quad (3)$$

Аналогичные уравнения будут для частоты  $L2$  в те же эпохи, при этом общими в них будут только тропосферные задержки, не зависящие от частоты.

Найдем разность фазовых псевдодальностей  $\Delta \Phi_{A,L1}^i(t_1, t_2)$  между эпохами на первой частоте, при этом неоднозначности, начальные фазы генераторов и запаздывания в аппаратуре исключаются:

$$\begin{aligned} \Delta \Phi_{A,L1}^i(t_1, t_2) = & \Delta \rho_A^i(t_1, t_2) - \Delta I_{A,L1}^i(t_1, t_2) + \Delta T_A^i(t_1, t_2) + \Delta \delta m_A^i(t_1, t_2) + \\ & + c \cdot [\Delta dt_A(t_1, t_2) - \Delta dt^i((t_1 - \tau_{A,L1}^i), (t_2 - \tau_{A,L1}^i))]. \end{aligned} \quad (4)$$

С учетом того, что задержки  $I_{L1}$  и  $I_{L2}$  на частотах  $L1$  и  $L2$ , выраженные в линейной мере, связаны соотношением

$$I_{L2} = \frac{f_1^2}{f_2^2} I_{L1}, \quad (5)$$

разность фазовых псевдодальностей  $\Delta\Phi_{A,L2}^i(t_1,t_2)$  между эпохами на второй частоте принимает вид:

$$\begin{aligned} \Delta\Phi_{A,L2}^i(t_1,t_2) = & \Delta\rho_A^i(t_1,t_2) - \Delta l_{A,L1}^i(t_1,t_2) \frac{f_1^2}{f_2^2} + \Delta T_A^i(t_1,t_2) + \delta m_A^i(t_1,t_2) + \\ & + c \cdot [\Delta dt_A(t_1,t_2) - \Delta dt^i((t_1 - \tau_{A,L1}^i), (t_2 - \tau_{A,L2}^i))]. \end{aligned} \quad (6)$$

Влияние изменений в многолучёвости  $\Delta\delta m$  за несколько (10-60) секунд будет порядка 1 см, им можно пренебречь. Найдем разность фаз  $\nabla\Phi_{A,L1,L2}^i(t_1,t_2)$ , вычитаемых по времени и между частотами, здесь будут исключаться тропосферные задержки:

$$\begin{aligned} \nabla\Phi_{A,L1,L2}^i(t_1,t_2) = & \Delta\Phi_{A,L2}^i(t_1,t_2) - \Delta\Phi_{A,L1}^i(t_1,t_2) = \Delta l_{A,L1}^i(t_1,t_2) \left(1 - \frac{f_1^2}{f_2^2}\right) + \\ & + c \cdot [\Delta dt_A(t_1,t_2) - \Delta dt^i(t_1 - \tau_{A,L2}^i), (t_2 - \tau_{A,L2}^i)] - \\ & - c \cdot [\Delta dt_A(t_1,t_2) - \Delta dt^i(t_1 - \tau_{A,L1}^i), (t_2 - \tau_{A,L1}^i)]. \end{aligned} \quad (7)$$

Исследуем влияние погрешностей времени  $\nabla t$  в уравнении (7):

$$\begin{aligned} \nabla t = & +c \cdot [\Delta dt_A(t_1,t_2) - \Delta dt^i(t_1 - \tau_{A,L2}^i), (t_2 - \tau_{A,L2}^i)] - \\ & - c \cdot [\Delta dt_A(t_1,t_2) - \Delta dt^i(t_1 - \tau_{A,L1}^i), (t_2 - \tau_{A,L1}^i)]. \end{aligned} \quad (8)$$

Различие между первым и вторым членом в правой части уравнения (8) только в изменении сдвигов шкал приемника и спутника за время, равное разности распространения сигнала  $\tau$  на двух частотах, то есть

$$\nabla t = +c \cdot [-\Delta dt^i(t_1 - \tau_{A,L2}^i), (t_2 - \tau_{A,L2}^i)] - c \cdot [-\Delta dt^i(t_1 - \tau_{A,L1}^i), (t_2 - \tau_{A,L1}^i)], \quad (9)$$

что объясняется разными значениями ионосферных задержек на двух частотах.

При наличии атомных часов в комплекте приёмника этим эффектом можно пренебречь. Таким образом,

$$\nabla\Phi_{A,L1,L2}^i(t_1,t_2) = \Delta\Phi_{A,L2}^i(t_1,t_2) - \Delta\Phi_{A,L1}^i(t_1,t_2) = \Delta l_{A,L1}^i(t_1,t_2) \left(1 - \frac{f_1^2}{f_2^2}\right), \quad (10)$$

откуда получаем:

$$\Delta I_{A,L1}^i(t_1, t_2) = \left[ \Delta \Phi_{A,L2}^i(t_1, t_2) - \Delta \Phi_{A,L1}^i(t_1, t_2) \right] / \left( 1 - \frac{f_1^2}{f_2^2} \right), \quad (11)$$

$$\Delta I_{A,L2}^i(t_1, t_2) = \Delta I_{A,L1}^i(t_1, t_2) \frac{f_1^2}{f_2^2}. \quad (12)$$

Формулы (11) и (12) позволяют находить величину дифференциального влияния ионосферной задержки по двухчастотным фазовым данным, как для системы GPS, так и для системы ГЛОНАСС.

Для исследования и проверки разработанного алгоритма был взят суточный файл измерений с дискретностью 30 секунд, полученный в результате наблюдений двухчастотным двухсистемным ГНСС приёмником фирмы JAVAD, подключённым к водородному генератору частоты, на станции NOVМ (Новосибирск) от 31 марта 2011 года. Файл наблюдений доступен в сети Интернет, на сайте Международной ГНСС Службы (МГС). С помощью, написанной на языке C++ программы r2t, полученный файл наблюдений в формате RINEX версии 2.11 был преобразован в текстовый формат с расширением .txt, который затем использовался для вычисления величины дифференциального влияния ионосферной задержки по фазовым ГНСС наблюдениям. Для расчёта разностной ионосферной задержки по фазовым ГНСС наблюдениям авторами написана программа IONO delays на языке Delphi 7, интерфейс программы представлен на рис. 1.

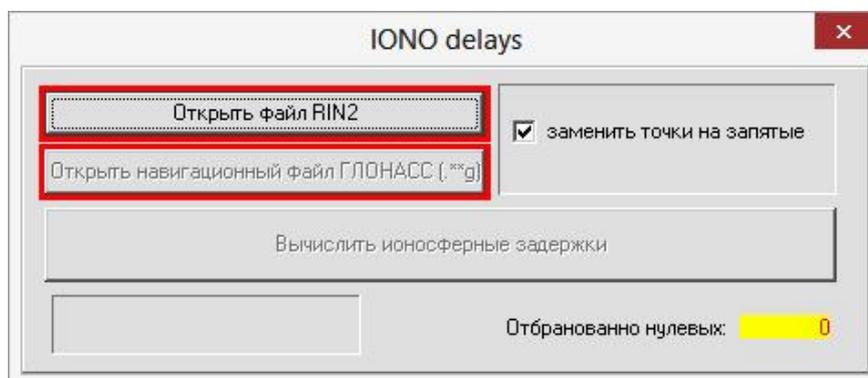


Рис. 1. Интерфейс программы IONO delays

Из обработанного в программе IONO delays модифицированного суточного файла наблюдений (файл с расширением .txt) были выделены величины дифференциальной ионосферной задержки для спутника G02 системы GPS и спутника R02 системы ГЛОНАСС. Угол возвышения спутника G02 за время наблюдения менялся с 50 градусов до 10 градусов, а спутника R02 – с 70 градусов до 10 градусов.

На рис. 2, 3 представлены значения величины дифференциальной ионосферной задержки для диапазона частот L1 (синий цвет) и L2 (красный цвет), для спутника G02 системы GPS и спутника R02 системы ГЛОНАСС.

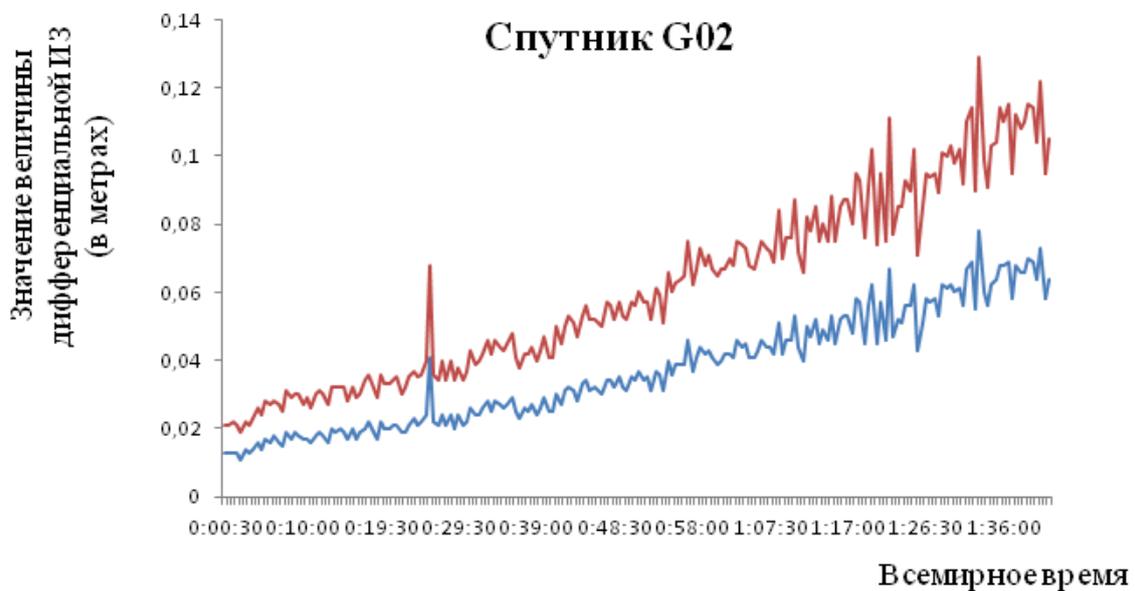


Рис. 2. Величины дифференциальной ионосферной задержки для диапазона частот L1 (синий цвет) и L2 (красный цвет), для спутника G02 системы GPS

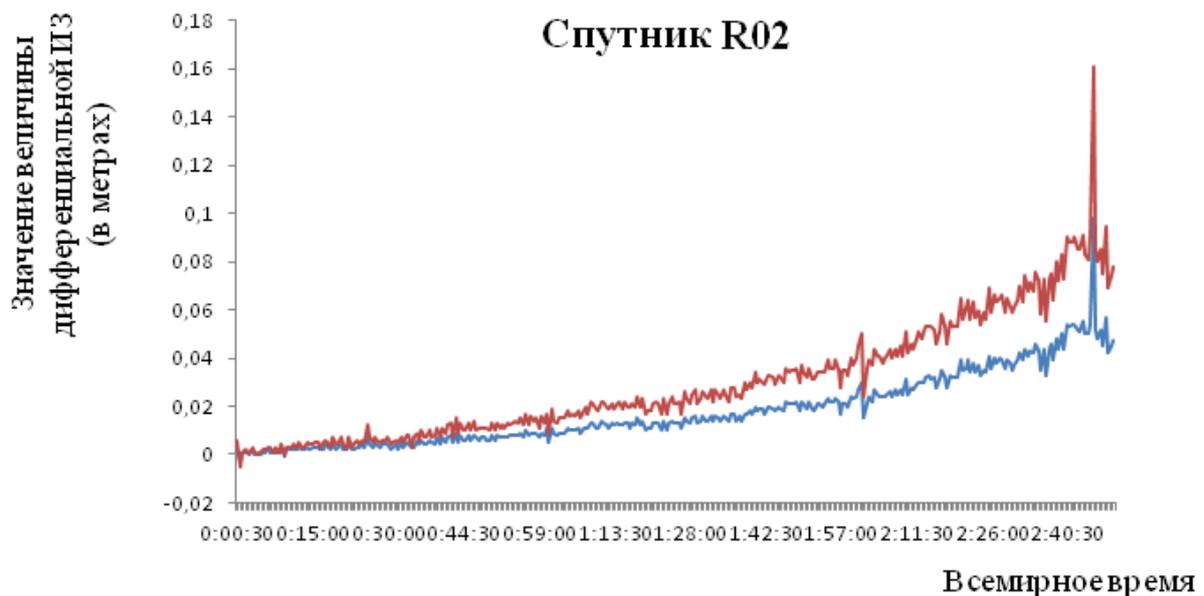


Рис. 3. Значения дифференциальной ионосферной задержки для диапазона частот L1 (синий цвет) и L2 (красный цвет), для спутника R02 системы ГЛОНАСС

На рис. 2, 3 наблюдаются одиночные всплески в значениях величины дифференциальной ИЗ, которые могут быть обусловлены ионосферными возмущениями или потерями счёта цикла.

**Вывод:** Разработанный в статье алгоритм дифференциального влияния ионосферной задержки по двухчастотным фазовым данным применим для учёта ионосферной задержки в методике контроля фазовых ГНСС измерений с использованием эфемерид и координат пункта наблюдения.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Антонович К. М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии (том 1) – М.: Картогеоцентр; Новосибирск: Наука. – 2005. – 334 с.
2. Антонович К. М., Косарев Н. С., Липатников Л. А. Контроль фазовых измерений ГНСС приёмника с атомными часами // Вестник СГГА. – 2014. – Вып. 3 (27). – С. 3–21.
3. Антонович К. М., Косарев Н. С. Метод контроля кодовых и фазовых псевдодальностей в пространстве координат // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2012. – № 2/1. – С. 11–15.
4. Антонович К. М., Косарев Н.С. О расходимости кодовых и фазовых ГНСС псевдодальностей // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. . – С – 60–66.
5. Антонович К. М. Тропосферная задержка при ГНСС измерениях // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2012. – №2/1. – С. 6–11.
6. Казанцев М. Ю., Фатеев Ю. Л. Определение ионосферной погрешности измерения псевдодальностей в одночастотной аппаратуре систем ГЛОНАСС и GPS [Электронный ресурс] // «Журнал радиоэлектроники». – 2002. – № 12. – Режим доступа: <http://jre.cplire.ru/iso/dec02/6/text.html>
7. Косарев Н. С. Восстановление фазы несущей: проблемы и пути решения // Вестник СГГА. – 2012. – Вып. 1 (17). – С. 53–60.
8. Косарев Н. С., Щербаков А. С. Статистический анализ точности определения положений спутников систем ГЛОНАСС и GPS // Вестник СГГА. – 2014. – Вып. 2 (26). – С. 9–18.
9. Проблемы обеспечения точности координатно-временных определений на основе применения ГЛОНАСС технологий / А. С. Толстикова, Ю. В. Сурнин, К. М. Антонович, В. А. Ащеулов // Вестник СГГА. – 2012. – Вып. 2 (18). – С. 3–11.
10. <http://www.aetechnologies.ru/dev/mach/>
11. Leick A. GPS Satellite Surveying - New York: A Willey-Interscience Publication. – 1995. – 560 p. – Англ.
12. Misra P. N., Enge P. Global Positioning System. Signals, Measurements and Performance. – USA: Ganga-Jamuna Press. – 2001. – 390 p. – Англ.
13. Xu Guochang. GPS. Theory, algorithms and applications – Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York. – 2003. – Англ

© К. М. Антонович, Н. С. Косарев, С. О. Шевчук, А. С. Щербаков, 2015

## **ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НОРМАТИВНОЙ ЛИТЕРАТУРОЙ ГНСС-ИЗМЕРЕНИЙ НА ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ**

*Виталий Михайлович Жидов*

Сибирский государственный университет путей сообщения, 630049, Россия, г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, 191, кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной геодезии, тел. (383)328-02-37, e-mail: zhidov@mail.ru

В настоящее время отсутствуют ведомственные нормативные документы, регламентирующие применение спутниковых геодезических приемников при выполнении геодезических работ в период строительства и ремонта железнодорожного пути. Применение систем автоматизированного управления дорожно-строительными механизмами на базе спутниковой геодезической аппаратуры так же не имеет нормативной базы.

**Ключевые слова:** железнодорожный путь, ГНСС, нормативная документация.

## **PROBLEM OF ENSURING NORMATIVE LITERATURE GNSS-MEASUREMENTS ON THE RAILROAD**

*Vitaliy M. Zhidov*

Siberian Transport University, 630049, Russia, Novosibirsk, 191 D. Kovalchuk, candidate of technical sciences, associate professor of department Engineering geodesy, tel. (383)328-02-37, e-mail: zhidov@mail.ru

There are currently no administrative normative documents regulating the use of satellite geodetic receivers when performing geodetic works in the period of construction and repair of railroad tracks. Application of systems of automated management by road-building mechanisms on the basis of the satellite geodetic equipment has no normative base.

**Key words:** track, GNSS, the normative documentation.

Железная дорога имеет большую структуру, состоящую из множества подразделений, занимающихся различными направлениями в обеспечении процесса перевозок. Структурные подразделения, занимающиеся строительством и ремонтом железнодорожного пути, во время проведения строительно-монтажных работ выполняют различные геодезические работы, связанные как с разбивочными работами, так и с исполнительными съёмками.

В настоящее время использование спутниковой геодезической аппаратуры позиционирования для съёмки железнодорожного пути осуществляется при формировании опорных реперных сетей [1], определении длин рельсовых плетей [2], съёмке продольных профилей и плана станционных путей [3].

Выполнение любых работ должно осуществляться с учетом нормативных требований, определенных на государственном или ведомственном уровне. Работы, связанные с созданием, восстановлением и развитием опорных геодезических сетей различного назначения в той или иной степени имеют нормативную базу [4, 5]. Производство разбивочных работ при строительстве и ремонте железнодорожных путей осуществляется с учетом общих нормативных требо-

ваний в строительстве, и имеют рекомендации по применению оптических геодезических инструментов, таких как нивелир и теодолит.

Производство съёмок продольных профилей железнодорожных путей и планов железнодорожных станций, регламентируют методические указания [6, 7]. При этом в данных документах описываются требования к точности получаемых материалов, к составу снимаемых объектов пути и методики выполнения работ с использованием оптических геодезических приборов: нивелиров и теодолитов. Использование путеизмерительных тележек для съёмки пространственного положения железнодорожного пути осуществляется в соответствии с инструкцией по эксплуатации. Объем и качество информации, получаемые путеизмерительными комплексами, позволяют формировать новые отчеты, получать более детальную картину о состоянии пути. При этом на уровне ведомственных документов не разработаны возможные варианты представления и использования таких материалов.

Выполнение разбивочных работ в период строительства, ремонта и реконструкции железнодорожного пути с использованием ГНСС-оборудования, осуществляется в соответствии с инструкциями по эксплуатации используемого оборудования. Важным вопросом в производстве таких работ является контроль точности выполняемых операций. Осуществление такого контроля только по данным, предоставляемым специализированным программным обеспечением, сопровождающим процесс разбивочных работ, как показывает практика, не всегда является достаточным. Необходимо осуществлять дополнительный контроль. Документов, описывающих по каким методикам и в каком объеме, необходимо выполнять такие работы не существует.

В процессе выполнения строительно-монтажных и земляных работ использование дорожно-строительных машин, работающих под управлением автоматизированных систем на базе ГНСС-оборудования [8] или роботизированных тахеометров, становится более распространённым. Повышается качество, безопасность и скорость выполняемых работ, при этом снижаются затраты. Преимущества и достоинства такой техники позволяют перейти на новый качественный уровень выполнения строительных работ.

Появляется вопрос о нормативной литературе, регламентирующей такие работы. В настоящее время имеются требования, предъявляемые к ГНСС-оборудованию, электронным тахеометрам. Документов, рассматривающих такую автоматизированную систему как единое целое, и предъявляющих общие требования не существует.

Развитие систем автоматизированного управления дорожно-строительной техникой на базе ГНСС-оборудования указывает на необходимость совершенствования имеющейся нормативной литературы или создания новых специализированных документов, регламентирующих использование таких автоматизированных систем при производстве строительных работ. При этом требования должны охватывать вопросы, связанные с методиками проведения работ, точностью выполняемых работ, а также способами контроля.

Учитывая масштаб и скорость внедрения ГНСС-оборудования в производство разбивочных работ, выполнения исполнительных съемок, интеграцию с дорожно-строительными машинами, возникает необходимость в обеспечении единого координатного пространства как при формировании проектных решений по строительству и ремонту железнодорожного пути, так и обеспечения разбивочных и монтажных работ.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Щербаков В.В. Специальная реперная железнодорожная система / Щербаков В.В., Жидов В.М., Макушинская М.В. // Геодезия и картография. – №12. – 2010. – С. 12-16.
2. Щербаков В. В., Жидов В. М. Применение ГНСС оборудования при определении длины рельсов // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 1. – С. 43–45.
3. Жидов В. М. Геодезическая съемка железнодорожных путей с использованием АПК-«Профиль» // ГЕО-Сибирь-2006. Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 24–28 апреля 2006 г.). – Новосибирск: СГГА, 2006. Т. 1. – С. 121–122.
4. Руководство по созданию и реконструкции городских геодезических сетей с использованием спутниковых систем ГЛОНАСС/GPS. М., ЦНИИГАиК, 2003. 182 с.
5. Инструкция по развитию съемочного обоснования и съемке ситуации и рельефа с применением глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS. М., ЦНИИГАиК, 2002. 56 с.
6. Методические указания по составлению масштабных планов железнодорожных станций: ЦПТ 54/27: утв. ОАО «РЖД» 17.12.08. – 39 с.
7. Методические указания по составлению продольных профилей железнодорожных станций и перегонов: ЦПТ 54/26: утв. ОАО «РЖД» 17.12.08. – 47 с.
8. Щербаков В. В. Выправка пути при реконструкции и ремонте железнодорожных путей с использованием ГИС-технологий и ГНСС // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 1. – С. 14–20.

© В. М. Жидов, 2015

## **РАЗРАБОТКА СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ВЫПРАВКОЙ ПУТИ НА БАЗЕ ГНСС**

### ***Владимир Васильевич Щербаков***

Сибирский государственный университет сообщения, 630099, Россия, г. Новосибирск, ул. Д. Ковальчук, 191, заведующий кафедрой инженерной геодезии, профессор, тел. (383)328-04-37, e-mail: vvs@stu.ru

### ***Иван Александрович Бунцев***

Сибирский государственный университет сообщения, 630049, Россия, г. Новосибирск, ул. Д. Ковальчук, 191, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник Лаборатории диагностики дорожных одежд и земляного полотна, тел. (383)328-04-75, e-mail: vvs@stu.ru

### ***Иван Владимирович Щербаков***

Сибирский государственный университет сообщения, 630049, Россия, г. Новосибирск, ул. Д. Ковальчук, 191, ведущий инженер Лаборатории диагностики дорожных одежд и земляного полотна, тел. (383)328-04-75, e-mail: vvs@stu.ru

### ***Ольга Владимировна Ковалева***

Сибирский государственный университет сообщения, 630049, Россия, г. Новосибирск, ул. Д. Ковальчук, 191, кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной геодезии, тел. (383)328-04-37, e-mail: kov@stu.ru

### ***Александр Иванович Пименов***

Центральная дирекция по ремонту пути, 630099, Россия, г. Новосибирск, ул. Орджоникидзе, 37/1, ведущий инженер, тел. (383)229-51-223, e-mail: PAI-OPMS@YA.RU

Разработаны три принципиально разных способа и реализованы в системах автоматизированного управления для основных путевых машин.

**Ключевые слова:** путевые машины, геометрические параметры пути, геодезические методы, пространственное положение.

## **DEVELOPMENT OF AUTOMATED CONTROL SYSTEMS BY SETTING UP THE RAILS BASED ON GNSS**

### ***Vladimir V. Shcherbakov***

Siberian State University of Railway Engineering, 630049, Russia, Novosibirsk, 191 D. Kovalchouk St., professor, head of department of engineering geodesy, tel. (383)328-04-37, e-mail: vvs@stu.ru

### ***Ivan A. Buntsev***

Siberian State University of Railway Engineering, 630049, Russia, Novosibirsk, 191 D. Kovalchouk St., leading researcher, department of diagnosis of roads and subgrade, tel. (383)328-04-79, e-mail: vvs@stu.ru

### ***Ivan V. Shcherbakov***

Siberian State University of Railway Engineering, 630049, Russia, Novosibirsk, 191 D. Kovalchouk St., engineer, department of diagnosis of roads and subgrade, tel. (383)328-04-79, e-mail: vvs@stu.ru

***Olga V. Kovalyova***

Siberian State University of Railway Engineering, 630049, Russia, Novosibirsk, 191 D. Kovalchouk St., associate professor, department of engineering geodesy, tel. (383)328-04-37, e-mail: kov@stu.ru

***Alexandr I. Pimenov***

Directorate for repair of railway track, 630049, Russia, Novosibirsk, 37/1 Ordzonikidze St., leading engineer, tel. (383)229-51-223, e-mail: PAI-OPMS@YA.RU

Developed three fundamentally different ways and implemented in automated control systems for the major rail fixing machines.

**Key words:** rail fixing machines, track geometry, the relative methods.

Широкое распространение при планировочных работах в строительстве, в том числе линейных сооружений получили системы автоматизированного управления (САУ) на базе ГНСС, которыми оснащаются бульдозера, автогрейдеры, экскаваторы и т.д. В отличие от САУ на базе лазерного построения плоскости, тахеометров и других систем САУ на базе ГНСС имеет более широкий функционал и автономность, при этом объем работ при подготовке к строительству и затраты на создание опорной геодезической сети с использованием ГНСС значительно сокращаются.

Специфика геодезического обеспечения железных дорог обусловлена высокой точностью взаимного положения смежных точек, например положение рельсовой нити в плане на хорде в 20 метров составляет 1 мм.

Пространственное положение оси пути регламентируется нормативными документами, включая требования к проектно-изыскательным работам при реконструкции (модернизации) железнодорожных путей. Для обеспечения нормативных требований при выполнении ремонтов и модернизации выполняется поэтапное обеспечение нормативных требований (распоряжение №75Р от 11.01.2013г.). Так, на этапе баллаستировки погрешность постановки пути в проектное положение допускается до 3см, на следующих этапах точность повышается и на этапе чистовой выправки взаимное положение смежных точек составляет 1-2мм.

Рассмотрим только этапы, которые обеспечивают постановку пути в проектное положение.

Постановка пути в проектное положение, осуществляется на этапе балластировки электро-балластером или машиной ВПО. На данном этапе обеспечивается постановка пути в проектное положение с использованием пространственных данных. Используются различные методы разбивочных работ с закреплением оси соседнего пути вешками, до привязки проектного положения пути к проектной оси ремонтируемого пути.

При выполнении проектно-изыскательных работ изыскатель определяет пространственное положение оси ремонтируемого пути в координатах. В дальнейшем для обеспечения возможности постановки пути в проектное положение существующими методами создают эпюры рихтовок, рассчитывают проектное

расстояние между осями ремонтируемого и соседнего пути. Переход от пространственных данных к геометрическим параметрам и относительным величинам при отсутствии системы автоматизированного управления выправкой пути, обеспечивающих работу с пространственными данными используется при ремонте пути на протяжении десятилетий и в настоящее время является основным на Российских железных дорогах.

Недостатки относительных методов очевидны и они связаны с использованием относительных величин, например стрел изгиба на хорде 20м, в результате ремонтируемый путь копирует неровности соседнего пути, не устраняются длинные неровности, появляются многорадиусные кривые и т.д.

Сибирский государственный университет путей сообщения (СГУПС) разработал систему для управления выправкой пути [1] основанную на использовании ГНСС три принципиально разных способа ее реализации в системах автоматизированного управления (САУ) основных путеремонтных машинах (ВПО, ЭЛБ, РМ, ЩОМ, Доумат) [2, 3, 4].

САУ выправкой пути, в основе которой лежит сравнение пространственного положения измерительной тележки (ПРУ) с проектным пространственным положением оси пути и возвышения рельса (рис. 1). Данные САУ построены по классической схеме высокоточного позиционирования с использованием дифференциальных поправок аналогично САУ грейдера, бульдозера, экскаватора. Устройство САУ включает спутниковую аппаратуру геодезического класса точности, систему редуцирования координат на измерительную ось, систему позиционирования положения измерительной тележки относительно фазового центра антенны, промышленный компьютер, блок управления гидроприводом и электроприводом.

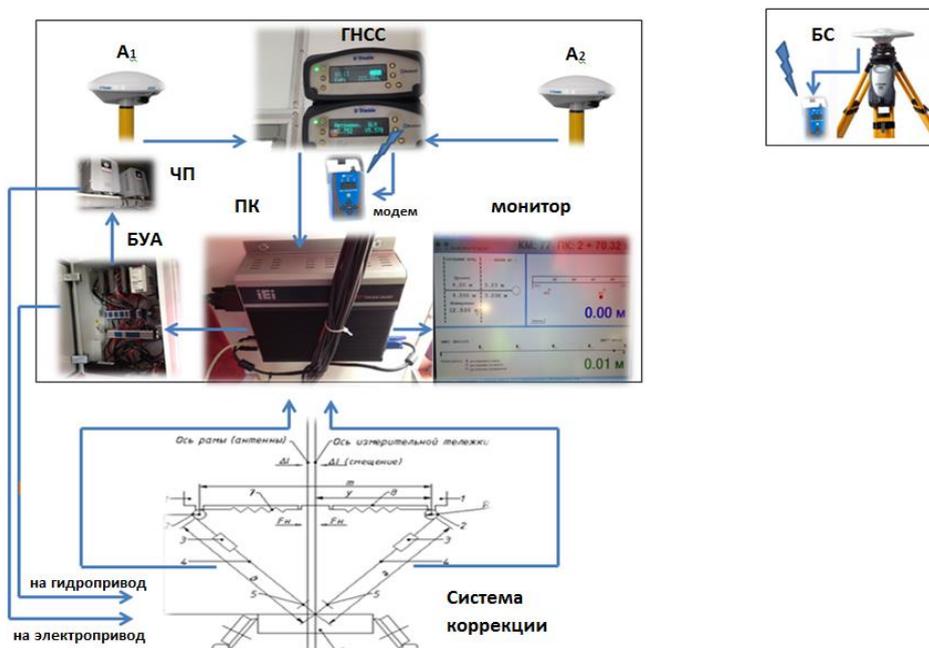


Рис. 1. Структурная схема САУ на базе ГНСС

Следующая САУ выправкой пути основана на сравнение фактических и проектных геометрических параметров (междупутья, превышение высотных отметок или других данных) (рис. 2) Принципиальная схема САУ наиболее близка к таким САУ и технологиям, в основе которых лежит измерительная база (копир-струна). Устройство САУ включает спутниковую аппаратуру картографического (ГИС) класса точности, систему позиционирования положения оси измерительной тележки относительно измерительной опорной базы (копир струна, соседний путь), промышленный компьютер, блок управления гидроприводом и электроприводом.

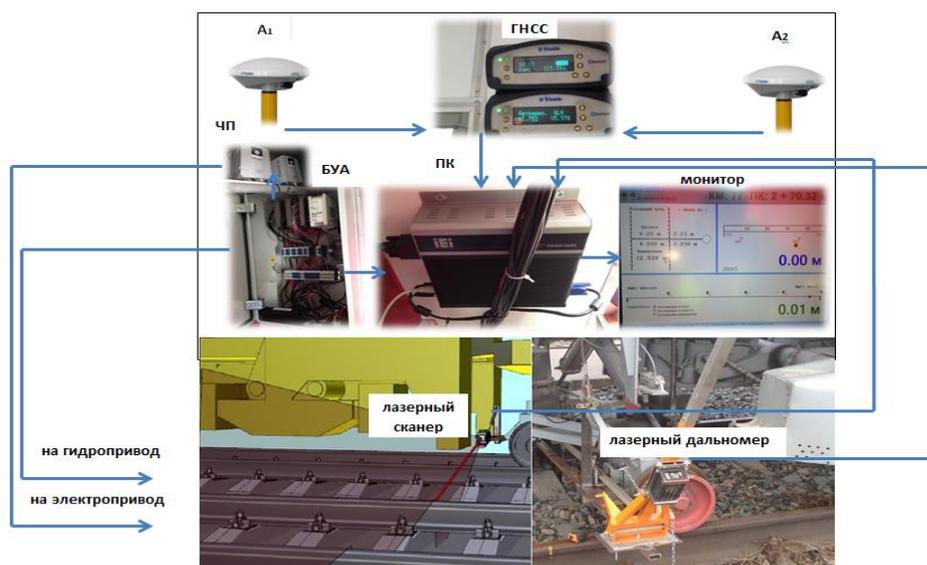


Рис. 2. Структурная схема САУ на базе ГНСС с системой лазерного сканирования

Третья из рассматриваемых нами САУ выправкой пути основана на сравнении фактических и проектных значений переднего конца хорды (штатной троссо-хордовой системы машины) и его смещение в проектное положение (рис. 3). Наиболее предпочтительными штатными системами являются «Магистраль» (Россия), WinALC (Австрия). САУ включает спутниковую аппаратуру геодезического класса точности, систему редуцирования координат на измерительную ось, промышленный компьютер, блок управления троссо-хордовой системой, актуатор.

Первый вариант САУ реализован на ЭЛБ (ОПМС-19) и применяется с 2013 года. В основе проектов лежит цифровая модель пути (ЦМП). САУ работает как с референц-станциями, так и с временными спутниковыми базовыми станциями, в зависимости от системы координат проекта. Необходимо отметить сложность освоения САУ штатными работниками, что требует дополнительного привлечения геодезиста при подготовке работ. Точность постановки пути в

проектное положение, по отклонениям от проектных значений в сечениях ОКС, не превышает 3 см.

Второй вариант САУ реализован 2013 году на ЭЛБ ОПМС-19 и в ноябре 2014 года в ПМС-20. Электронный проект создаётся техническими отделами ПМС на основе традиционных проектов путем формирования базы проектных данных (БПД) привязанных к глобальной системе координат WGS-84. Для работы САУ не требуется наличие референц-станций и соответственно дифференциальных поправок. Точность пространственных данных при привязке геометрических параметров ГНСС составляют 50 см. Точность постановки пути в проектное положение, по отклонениям от проектных значений в сечениях ОКС, не превышает 1 см. В 2014 году с использованием второго варианта САУ выполнен объём 117.3 или 90% всего объёма ЭЛБ-4С (№005) ОПМС-19.

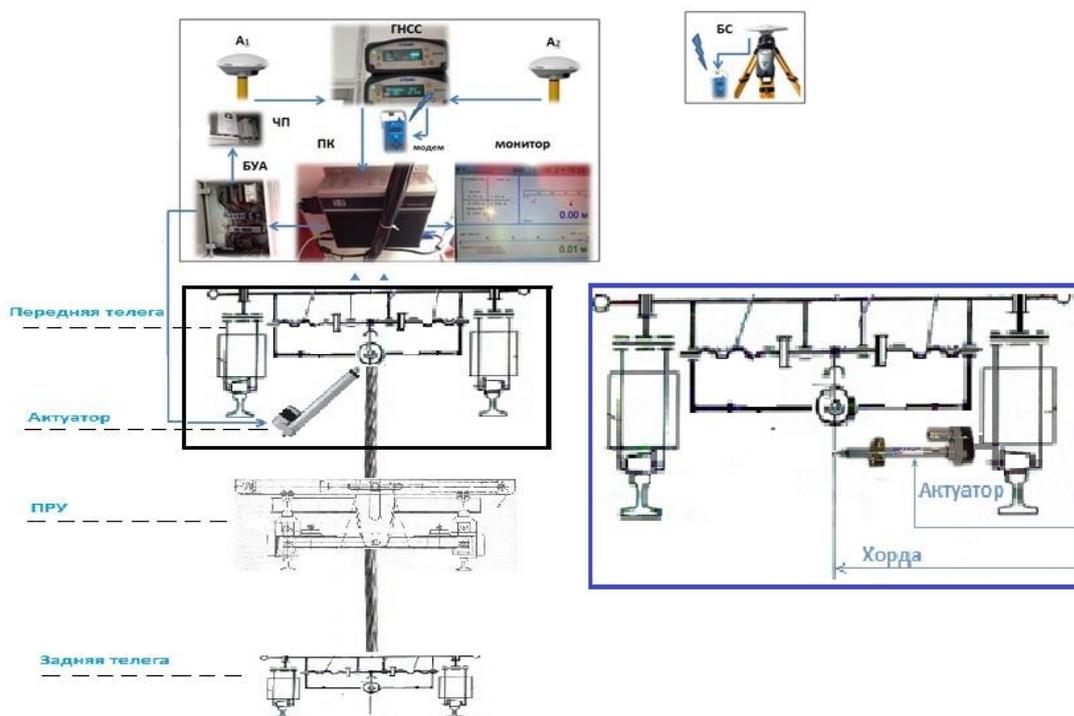


Рис. 3. Структурная схема САУ на базе ГНСС комплексированная с тросо-хордовой системой

Третий метод САУ реализован на машине Доумат (Чулымской ДПМ) и ВПО (ОПМС-19) в ноябре 2014. Средняя квадратичная погрешность постановки пути в проектное положение, по отклонениям от проектных значений в сечении ОКС, составляет 1 см., при этом одновременно с постановкой пути в проектное положение выполняется чистовая выправка с погрешностью в смежных сечениях 1-2мм.

При работе ЩОМ-1200 [4] спутниковый приёмник определяет фактическую геодезическую высоту, а так же продольную координату ОКС и на этой

основе управляет заглублением рабочих органов машины (подрезной балки). Точность вырезки балласта – 3 см.

Исполненное положение пути снимается тележной «Профиль» с использованием дифференциальных поправок, а так же лазерным дальномером – расстояния до ОКС и других объектов инфраструктуры [5]. Точность съёмки в плане – до 1 см, в профиле – до 1.5 см

Для оценки качества работ и соответствия результатов выправки пути выполнялось исследование на нескольких участках ремонта.

Расчет экономической эффективности при внедрении показывают, что затраты на САУ по первому варианту окупаются через 2 года, а затраты на САУ по второму и третьему вариантам окупаются за первый год.

Перспективы внедрения САУ на базе ГНСС очевидны. Все три варианта САУ реализованы и востребованы. Так, САУ по первому варианту, особенно эффективна на однопутных участках при установке на ЭЛБ, по второму варианту на двухпутных участках при установки на ЭЛБ и ВПО не оборудованной троссо-хордовой системой и третий вариант эффективен при установке САУ на машины Доумат и ВПО оборудованных троссо-хордовой системой так как позволяет выполнить одновременно постановку пути в проектное положение и сглаживание.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Патент 147033 Российская Федерация, МПК 51 E01 B29/04. Система для управления выправкой пути / В.В. Щербаков, А.И. Пименов, И.В. Щербаков, А.Н. Модестов, И.А. Бунцев, В.П. Славкин. -№ 2014120965/11; заявл. 23.05.2014, опубл. 27.10.2014.
2. Патент 136048 Российская Федерация, МПК 51 E01 B29/04. Устройство для выправки железнодорожного пути / В.В. Щербаков, И.В. Щербаков, А.Н. Модестов, И.А. Бунцев, В.П. Славкин. -№ 2013134278/11; заявл. 22.07.2013, опубл. 27.12.2013.
3. Патент 112209 Российская Федерация, МПК 51 E01 B35/00. Путевая машина / В.В. Щербаков, А.Н. Модестов, В.Д. Верескун, А.С. Пикалов. - № 2011133389/11; заявл. 09.08.2011, опубл. 10.01.2012.
4. Патент 126011 Российская Федерация, МПК 51 E01 B27/10. Щебнеочистительная машина / В.В. Щербаков, А.Н. Модестов, В.Д. Верескун, А.С. Пикалов. - № 2012124581/11; заявл. 14.06.2011, опубл. 10.06.2012.
5. Щербаков В. В. Выправка пути при реконструкции и ремонте железнодорожных путей с использованием ГИС-технологий и ГНСС // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 3. – С. 14–20.

© В. В. Щербаков, И. А. Бунцев, И. В. Щербаков, О. В. Ковалева, А. И. Пименов, 2015

## **ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ВЫПРАВКОЙ ПУТИ НА ЗСЖД ОАО «РЖД»**

### ***Владимир Васильевич Щербаков***

Сибирский государственный университет сообщения, 630099, Россия, г. Новосибирск, ул. Д. Ковальчук, 191, заведующий кафедрой инженерной геодезии, профессор, тел. (383)328-04-37, e-mail: vvs@stu.ru

### ***Иван Александрович Бунцев***

Сибирский государственный университет сообщения, 630049, Россия, г. Новосибирск, ул. Д. Ковальчук, 191, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник Лаборатории диагностики дорожных одежд и земляного полотна, тел. (383)328-04-75, e-mail: vvs@stu.ru

### ***Ольга Владимировна Ковалева***

Сибирский государственный университет сообщения, 630049, Россия, г. Новосибирск, ул. Д. Ковальчук, 191, кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной геодезии, тел. (383)328-04-37, e-mail: kov@stu.ru

### ***Иван Владимирович Щербаков***

Сибирский государственный университет сообщения, 630049, Россия, г. Новосибирск, ул. Д. Ковальчук, 191, ведущий инженер Лаборатории диагностики дорожных одежд и земляного полотна, тел. (383)328-04-75, e-mail: vvs@stu.ru

### ***Александр Иванович Пименов***

Центральная дирекция по ремонту пути, 630099, Россия, г. Новосибирск, ул. Орджоникидзе, 37/1, ведущий инженер, тел. (383)229-51-223, e-mail: PAI-OPMS@YA.RU

Рассмотрен опыт эксплуатации разработанной системы автоматизированного управления на базе ГНСС для путеремонтных машин позволяющей автоматизировать процесс постановки железнодорожного пути в проектное положение по пространственным данным.

**Ключевые слова:** автоматизированное управление, путевые машины, постановка пути в проектное положение, пространственное положение.

## **EXPERIENCE OF OPERATING THE AUTOMATED CONTROL SYSTEMS BY SETTING UP THE RAILS ON THE BASIS OF WEST SIBERIAN RAILWAY**

### ***Vladimir V. Shcherbakov***

Siberian State University of Railway Engineering, 630049, Russia, Novosibirsk, 191 D. Kovalchouk St., professor, head of department of engineering geodesy, tel. (383)328-04-37, e-mail: vvs@stu.ru

### ***Ivan A. Buntsev***

Siberian State University of Railway Engineering, 630049, Russia, Novosibirsk, 191 D. Kovalchouk St., leading researcher, department of diagnosis of roads and subgrade, tel. (383)328-04-79, e-mail: vvs@stu.ru

***Olga Vl. Kovalyova***

Siberian State University of Railway Engineering, 630049, Russia, Novosibirsk, 191 D. Kovalchouk St., associate professor, department of engineering geodesy, tel. (383)328-04-37, e-mail: kov@stu.ru

***Ivan V. Shcherbakov***

Siberian State University of Railway Engineering, 630049, Russia, Novosibirsk, 191 D. Kovalchouk St., engineer, department of diagnosis of roads and subgrade, tel. (383)328-04-79, e-mail: vvs@stu.ru

***Alexandr I. Pimenov***

Directorate for repair of railway track, 630049, Russia, Novosibirsk, 37/1 Ordzonikidze St., leading engineer, tel. (383)229-51-223, e-mail: PAI-OPMS@YA.RU

The experience of automated control system operation developed on the basis of GNSS for the rail fixing machines to automate the process of setting the railway track in the design position according to dimensional data.

**Key words:** operating experience, dimensional position, automated management, railway track, setting rails in the design position.

Испытание системы автоматизированного управления (САУ) на базе ГНСС, созданной в Сибирском государственном университете путей сообщения [1], проведенное в 2008г впервые в России, показали возможность использования ГНСС для автоматизации процесса постановки железнодорожного пути по пространственным данным в проектное положения.

Основные проблемы на данном этапе заключались в создании электронных проектов и аппаратно-программной реализации САУ, обеспечивающей требуемую точность постановки пути в проектное положение.

Электронных проектов для САУ на базе ГНСС не существовало, поэтому было принято решение, предварительно до начала ремонтных работ определять координаты оси пути в местной системе координат (МСК) по методике разработанной в СГУПС [2] с помощью АПК “ПРОФИЛЬ” [3]. Электронный проект с учетом полученных данных формируется путем корректировки пространственного положения оси пути по рихтовке и подъёмке, т.е. ось пути корректируется проектными рихтовками и подъёмками с сохранением структуры и формата пространственных данных.

САУ на базе ГНСС создавался таким образом, что бы текущие координаты в любой  $i$ -ой точки сравнивались с проектными данными, а по их разности в плане и профиле формировался управляющий сигнал на гидропривод и электропривод для рихтовки и подъёмки пути. При этом измерения выполнялись в системе координат WGS-84 и преобразовывались в систему координат проекта на участок ремонта железнодорожного пути. При решении данной задачи, необходимо было учитывать динамику движения путевой машины, а именно наклоны в продольной и поперечной плоскости рамы путевой машины и отклонение в поперечной плоскости измерительной тележки относительно фазового центра. Разработаны системы редукиции и коррекции, которые обеспечивали редуцирование координат на ось пути и корректировали текущие координаты за смещение измерительной тележки относительно фазового центра. Такие реше-

ние связаны, с тем, что ось путеизмерительной тележки находится вне зоны радиовидимости ГНСС. Аналогичные САУ устанавливаемые на бульдозера, экскаваторы не требуют сложных систем и устройств, поэтому решение данных задач является особенностью железнодорожных САУ [4, 5]. Кроме решения приведенных задач, разработан универсальный блок управления гидроприводом и электроприводом путеремонтных машин. (ПРУ).

Испытания САУ выявили существенные недостатки в системе редуцирования, так как при поперечном наклоне рамы ЭЛБ, инклинометры, предназначенные для измерения углового положения спутниковой антенны, за счет инерции не обеспечивали компенсацию изменения положения фазового центра спутниковой антенны. Проблема была решена за счет использования приемника с двумя антеннами. В процессе эксплуатации САУ наибольшие проблемы были обусловлены обеспечением GSM-связи с базовой станцией. Применение радиомодемов позволило обеспечить более надежную связь, что также обеспечило устойчивую работу САУ. Одним из наиболее сложных вопросов при внедрении САУ является кадровый, т.к. в штате путевых машин нет геодезиста, а установка базовой спутниковой станции, работа со спутниковой аппаратурой САУ, требует определенных специальных знаний, которые механики не имеют. Для обеспечения работы САУ, привлекаются технологи (инженеры путей сообщения), которые изучают геодезию в ВУЗе, но даже с привлечением технологов эти проблемы остаются. Привлечение геодезиста для подготовки работ приведет к расширению штата и увеличению затрат.

Одним из вариантов решение данной проблемы является создание САУ, на базе ГНСС, работающей в автономном режиме, без использования дифференциальных поправок. Такое решение было найдено и реализовано в 2013 году.

Сущность данного решения заключается в использовании соседнего пути на двухпутных участках, и искусственных опорных измерительных плоскостей на однопутных, координаты которых предварительно определены. В данном варианте реализации САУ ГНСС используется для пространственной привязки проектных данных, например междупутья, что позволяет определить сдвиги по разности фактического и проектного междупутья, а подъемки по превышению между соседним и ремонтируемым путями. Для реализации приведенной схемы используется проектная база данных (ПБД), которая представляет собой следующую структуру приведенную ниже (табл. 1)

*Таблица 1*

Координаты		Проектное междупутье, (мм)	Возвышение рельса, (мм)	Превышение, (мм)	топокод
$\varphi$	$\lambda$				
55°20,0417'	82°56,0093'	4256	30	90	11

Практическая реализация САУ для постановки пути в проектное положение заключается в измерении текущей координаты в системе координат WGS-84, ее сравнении с координатами в ПБД, определении значения проектного междупутья и превышения, их сравнения с фактическими значениями в точках, определения сдвиги и подъемки [6]. Данный вариант САУ на базе ГНСС по-

лучил поддержку руководства ЗСЖД и в настоящее время внедряется. В 2014г ЭЛБ-4С (N005)ОПМС -19 ЗСДРП выполнил постановку пути в проектное положение с использованием САУ на базе ГНСС (автономный режим работы) около 120 км. На рис. 1 показано качество выправки пути на участке ремонта с использованием САУ на базе ГНСС.



Рис. 1. Постановка пути в проектное положение ЭЛБ-4, участок Посевная-Черепаново

Непосредственные исполнители работ машинисты, технологи, руководители структурных подразделений высоко оценили данный вариант САУ. Особенно важно то, что запуск аппаратуры и подготовка к работе заключается в нажатии только одной кнопки на спутниковом приемнике. Контроль качества работ, выполняемый на всех объектах показал, что средняя квадратическая погрешность пространственного положения пути в контрольных сечениях (ОКС) составляет 1см. В табл. 2 приведены данные по оценке точности параметров, при постановке пути в проектное положение.

Таблица 2

N	ПРОЕКТ					По данным съемки АПК "Профиль" после ЭЛБ						Отклонения от проектных величин				
	Начало кривой	Конец кривой	R	Длина кривой	L1	L2	Начало кривой	Конец кривой	R	Длина кривой	L1	L2	Отклонение среднего радиуса кривой, %		Длина переходной кривой L1 менее проектной на величину, м	
													Нормативное	Факт	Нормативное	Факт
1	148кмПК9+75.89	149кмПК5+86.47	980	610.58	110	110	148кмПК9+59.00	149кмПК5+89.00	986	630	117	112	8.	0.6	10.	+ 17м
2	150кмПК7+88.11	151кмПК4+26.40	970	638.29	140	140	150кмПК7+82.00	151кмПК4+27.00	983	645	144	138	8.	1.3	10.	+ 4м
3	155кмПК0+90.64	156кмПК0+25.36	993	634.72	120	80	Отсутствие GSM-связи на перегоне									
4	156кмПК0+64.64	156кмПК7+96.79	800	732.15	80	115	Отсутствие GSM-связи на перегоне									
5	156кмПК9+73.39	157кмПК7+30.09	990	756.70	120	120	156кмПК9+64.00	157кмПК7+40.00	993	776	126	138	8.	0.3	10.	+ 6м
6	157кмПК9+03.92	158кмПК3+57.08	950	453.16	120	120	157кмПК8+97.00	158кмПК3+69.00	965	472	126	119	8.	1.5	10.	+ 6м
7	158кмПК4+73.51	158кмПК9+80.81	901	507.30	120	120	158кмПК4+83.00	158кмПК9+66.00	900	483	124	110	8.	0.1	10.	+ 4м

Из табл. 2 видно, что качество работ по постановке пути в проектное положение соответствует нормативным требованиям по основным параметрам.

На рис. 2 показана карточка кривой (форма ФП-5), полученная по результатам исполнительной съемки после завершения ремонтных работ.

Ведо- 05.04.2005		Поезд- 05.04.2005 ПЧ:												
Уча-	Кри-	Направле-					Путь:					Км: 146-159		
левая	5 3	Характеристики кривой					1-я переходные			2-я				
		Начало		Конец			Отвод			Отвод				
		км	пк	км	пк	дл.	уг	тах	ср.	дл.	тах	ср.	дл.	
	план	155	0+48	155	8+08	760	45.47	1.04	0.64	111	0.76	0.52	131	
	уров.	155	0+84	155	0+84	0		0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	
	план-уров.		-36		724	760								
пр. 4.614 сл. 0.157		Характеристики круговой кривой									скор.	пас.	грз	
		Начало		Конец			Радиус/уровень				Vпз	100	60	
		км	пк	км	пк	дл.	min	тах	ср.	анп	□	Vкр	84	55
	план	155	1+59	155	6+77	518	783	838	800	0.99	0.30	Vпр	140	
	уров.	155	0+84	155	0+84	0	0	0	0	0.35		Vиз		
	план-уров.		75		593	518				4+0	1+1	Vдп	80	55

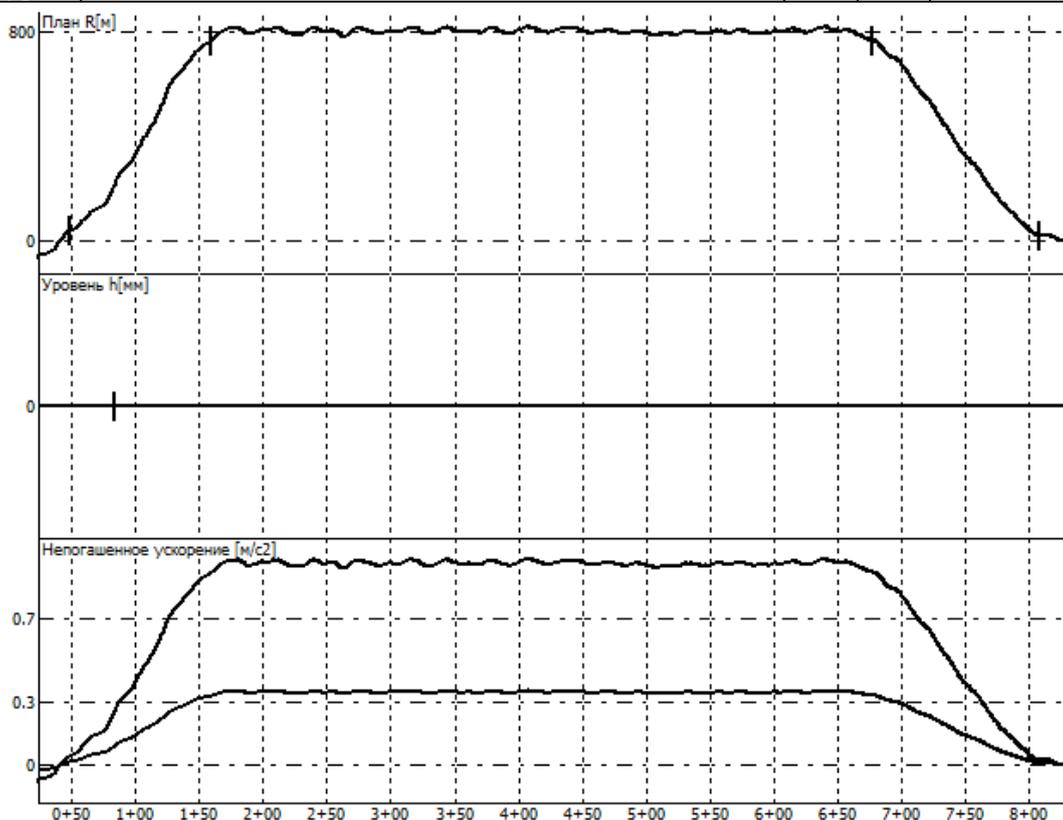


Рис. 2. Карточка кривой (ФП-5)

Из приведенных результатов видно, что качество постановки кривых с использованием САУ на базе ГНСС в проектное положение высокое и соответствует нормативным требованиям.

Чистовая выправка сглаживания выполняется путем сглаживания машиной Доумат. Всего в настоящее время на ЗСЖД оборудовано САУ восемь путевых машин различного назначения, выполняющих капитальный ремонт железных дорог. В 2015г планируется оборудовать дополнительно еще четыре машины. Экономический эффект в использовании САУ на ЭЛБ-4С при капитальном ремонте (модернизации) составляет 9012,64 тысяч рублей год на одну машину.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Патент 147033 Российская Федерация, МПК 51 E01 B29/04. Система для управления выправкой пути / В.В. Щербаков, А.И. Пименов, И.В. Щербаков, А.Н. Модестов, И.А. Бунцев, В.П. Славкин. -№ 2014120965/11; заявл. 23.05.2014, опубл. 27.10.2014.
2. Патент 2261302 Российская Федерация, МПК 51 E01 B35/00. Способ определения пространственных параметров рельсового пути и устройство для его осуществления / В.В. Щербаков, А.Н. Модестов, В.М. Круглов, И.И. Козятник, А.В. Демура. - № 200311110/11; заявл. 20.10.2004, опубл. 27.09.2005.
3. Ковалева О.В. Использование ГИС-технологии при определении пространственного положения и геометрических параметров железной дороги // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 1. – С. 101–107.
4. Патент 112209 Российская Федерация, МПК 51 E01 B35/00. Путевая машина / В.В. Щербаков, А.Н. Модестов, В.Д. Верескун, А.С. Пикалов. - № 2011133389/11; заявл. 09.08.2011, опубл. 10.01.2012.
5. Патент 136048 Российская Федерация, МПК 51 E01 B29/04. Устройство для выправки железнодорожного пути / В.В. Щербаков, И.В. Щербаков, А.Н. Модестов, И.А. Бунцев, В.П. Славкин. -№ 2013134278/11; заявл. 22.07.2013, опубл. 27.12.2013.
6. Щербаков В.В. Выправка пути при реконструкции и ремонте железнодорожных путей с использованием ГИС-технологий и ГНСС // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 3. – С. 14–20.

© В. В. Щербаков, И. А. Бунцев, О. В. Ковалева, И. В. Щербаков, А. И. Пименов, 2015

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ СПУТНИКОВОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЫ ПО ИЗМЕРЕНИЯМ ГЛОНАСС**

### ***Александр Петрович Карпик***

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, доктор технических наук, профессор, ректор, тел. (383)343-39-37, e-mail: rector@ssga.ru

### ***Олег Валерьевич Твердовский***

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, директор института дистанционного обучения, тел. (383)343-90-22, e-mail: o.v.tverdovsky@ssga.ru

### ***Сергей Владимирович Середович***

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, директор института геодезии и менеджмента, тел. (383)343-27-09, e-mail: dir.inst.gm@ssga.ru

### ***Алексей Алексеевич Струков***

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, ведущий инженер НИС

### ***Александр Петрович Решетов***

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, руководитель ОИТО УНП ЦИТО

Активное развитие системы ГЛОНАСС, аппаратуры и программного обеспечения позволяют ставить задачи по исследованию возможностей «автономного» использования системы ГЛОНАСС. В работе приведены некоторые результаты исследований по испытанию в режиме «автономного» ГЛОНАСС с приёмниками SIGMA, TRIUMPH-1 и программы JUSTIN фирмы “Javad”.

**Ключевые слова:** орбитальная группировка ГЛОНАСС, спутниковая геодезическая сеть, режимы спутниковых измерений, геодезическое спутниковое оборудование, базовая станция, подвижный приемник, уравнивание, ковариационная матрица, эллипсоид рассеивания.

## **SATELLITE GEODETIC EQUIPMENT: GLONASS MEASUREMENTS RESEARCH RESULTS**

### ***Alexander P. Karpik***

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., Prof., Rector, tel. (383)343-39-37, e-mail: rector@ssga.ru

### ***Oleg V. Tverdovsky***

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., Director, Institute of Distant Education, tel. (383)343-90-22, e-mail: o.v.tverdovsky@ssga.ru

***Sergey V. Sereдович***

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., Director, Institute of Geodesy and Management, tel. (383)343-27-09, e-mail: dir.inst.gm@ssga.ru

***Alexey A. Strukov***

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., Lead engineer, Research Centre

***Alexander P. Reshetov***

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Head of department of engineering geodesy and mine survey

Active development of the GLONASS system, hardware and software allow to set targets for exploring the possibilities of "autonomous" use of the GLONASS system. The paper presents some results of studies on the test in the "autonomous" GLONASS receivers SIGMA, TRIUMPH-1 and programs JUSTIN firm "Javad".

**Key words:** Orbital constellation, GLONASS, NAVSTAR GPS, satellite geodetic network, modes of satellite observations, geodetic satellite equipment, the base station, the mobile receiver equalization satellite geodetic network, analysis of results, the RMS error covariance matrix.

Как известно, в настоящее время наиболее точный и распространенный метод определения координат объектов на земной поверхности основан на использовании сигналов радионавигационных спутниковых систем. Полноценно функционируют на сегодняшний день две орбитальные группировки навигационных космических аппаратов – российская ГЛОНАСС и американская GPS. Практически весь спектр геодезического спутникового оборудования, выпускаемого специализированными компаниями, позволяет принимать сигналы от спутников обеих орбитальных группировок глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС). Применение двухсистемной спутниковой аппаратуры при выполнении геодезических работ позволяет оптимизировать и делать более производительным процесс спутниковых измерений. Например, ускорить процесс инициализации при съемке в режиме кинематики в реальном времени (RTK), уменьшить продолжительность сеансов спутниковых наблюдений при построении спутниковых геодезических сетей или создании съемочного обоснования и т. д.

Цель исследования заключалась в проверке качества, точности и надежности определения координат по данным спутниковых измерений ГЛОНАСС в различных режимах и сравнении их с аналогичными результатами совместных измерений по ГЛОНАСС/GPS.

Были определены следующие задачи исследования:

- 1) проверка настроек спутниковой аппаратуры и программного обеспечения на возможность измерений только по ГЛОНАСС;
- 2) проектирование спутниковой геодезической сети и планирование сеансов наблюдений;
- 3) проведение полевых измерений в режиме «Статика»;

- 4) обработка измерений и анализ результатов;
- 5) проведение полевых измерений в режиме «Кинематика в реальном времени» (RTK));
- б) анализ результатов.

Геодезическая сеть, на пунктах которой производились спутниковые измерения, включала пять пунктов сети активных базовых станций Новосибирской области (АБС НСО): Колывань (KOLV), Мошково (МНКV), Коченево (КОСН), Искитим (ISKТ), Новосибирск-Западный (NSKW); четыре пункта пространственного эталонного полигона: Красноглинная (KRSN), Издревая (IZDR), пункты Издревинского базиса №01 (BL01) и №10 (BL10); один пункт спутниковой каркасной сети (КС) г. Новосибирска – Марусино (MARU) и пункт-тур на крыше лабораторного корпуса СГУГиТ – Новосибирск-Северный (NSKN). Все пункты имеют устройства принудительного центрирования. Общая схема расположения пунктов спутниковой сети и измеренных базовых линий показана на рис. 1, а её укрупненные фрагменты – на рис. 2.

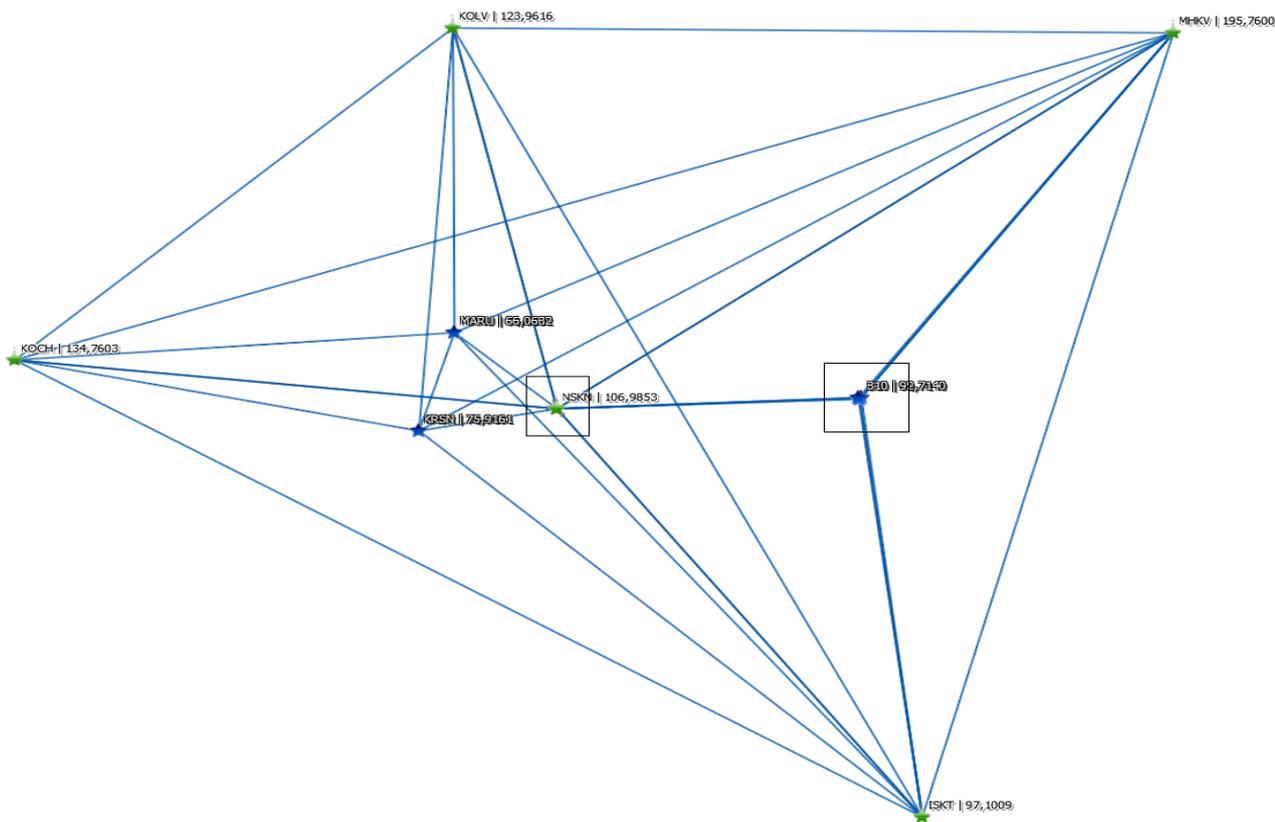


Рис. 1. Общая схема спутниковой геодезической сети

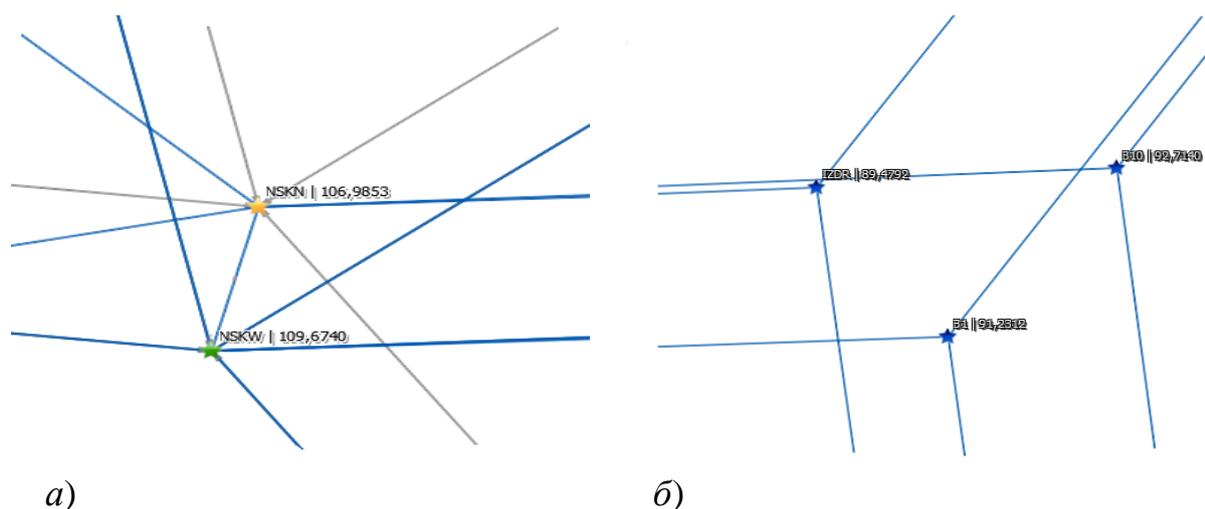


Рис. 2. Схема измерений:

а) на пунктах NSKW, NSKN; б) на пунктах эталонного Издревинского базиса

Измерения на пунктах сети выполнялись приемниками Sigma и Triumph-1 фирмы JAVAD с подключенными опциями точной калибровки сигналов ГЛОНАСС. Продолжительность сеансов измерений на всех определяемых пунктах в режиме статики составляла, как правило, 60 минут. Камеральная обработка спутниковых измерений производилась в программе Justin фирмы JAVAD. Обработка выполнялась со следующими настройками:

- маска по высоте  $10^\circ$ ;
- эфемериды навигационные (бортовые);
- тропосферная модель Goad and Goodman;
- сохранение невязок.

На первом этапе обработки, в процессе свободного уравнивания спутниковой геодезической сети была сделана оценка качества спутниковых измерений. Затем, с целью получения «эталонных» координат пункта базовой станции NSKN и определяемых пунктов сети, выполнено полностью ограниченное уравнивание с фиксацией координат пяти пунктов АБС НСО.

На втором этапе в обработке участвовали только измерения по спутникам ГЛОНАСС с исключением измерений на пунктах АБС НСО. Сформированная таким образом спутниковая геодезическая подсеть включила замкнутый треугольник из базовых линий между пунктами MARU, KRSN и NSKN, а также три радиальных базовых линии на пункты: IZDR, BL01 и BL10. Исходным пунктом в данной подсети являлся пункт NSKN с координатами, полученными на предыдущем этапе уравнивания. Результаты второго этапа сведены в табл. 1.

Таблица 1

Уравненные координаты пунктов метрологического полигона  
по измерениям ГЛОНАСС

Пункт	Широта / X	Долгота / Y	Высота / Z	СКП H/Z, м	$\Delta B/\Delta X$ , м	$\Delta L/\Delta Y$ , м	$\Delta H/\Delta Z$ , м
NSKN	54°59'14,518098	82°51'53,130638	106,984	0,000	0,000	0,000	0,000
	455584,960	3639402,404	5200664,316		0,000	0,000	0,000
KRSN	54°58'6,527628	82°41'51,681764	76,256	0,143	0,002	0,143	-0,041
	466411,773	3639748,842	5199432,540		-0,150	-0,007	-0,032
B01	54°59'42,004968	83°13'53,838231	91,344	0,024	-0,023	0,008	0,076
	432189,683	3641544,620	5201139,149		0,001	0,078	0,038
B10	54°59'46,620703	83°14'1,064491	92,744	0,040	-0,009	0,039	0,163
	432048,425	3641444,456	5201222,174		-0,027	0,111	0,124
IZDR	54°59'46,118179	83°13'48,266591	89,6234	0,121	-0,011	0,120	0,036
	432275,651	3641428,504	5201210,704		-0,119	0,051	0,018
MARU	55°03'5,471678	82°44'25,093949	66,200	0,004	0,002	-0,002	0,038
	462746,763	3632576,212	5204725,364		0,005	0,018	0,034

Третий этап полностью идентичен второму. Но с тем отличием, что использованы измерения от обеих орбитальных группировок – ГЛОНАСС и GPS. Результаты представлены ниже в табл. 2. Оценка точности определения координат по внешней сходимости производилась из сравнения уравненных координат, полученных на втором и третьем этапах, с уравненными координатами, полученными на первом этапе. Результаты приведены в виде разностей с эталонными координатами в последних трех столбцах в табл. 1 и 2.

Таблица 2

Уравненные координаты пунктов метрологического полигона по измерениям  
ГЛОНАСС/GPS

Пункт	Широта / X	Долгота / Y	Высота / Z	СКП H/Z, м	$\Delta B/\Delta X$ , м	$\Delta L/\Delta Y$ , м	$\Delta H/\Delta Z$ , м
NSKN	54°59'14,518098	82°51'53,130638	106,984	0,000	0,000	0,000	0,000
	455584,960	3639402,404	5200664,316		0,000	0,000	0,000
KRSN	54°58'6,527889	82°41'51,689755	76,195	0,006	-0,003	0,006	0,020
	466411,627	3639748,818	5199432,494		-0,004	0,000	0,017
B01	54°59'42,003601	83°13'53,838194	91,409	0,009	0,001	0,009	0,011
	432189,692	3641544,692	5201139,178		-0,008	0,000	0,006
B10	54°59'46,620372	83°14'1,066979	92,9086	0,005	-0,004	-0,004	-0,002
	432048,393	3641444,563	5201222,303		0,004	0,000	0,004
IZDR	54°59'46,118081	83°13'48,269965	89,6469	0,063	-0,009	0,062	0,013
	432275,593	3641428,527	5201210,721		-0,061	0,000	0,028
MARU	55°03'5,471916	82°44'25,09358	66,233	0,004	-0,002	0,004	0,005
	462746,771	3632576,224	5204725,396		-0,003	0,006	0,002

По этим таблицам видно, что разности полученные из обработки ГЛОНАСС/GPS, находятся, преимущественно, на уровне  $\pm 5-10$  мм и лишь два выброса по  $\Delta X$  и  $\Delta L$  на одном из 6 пунктов (IZDR) составили порядка  $\pm 0,061$  метра. По высоте средняя разность по модулю величин не превышает 10 мм.

Для измерений только по спутникам ГЛОНАСС средние разности по модулю составили по  $\Delta B/\Delta X$  – 17,8 мм, по  $\Delta L/\Delta Y$  – 48,1 мм, а по  $\Delta H/\Delta Z$  – 50 мм при наличии единичных выбросов до уровня  $\pm 15$  см. Это может указывать на определенную нестабильность результатов определений координат по измерениям ГЛОНАСС.

На четвертом этапе производилась измерения в режиме RTK на двух определяемых пунктах – KRSN и MARU. Измерения последовательно выполнялись вначале по спутникам ГЛОНАСС, а затем ГЛОНАСС/GPS, относительно базовой станции NSKN. Схема измерений на пунктах метрологической сети приведена на рис. 3, а результаты обработки – в табл. 3.

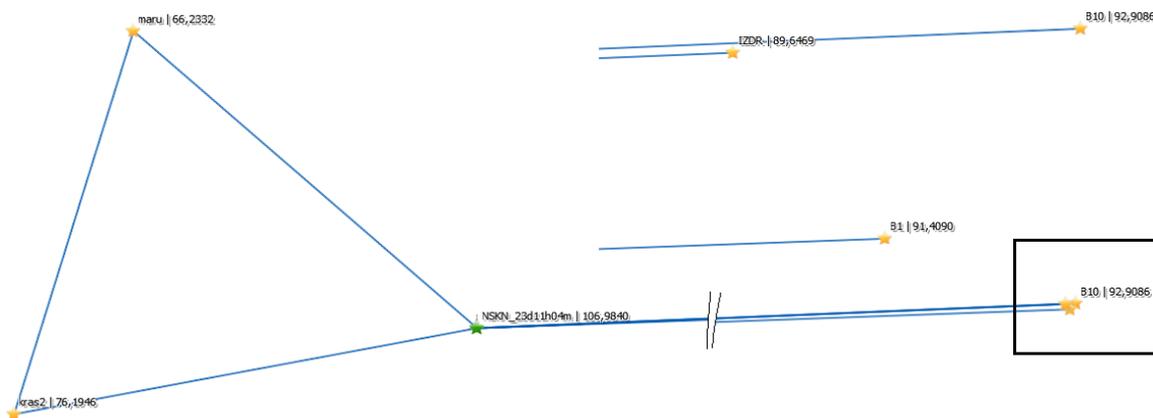


Рис. 3. Схема измерений в режиме RTK на пунктах метрологической сети

Таблица 3

Результаты определения координат методом RTK относительно базовой станций NSKN

	ID	Решение	СКП (метр)		PDOP	SV	T(сек)	$\Delta B$ , м	$\Delta L$ , м	$\Delta H$ , м
			в плане	по высоте						
ГЛОНАСС	krsn8	Фикс.	0,025	0,048	2,91	0+6	70,0	-0,004	-0,055	-0,061
	krsn9	Фикс.	0,025	0,049	2,92	0+6	27,0	0,001	-0,053	-0,055
	krsn10	Фикс.	0,025	0,049	2,93	0+6	24,0	0,000	-0,050	-0,057
	krsn11	Фикс.	0,025	0,049	2,94	0+6	18,0	0,002	-0,050	-0,069
ГЛОНАСС/GPS	krsn1	Фикс.	0,014	0,021	1,30	10+7	8,0	-0,004	-0,026	-0,021
	krsn2	Фикс.	0,010	0,014	1,30	10+7	13,0	0,001	-0,046	-0,007
	krsn3	Фикс.	0,010	0,014	1,30	10+7	14,0	-0,001	-0,046	-0,013
	krsn4	Фикс.	0,010	0,014	1,30	10+7	7,0	-0,002	-0,046	-0,012
	krsn5	Фикс.	0,010	0,014	1,30	10+7	10,0	-0,001	-0,046	-0,017
	krsn6	Фикс.	0,010	0,014	1,30	10+7	12,0	0,004	-0,046	-0,004
	maru1	Фикс.	0,008	0,014	1,50	9+7	8,0	0,016	-0,018	0,007
	maru2	Фикс.	0,008	0,014	1,50	9+7	14,0	0,014	-0,019	0,010
	maru3	Фикс.	0,008	0,014	1,50	9+7	16,0	0,014	-0,020	0,016
	maru4	Фикс.	0,008	0,014	1,51	9+7	41,0	0,011	-0,022	0,021
maru5	Фикс.	0,008	0,014	1,51	9+7	8,0	0,011	-0,023	0,014	

В табл. 3 использованы следующие обозначения: ID – идентификатор пункта сети; PDOP – фактор снижения точности; SV – количество видимых спутников (GPS+ГЛОНАСС); T – время инициализации на пункте в режиме RTK;  $\Delta B$ ,  $\Delta L$ ,  $\Delta H$  – разности между значениями координат в сеансах RTK и эталонными значениями, соответственно, по широте, долготе и геодезической высоте пункта.

Как видно из табл. 3, СКП определения координат по комплексным измерениям ГЛОНАСС/GPS на двух пунктах составили менее  $\pm 0,014$  м в плане и  $\pm 0,021$  м по высоте при среднем времени инициализации порядка 13,6 с. Для измерений только по спутникам ГЛОНАСС эти показатели в 2 раза менее точные в плане и более чем в 2,5 раза – по высоте. Время инициализации решения по спутникам ГЛОНАСС составило в среднем 34,8 с, что также примерно в 2,6 раза продолжительнее, чем по совместным измерениям ГЛОНАСС/GPS. Также следует отметить, что на втором пункте «MARU» все определения получили плавающие решения и поэтому в таблице не приведены. Причина этого пока не была выяснена. Что касается сравнения координат (по широте, долготе и геодезической высоте), которые приведены в трех последних столбцах справа в виде разностей в линейном виде, то можно сделать следующий вывод: точность определения координат в плане практически одинакова как для измерений по ГЛОНАСС, так и по совместным измерениям ГЛОНАСС/GPS. По высоте этот показатель по измерениям ГЛОНАСС примерно в 4,7 раза уступает точности измерений ГЛОНАСС/GPS.

На заключительном этапе обработки спутниковых измерений была выполнена статистическая оценка точности результатов вычисления базовых линий в режиме статики с построением эллипсоида рассеивания [1, 2], который вычислялся по ковариационным матрицам. Эллипсоид рассеивания геометрически наглядно отображает распределение погрешностей. Его наибольшая вытянутость характеризует величину наибольшей погрешности, а направление осей эллипсоида характеризует направление погрешностей в географических координатах, полученных из обработки векторов базовых линий [5, 6].

Построение эллипсоида рассеивания выполняется с помощью сингулярного разложения ковариационной матрицы:

$$K = W \Sigma W^T,$$

где K – ковариационная матрица, полученная на этапе обработки векторов базовых линий;

W – ортогональная матрица, столбцами которой являются сингулярные векторы;

$\Sigma$  – диагональная матрица упорядоченных по величине сингулярных чисел ( $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ ).

Квадратный корень из сингулярных чисел дает полуоси эллипсоида рассеивания в геоцентрической системе координат. Обычно сингулярные числа в

матрице  $\Sigma$  упорядочены по убыванию. В таком случае  $\sqrt{\sigma_1} = \alpha_{max}$  – наибольшая полуось эллипсоида, а  $\sqrt{\sigma_3} = \alpha_{min}$  – наименьшая полуось эллипсоида. Соответствующие сингулярным числам сингулярные векторы  $w_1, w_2, w_3$  задают ориентировку осей эллипсоида рассеивания относительно геоцентрической системы координат.

На рис. 4 приведен общий вид эллипсоида рассеивания [3, 4] и его ориентировка относительно осей географических координатах (долгота  $\lambda_{max}$  и широта  $\varphi_{max}$ ) в геоцентрической системе координат.

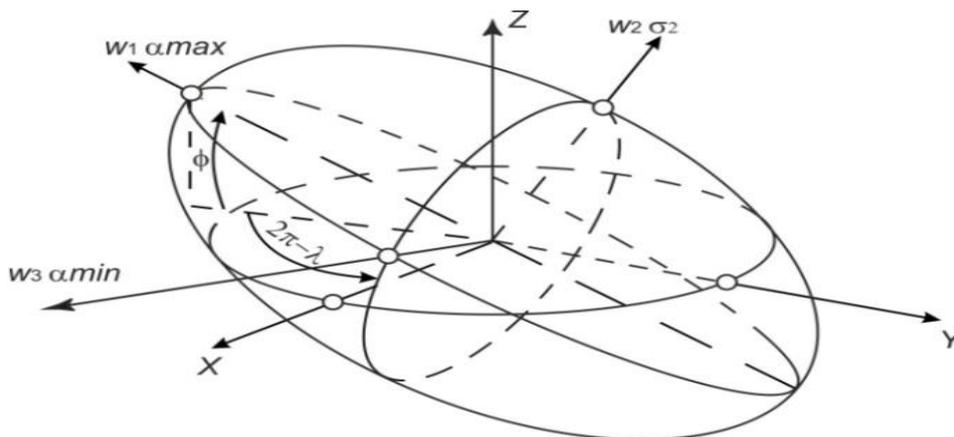


Рис. 4. Общий вид эллипсоида рассеивания

На рис. 4 использованы следующие обозначения:  $\lambda_{max}, \varphi_{max}$  – географические координаты большой полуоси эллипсоида;  $\alpha_{max}; w_1, w_2, w_3$  – полуоси эллипсоида, соответствующие квадратному корню из сингулярных чисел  $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ ;  $X, Y, Z$  – оси прямоугольной геоцентрической системы координат.

Направление большой полуоси, т. е. направление наибольшей вытянутости эллипсоида рассеивания в географических координатах (по долготе  $\lambda$  и широте  $\varphi$ ) определяется по формулам:

$$\lambda = \arctg\left(\frac{w_{21}}{w_{11}}\right), \quad \lambda \in [0; 2\pi); \quad \varphi = \arctg\left(\frac{w_{33}}{\sqrt{w_{11}^2 + w_{22}^2}}\right), \quad \varphi \in \left[-\frac{\pi}{2}; \frac{\pi}{2}\right].$$

Положение наибольшей вытянутости определяется по первому сингулярному вектору  $w_1$ , а наибольшей сплюснутости – по третьему сингулярному вектору  $w_3$  матрицы  $W$  [7, 8].

Результаты на пункте “MARU” по ГЛОНАСС отсутствуют по причине плавающего решения для всех сессий измерений – причину выяснить не удалось.

Результаты анализа с помощью сингулярного разложения и построения эллипсоида рассеивания по измерениям ГЛОНАСС и ГЛОНАСС/GPS по результатам вычисления базовых линий спутниковой сети в режиме статики приведены в табл. 4, 5.

Таблица 4

## Ориентировка осей эллипсоида рассеивания для ГЛОНАСС

Базовая линия	$\sigma_{\max}$ (мм)	$\varphi$ ( $\sigma_{\max}$ )	$\lambda$ ( $\sigma_{\max}$ )
NSKN - B10	269	59,5	26,2
NSKN - B1	53	15,6	135,4
NSKN - IZDR	75	10,9	197,3
NSKN - MARU	100	48,5	94,6
KRSN - MARU	114	4,8	172,6
NSKN - KRSN	67	11,1	171,9
Среднее	113	25	133
СКП	$\pm 80$	$\pm 23$	$\pm 63$

Таблица 5

## Ориентировка осей эллипсоида рассеивания для ГЛОНАСС/GPS

Базовая линия	$\sigma_{\max}$ (мм)	$\varphi$ ( $\sigma_{\max}$ )	$\lambda$ ( $\sigma_{\max}$ )
NSKN - B10	28	46,1	71,1
NSKN - B1	30	46,1	71,9
NSKN - IZDR	26	46,8	73,0
NSKN - MARU	13	46,2	67,7
KRSN - MARU	12	48,4	80,3
NSKN - KRSN	15	47,9	80,0
Среднее	21	47	74
СКП	$\pm 8$	$\pm 1$	$\pm 5$

Из сравнения результатов, представленных в табл. 4 и 5, можно видеть, что по значениям больших полуосей эллипсоидов рассеивания наблюдается 5-6-кратное понижение точности для измерений ГЛОНАСС по сравнению с совместными измерениями ГЛОНАСС/GPS.

В заключение можно сделать следующие выводы. Точность определений координат пунктов в режиме «статика» по измерениям ГЛОНАСС несколько уступает результатам, полученным по совместным измерениям ГЛОНАСС/GPS. Полученные оценки координат определяемых пунктов характеризуется меньшей стабильностью и большей амплитудой отклонений от эталонных значений. В целом можно считать, что использование измерений только по системе ГЛОНАСС может достаточно надежно обеспечивать точность определения СКП координат пунктов в пределах первых сантиметров как в статическом режиме измерений, так и в RTK.

Авторы выражают свою признательность генеральному директору ЗАО «УГТ-Холдинг» А. М. Харитонову и директору ООО «Запсибгеодезия» Ю. А. Чермошенцеву за предоставление спутниковых приемников «JAVAD» и техническое содействие в проведении исследования.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сурнин Ю. В., Струков А. А. Анализ точности определения координат сверхдлинных векторов базовых линий по результатам ГНСС-измерений // Геодезия и картография. – 2012. – № 7. – С. 17–23.

2. Пугачев В. С. Теория вероятностей и математическая статистика. – М.: Наука, 1979.
3. Струков А. А. Анализ точности определения векторов сверхдлинных базовых линий по результатам GPS-измерений // Вестник СГГА. – 2011. – Вып. 2 (15). – С. 2–15.
4. Сурнин Ю. В. О применении в геодезической практике России международной терминологии к понятиям «система координат» и «координатная основа» // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 3. – С. 28–36.
5. Проблемы обеспечения точности координатно-временных определений на основе применения ГЛОНАСС технологий / А. С. Толстиков, В. А. Ащеулов, К. М. Антонович, Ю. В. Сурнин // Вестник СГГА. – 2012. – Вып. 2 (18). – С. 3–11.
6. Косарев Н. С. Статистический анализ точности определения положений спутников систем ГЛОНАСС и GPS // Вестник СГГА. – 2014. – Вып. 2 (26). – С. 9–18.
7. Джоел ван Кроненброк. Применение технологий ГНСС для деформационного мониторинга сооружений // Вестник СГГА. – 2012. – Вып. 1 (17). – С. 29–40.
8. Косарев Н. С. Восстановление фазы несущей: проблемы и пути решения // Вестник СГГА. – 2012. – Вып. 1 (17). – С. 53–59.
9. Дударев В. И. Уравнивание геодезических сетей по результатам относительных GPS-измерений // Вестник СГГА. – 2011. – Вып. 2 (15). – С. 7–15.

© А. П. Картик, О. В. Твердовский, С. В. Середович, А. А. Струков, А. П. Решетов, 2015

## **ЗАДАЧИ СИСТЕМЫ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАВИГАЦИИ НА ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНОМ ОБЪЕКТЕ**

***Владимир Адольфович Середович***

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, профессор, проректор по инновационной и научной деятельности, тел. (383)343-37-57, e-mail: v.seredovich@list.ru

***Валерий Павлович Лаврус***

Нефтяная Компания «РуссНефть», 115054, Россия, г. Москва, ул. Пятницкая, 69, начальник отдела сейсморазведочных и геоинформационных технологий Департамента геологии и оценки ресурсов нефти газа, тел. (916)043-37-72, e-mail: LavrusVP@RussNeft.ru

Развитие глобальных систем спутникового позиционирования и мобильных компьютерных систем, по сути, совершило революцию в системах индивидуальной навигации и позиционирования. При наличии обратной связи - выхода в интернет, можно получить не только развернутую карту прилегающих районов, но и подробное описание окружающих объектов, развернутую мультимедийную информацию. Все преимущества индивидуального позиционирования сводятся на нет, как только человек попадает в закрытое пространство, поэтому необходимо развивать системы инженерно-геодезического обеспечения, это особо касается потенциально опасных объектов. В статье рассмотрен круг задач, который может решать система позиционирования (например, RTLS) совместно с инженерно-геодезическим обеспечением (3D-моделями помещений, полученными на этапе проектирования и уточненными лазерным сканированием после введения в строй сооружения) на потенциально опасных объектах.

**Ключевые слова:** инженерно-геодезическое обеспечение, система позиционирования, навигация в закрытых помещениях, потенциально опасный объект.

## **THE PROBLEMS OF SYSTEMS ENGINEERING AND GEODETIC NAVIGATION SUPPORT ON POTENTIALLY EMERGENCY OBJECT**

***Vladimir A. Seredovich***

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., professor, vice rector for scientific and innovative activity, tel. (383)343-39-57, e-mail: v.seredovich@list.ru

***Valerie P. Lavrus***

JSC RussNeft, 115054, Russia, Moscow, 69 Pyatnitskaya St., head of the section of seismic and geo-information technologies Department of Geology and resource assessment of oil and gas, tel. (916)043-37-72, e-mail: LavrusVP@RussNeft.ru

The development of global satellite positioning systems and mobile computer systems, in fact, revolutionized the individual systems navigation and positioning. With feedback - access to the Internet, you can get not only a detailed map of the surrounding areas, but also the detailed description of surrounding objects, detailed multimedia information. All the advantages of individual positioning are reduced to nothing, as soon as the person enters the indoor space, so it is necessary to develop systems engineering-geodetic support, this is especially important for potentially dangerous objects. The article considers the range of problems that is able to solve by the positioning system

(e.g., RTLS) in conjunction with engineering and surveying support (3D-models indoor space, obtained at the design stage and refined laser scanning after commissioning structures) on potentially emergency objects.

**Key words:** engineering and surveying support, positioning system, indoor navigation, potentially emergency object.

Развитие глобальных систем спутникового позиционирования и мобильных компьютерных систем, по сути, совершило революцию в системах индивидуальной навигации и позиционирования. Сегодня, имея мобильный телефон – смартфон или планшетный компьютер, любой человек способен ориентироваться на поверхности Земли с точностью до десятка метров, при этом его местоположение будет отображено на электронной карте, на которой, при желании, он способен проложить необходимый маршрут.

Кроме того, при наличии обратной связи - выхода в интернет, можно получить не только развернутую карту прилегающих районов, но и подробное описание окружающих объектов, цифровые фотографии и прочую, порой, даже не очень нужную мультимедийную информацию (предоставляемая информация, благодаря «толстым» интернетовским каналам, часто бывает избыточной, что, в общем и целом, скорее хорошо, чем плохо).

Глобальное позиционирование «перебралось» даже под воду для глубоководного навигационного обеспечения. Известны системы второго уровня, работающие по принципу триангуляции и использующие ультразвуковую локацию (первый уровень в таких системах занимают уже теперь обычные, известные системы спутникового позиционирования) [1].

Но все преимущества индивидуального позиционирования сводятся на нет как только человек попадает в закрытое пространство. Точнее, перекрытое пространство, пространство, закрытое от навигационных спутников. Как это называется в англоязычной технической литературе - indoor space. И, если невозможность отыскать нужный зал в музее или нужный стеллаж в библиотеке [2] может вызвать только легкое раздражение, то невозможность добраться до нужного помещения в аварийных условиях на потенциально опасном объекте (объекты нефтегазодобычи, транспорта нефти и газа, нефте- и газоперерабатывающие промышленные комплексы, электрические станции) может оцениваться в безмерно высокую плату – жизнь человека. Такие системы безусловно нужны.

Определим круг задач, которые может решать система позиционирования (например, RTLS) [3] совместно с инженерно-геодезическим обеспечением (3D-моделями помещений, полученными на этапе проектирования и уточненными лазерным сканированием после введения в строй сооружения) на потенциально опасных объектах (ПОО).

Наверное, лучше всего применение таких систем рассмотреть в жизненном цикле ПОО: от этапа проектирования до этапа ликвидации. Естественно, сами системы инженерно-геодезические обеспечения навигации (СИГОН, назовем их так) могут начать функционировать только на этапе строительства, после то-

го как смонтированы помещения. В дальнейшем она может использоваться для монтажа необходимого оборудования, и эксплуатироваться до момента демонтажа строения. На всех этапах между двумя этими событиями: эксплуатации, модернизации, ремонта, аварийно-восстановительных работ; можно выделить четыре группы задач, решаемые СИГОН, каждая из которых в свою очередь может быть разделена на отдельные задачи.

Группы задач:

1. Охрана объекта.
2. Предотвращение возникновения аварийных ситуаций (соблюдение правил Техники Безопасности).
3. Ремонтно-восстановительные работы и работы по техническому сопровождению ООП.
4. Ликвидация аварии.

Под 1-ю группу задач - охрану объекта подпадают задачи:

- a) предотвращение несанкционированного доступа на объект;
- b) слежение за перемещением персонала.

Во 2-ю группу задач - предотвращение возникновения аварийных ситуаций (соблюдение правил Техники Безопасности) входят:

- a) предотвращение доступа персонала в потенциально опасные зоны без наряда на работы;
- b) слежение за перемещением персонала.

К задачам 3-й группы, обеспечивающим ремонтно-восстановительные работы и работы по техническому сопровождению ООП, наверное, следует отнести:

- a) поиск в интерактивном режиме (с использованием голосовой связи с оператором, и маршрутизации с помощью мобильного вычислительного средства) необходимого узла (оборудования) для монтажа, ремонта, модернизации, демонтажа оборудования в соответствии со схемой ПОО, и
- b) слежение за перемещением персонала.

Отдельно следует выделить задачи 4-й группы системы инженерно-геодезического обеспечения навигации, возникающие при ликвидации аварии, к ним относятся задачи:

- a) обнаружения персонала, терпящего бедствие (по сути две задачи: первая, пассивное обнаружение места, где находится персонал, терпящий бедствие, и, вторая, маршрутизация сотрудника спасательной службы к этому месту);
- b) эвакуация персонала, терпящего бедствие (с использованием голосовой связи с оператором, и маршрутизации с помощью мобильного вычислительного средства);
- c) поиск (с использованием голосовой связи с оператором, и маршрутизации с помощью мобильного вычислительного средства) необходимого узла (оборудования) для устранения аварии в соответствии со схемой ПОО и, как обычно,
- d) слежение за перемещением персонала.

Причем все эти задачи, вероятнее всего, придется решать в условиях ограниченной видимости (дым, пар, водяная взвесь).

Следует понимать, что для каждого типа решаемых задач в системе будет востребована своя подсистема:

- охранная (для обнаружения несанкционированного доступа),
- навигационная (обеспечивающая контроль за перемещением персонала и работников аварийных служб со специальными радиометками, рассчитывающая оптимальные маршруты для них),
- предупреждения (системы звукового предостережения персонала и работников аварийных служб от действий, нарушающих технику безопасности),
- обратной связи (позволяющей персоналу и работникам аварийной службы осуществлять обратную связь с центральным сервером посредством мобильных вычислительных систем и визуализирующая на экране мобильных вычислительных систем подробные 3D схемы окружения персонала и работника аварийной службы в режиме «виртуальная реальность»).

Поэтому для решения задачи построения системы инженерно-геодезического обеспечения навигации на потенциально опасном объекте, необходим комплексный подход, включающий в себя построение развитой компьютерной системы, трехмерное моделирование помещений, построение сенсорных систем разного типа.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Система подводного позиционирования GAPS IXSEA. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.f-e-t.com/images/uploads/Ixsea%20GAPS\\_USBL.pdf](http://www.f-e-t.com/images/uploads/Ixsea%20GAPS_USBL.pdf)
2. Xu W., M. Kruminaite, B. Onrust, H. Liu, Q. Xiong and S. Zlatanova, 2013, A 3D model-based indoor navigation system for Hubei provincial museum, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XL-4/W4, 2013. 51 – 55 December 2013, Cape Town, South Africa
3. Система локального позиционирования RealTack, описание технологии. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://rtlservice.com/technology/opisanie\\_tehnologii/](http://rtlservice.com/technology/opisanie_tehnologii/)
4. Girard G., S. Côté, S. Zlatanova, Y. Barette, J. St-Pierre and P. van Oosterom, 2011, Indoor Pedestrian Navigation Using Foot-Mounted IMU and Portable Ultrasound Range Sensors, In: Sensors 2011, Volume 11, pp. 7606-7624
5. Zlatanova S., J. Beetz, A. J. Boersma, A. Mulder and J. Goos, 2013, 3D Spatial Information Structure for the Port of Rotterdam, In: A. Karpik and V. Seredovich (Eds.), Proceedings of the International Workshop on Global Geospatial Information, 23–25 April 2013, Novosibirsk, Russia, pp. 102–113.
6. Наземное лазерное сканирование: монография / В. А. Середович, А. В. Комиссаров, Д. В. Комиссаров, Т. А. Широкова. – Новосибирск: СГГА, 2009. – 261 с.

© В. А. Середович, В. П. Лаврусь, 2015

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ 3D СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ**

### ***Артем Игоревич Шушпанов***

Карагандинский государственный технический университет, 100027, Республика Казахстан, г. Караганда, Бульвар Мира, 56, магистрант кафедры маркшейдерского дела и геодезии, тел. (7212)56-26-27, e-mail: artem.shushpanoff@mail.ru

### ***Ольга Газисовна Бесимбаева***

Карагандинский государственный технический университет, 100027, Республика Казахстан, г. Караганда, Бульвар Мира, 56, доцент кафедры маркшейдерского дела и геодезии, кандидат технических наук, тел. (7212)56-26-27, e-mail: bog250456@mail.ru

### ***Гульнара Ергалиевна Жунусова***

Карагандинский государственный технический университет, 100027, Республика Казахстан, г. Караганда, Бульвар Мира, 56, доцент кафедры маркшейдерского дела и геодезии, кандидат технических наук, тел. (7212)56-26-27, e-mail: lena\_gulya@mail.ru

### ***Маржан Базарбаевна Игемберлина***

Карагандинский государственный технический университет, 100027, Республика Казахстан, г. Караганда, Бульвар Мира, 56, ст. преподаватель кафедры маркшейдерского дела и геодезии, магистр тех. наук, тел. (7212)56-26-27

В статье рассмотрен вопрос создания и применения 3D модели участка дорожного полотна в Системах Автоматического Контроля для выполнения дорожно-строительных работ.

**Ключевые слова:** системы автоматического контроля, цифровая модель, моделирование, программное обеспечение.

## **RESEARCH OF THE OPPORTUNITIES OF 3D SYSTEM OF AUTOMATIC CONTROL FOR A MOTORGRADER**

### ***Artyom I. Shushpanov***

Karaganda state technical university, 100027, Kazakhstan Republic, Karaganda, 56 Mira avenue, master student of Mine survey and geodesy department, tel. (7212)56-26-27, e-mail: artem.shushpanoff@mail.ru

### ***Olga G. Besimbaeva***

Karaganda state technical university, 100027, Kazakhstan Republic, Karaganda, 56 Mira avenue, associate professor of Mine survey and geodesy department, cand. tech. sci., tel. (7212)56-26-27 e-mail: bog250456@mail.ru

### ***Gulnara E. Jhunusova***

Karaganda state technical university, 100027, Kazakhstan Republic, Karaganda, 56 Mira avenue, associate professor of Mine survey and geodesy department, cand. tech. sci., tel. (7212)56-26-27, e-mail: lena\_gulya@mail.ru

*Marjane B. Igemberlina*

Karaganda state technical university, 100027, Kazakhstan Republic, Karaganda, 56 Mira avenue, a senior lecturer of Mine survey and geodesy department, mag. tech. sci., tel. (7212)56-26-27

The article discusses the creation and use of 3D models section of the roadway in the automatic control system to perform road construction works.

**Key words:** systems of automatic control, digital model, modeling, simulation software.

Создание и использование трехмерной модели дороги в Системах Автоматического Контроля для строительной техники значительно повышает эффективность и точность выполнения дорожно-строительных работ. В статье рассматривается вопрос об использовании и внедрении Систем Автоматического Контроля и трехмерной модели участка трассы Республиканского значения «Астана-Павлодар» в производство дорожно-строительных работ.

В связи с постоянным ростом требований к качеству и скорости производства дорожно-строительных работ возникает необходимость внедрения современных технологий и методов строительства. В конечном счете, качество строительства линейных сооружений определяется точностью их возведения. Сегодня строители всего мира активно применяют современные 3D Системы Автоматизированного Управления для обеспечения автоматизации всех этапов дорожно-строительных процессов. Главным плюсом использования 3D Систем Автоматического Контроля для Автогрейдеров является возможность обеспечения автоматического контроля рабочего органа машины.

Автоматический контроль ножа Автогрейдера достигается путем интегрирования специальных сенсоров в гидравлику и электрическую проводку машины, установки и использования специального бортового компьютера, а также использования внешнего геодезического оборудования.

Для корректной работы 3D Систем Автоматического Управления необходимо создать трехмерную модель участка работ. На основе этой модели, бортовой компьютер машины производит сравнение текущего (фактического) положения режущей кромки рабочего органа машины с проектным. В результате этого сравнения, бортовой компьютер посылает сигнал в гидравлическую систему машины, меняя положение рабочего органа в соответствии с проектом. Наиболее удобной и эффективной программой создания трехмерных моделей линейных объектов для Систем Автоматического Управления, является программа Trimble Business Center (TBC).

Для разработки трехмерных моделей проектов и участков работ разработана специальная версия программного обеспечения TBC – Trimble Heavy Civil Construction. Отличительной особенностью этой версии программы Trimble Business Center является появление функций, специально предназначенных для быстрого и эффективного построения коридоров линейных объектов, а также упрощенное создание поверхностей. Также в программу было добавлено несколько модулей для конвертации трехмерных моделей участков работ в файлы, предназначенные для осуществления Автоматического Машинного Контроля.

Трехмерная модель участка работ должна содержать проектные пространственные координаты дороги (X,Y,H). В качестве основы для создания 3D модели (коридора) дороги достаточно иметь следующие данные: координаты оси дороги (X,Y,H), горизонтальный угол наклона проезжих частей дороги и ширину дороги [1].

Для начала создания трехмерного проекта линейного объекта необходимо загрузить координаты оси (X,Y,H) дороги в программное обеспечение Trimble Business Center. Для этого первоначальные проектные данные конвертируются в файл с расширением CSV с разделителем запятая. После этого преобразования координаты дороги должны быть разделены запятыми, а десятые доли координат – точками (рис. 1).

```
File Edit Format View Help
|T17.2,5693922.04,4310106.08,327.97
Rp18,5694137.70,4310347.97,323.56
T18.1,5694371.92,4310557.00,320.40
T18.2,5694674.01,4310846.18,317.20
Rp19,5694889.04,4311071.03,315.33
T19.1,5695120.59,4311273.39,314.29
T19.2,5695426.71,4311560.47,313.28
Rp20,5695640.36,4311793.83,312.79
T20.1,5695880.69,4311997.46,312.34
T20.2,5696178.70,4312300.46,311.52
Rp21,5696375.91,4312540.19,311.48
T21.2,5696510.78,4312719.40,310.26
T21.1,5696739.26,4313047.95,311.33
Rp22,5696910.37,4313335.29,309.54
T22.2,5697090.96,4313583.86,307.94
T22.1,5697252.78,4313833.94,309.03
Kopa,5697422.07,4314156.70,306.65
```

Рис. 1. Преобразование координат оси дороги

После импорта проектных данных и проверки их корректности необходимо создать ось дороги. Для этого все импортированные точки необходимо объединить с помощью ломаной линии (рис. 2). В ходе объединения точек на экране отображаются их высотные отметки.

После создания оси дороги, необходимо построить разбивочный элемент. Важным этапом создания разбивочного элемента является сегментация ломаной линии (оси дороги) в плане и по высоте. Сегментация означает присвоение разбивочному элементу пространственных координат (X,Y,H) соответствующих проектных точек (пикетов). Созданный разбивочный элемент будет служить осью для трехмерной модели поверхности. В дальнейшем от разбивочного элемента строится коридор дороги.

Коридор представляет собой 3D-модель линейной структуры, такой как дорога или водный путь. Коридор основан на разбивочном элементе и включает в себя шаблоны, которые определяют поперечные профили линейного объекта на всем протяжении коридора. Шаблон коридора создается путем использования инструкций, необходимых для построения поперечников линейного объекта.

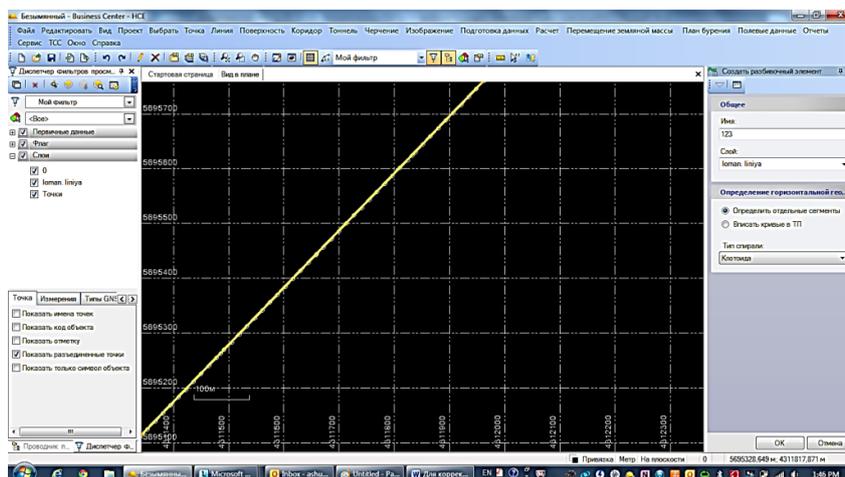


Рис. 2. Создание оси дороги

Проектная 3D модель участка дороги, использующаяся для машинного контроля должна содержать следующие элементы: проезжую часть, уклон, ось линейного сооружения, обочину. Все эти элементы создаются с использованием различных типов инструкций. На данный момент в программе Trimble Business Center существует 8 типов инструкций: Смещение/Уклон, Смещение/Отметка, Откос, Уклон/Уклон, Уклон/Отметка, Соединиться, Возвышение и Поверхность [2]. Каждая из этих инструкций определяет способ построения различных частей дорожного полотна. Следует отметить, что в одном трехмерном проекте линейного сооружения можно создать все конструктивные слои дорожной одежды и земляного полотна. После использования необходимых инструкций и создания всех шаблонов земляного полотна, программа ТВС автоматически создает трехмерную модель участка дороги [3] (рис. 3).

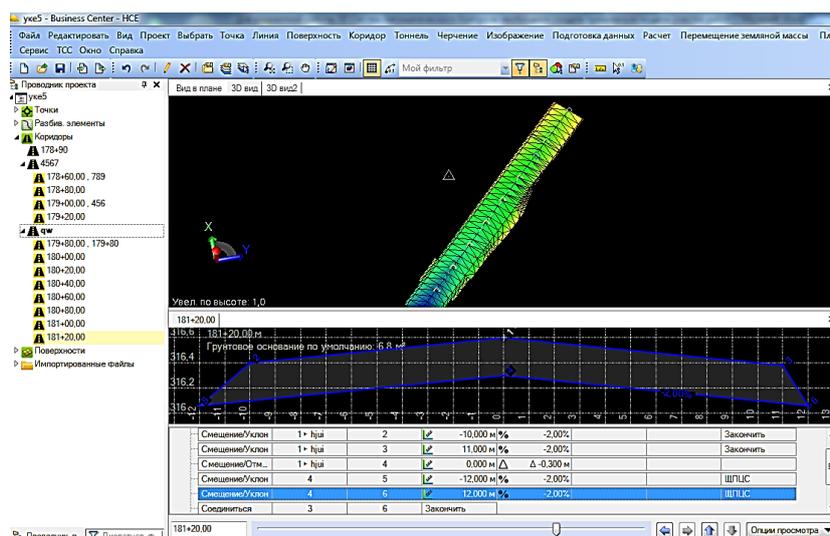


Рис. 3. Трехмерная модель участка дороги

Далее созданный проект послойно конвертируется в специальные файлы формата .cvd и .cvl, предназначенные для загрузки в бортовой компьютер Систем Автоматического Контроля [2]. Основываясь на данные этих файлов, а

также на информацию, получаемую от внешнего геодезического оборудования, осуществляется работа Систем Автоматического Управления.

В 2014 году, на Автогрейдер Caterpillar 160К, принадлежащий компании «Казахдорстрой» была установлена Система Автоматического Контроля. Автогрейдер работал на строящемся участке трассы I категории «Астана-Павлодар». Протяженность участка – 20км, количество полос – 4, тип дорожной одежды – бетонное покрытие. В ходе реконструкции данного проекта у компании «Казахдорстрой» возникли проблемы с точностью работы Автогрейдера, а также с недостаточным объемом выполняемых работ данной машиной за смену. Главным фактором, ограничивающим производительность машины, являлось низкое качество геодезической поддержки данной машины. В среднем, на проведение нивелировочных работ и выставление разбивочных кольев, у полевой бригады геодезистов уходило около 3-4 часов в день. Соответственно в течение этого время Автогрейдер простаивал без работы. Для решения этих трудностей, было решено использовать Систему Автоматического Контроля. Главным преимуществом данного оборудования является отображение на экране бортового компьютера высотных отметок проекта в режиме реального времени. А это значит, что промежуточная нивелировка и выставление разбивочных кольев больше не требуются. Таким образом, время необходимой геодезической поддержки работы Автогрейдера сократилось до 30 минут в день, что практически полностью исключило проблему простоя машины.

По результатам внедрения 3D Системы Автоматического Управления на участок дороги «Астана-Павлодар», производительность Автогрейдера на различных конструктивных слоях дороги выросла на 200%, в то время, как точность выполнения профилирования увеличилась в 2 раза, а именно с  $\pm 3$ см до  $\pm 1,5$  см.

Внедрение современных Систем Автоматического Управления в процесс строительства линейных сооружений, увеличивает качество и скорость проведения всех этапов строительных работ, а также практически полностью автоматизирует работу строительной техники, тем самым практически полностью, исключая вероятность «человеческого» фактора.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Техническая инструкция // Авторское право от 2010 года компании Trimble
2. Программный комплекс для промышленного и гражданского строительства // Авторские права Trimble, 2010.
3. Бесимбаева О. Г., Хмырова Е. Н., Бедарев А. С. Исследование возможности 3Д моделирования для маркшейдерского обеспечения ведения горных работ // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014. X Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 8–18 апреля 2014 г.). – Новосибирск: СГГА, 2014. Т. 2. – С. 178–184.

© А. И. Шушпанов, О. Г. Бесимбаева, Г. Е. Жунусова, М. Б. Игемберлина, 2015

## **ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ В ТРАНСПОРТНОЙ СФЕРЕ**

*Владимир Адольфович Середович*

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, профессор, проректор по научной и инновационной деятельности, тел. (383)343-39-57, e-mail: v.seredovich@list.ru

*Александр Константинович Егоров*

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, аспирант, тел. (913)946-36-22, e-mail: biganot81@mail.ru

В статье рассматриваются достоинства использования технологии лазерного сканирования для использования в транспортной сфере.

**Ключевые слова:** мобильное лазерное сканирование, облако точек, сбор данных.

## **JUSTIFICATION OF POSSIBILITY OF APPLICATION OF LIDAR FOR THE SOLUTION OF PROBLEMS IN TRANSPORTATION INDUSTRY**

*Vladimir A. Seredovich*

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., professor, vice rector for scientific and innovative activity, tel. (383)343-39-57, e-mail: v.seredovich@li.st.ru

*Alexander K. Egorov*

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., tel. (913)946-36-22, e-mail: biganot81@mail.ru

Advantages of using the LIDAR technology for applications in the transportation industry are considered in this article.

**Key words:** mobile laser scanning, cloud of points, data collection.

Автомобильные дороги имеют стратегическое значение для Российской Федерации. От уровня развития сети автомобильных дорог зависит решение задач достижения устойчивого экономического роста, повышения конкурентоспособности отечественных производителей и улучшения качества жизни населения, укрепления национальной безопасности государства и интеграции транспортного комплекса России в международную транспортную систему.

В современных условиях развитие сети автомобильных дорог определяет скорость и интенсивность обмена товарами и услугами, возможности освоения новых территорий и ресурсов, способствует повышению инвестиционного потенциала регионов. Без дорог регионы оторваны друг от друга и не могут вступить в нормальные рыночные отношения.

Строительство, ремонт и эксплуатация автомобильных дорог во многих регионах Российской Федерации затруднено из-за сложных климатических

условий. В связи с этим перед отраслевой наукой стоит ряд важнейших задач - создание принципиально новых материалов, разработка энергосберегающих и ресурсосберегающих технологий, повышение качества дорожно-строительных материалов, конструкций и технологий для дорожных работ. [1]

Роль геодезии в жизненном цикле дорог очень важна. По геодезическим данным производится проектирование, вынос автодороги в натуру, строительство в соответствии с проектом, составляются акты скрытых работ, производится оценка строительных работ, определяются объемы работ и т.п.

Одной из таких передовых технологий, динамично развивающейся в настоящее время, является технология 3D лазерного сканирования.

Мобильные системы лазерного сканирования (МЛС) появляются в качестве важной 3D технологии, которая может быстро собрать значительное количество очень подробной, геопространственной информации. Дополнительные датчики, такие как камеры, измеритель коэффициента отражения, первоклассные лазерные измерительные системы или инерционные профилировщики могут быть установлены на транспортном средстве, чтобы собирать дополнительную информацию в тот момент, когда идет накопление данных лазерного сканирования. Значительные объемы данных, полученных из этих систем, содержат ценную информацию об объекте. Эта информация требует специалиста для обработки полученных данных.

Практическое применение лазерного сканирования (ЛС).

Одна из ключевых потенциальных преимуществ лазерного сканирования (ЛС) состоит в том, что единожды собран данные, можно использовать их для разных целей в строительстве. Полученные данные с высокой точностью могут отражать информацию, которая не является первостепенной, и будет использоваться как вспомогательная.

Важным моментом в использовании технологии лазерного сканирования является геодезическая привязка местности. Геодезическая привязка (также называемая регистрацией) является методом, при котором внутренние и внешние данные сливаются вместе, чтобы получить облако точек, которое связано с требуемой системой координат. После того, как вся нужная информация будет собрана, необходима последующая обработка для повышения точности. Для обработки полученных данных, целесообразно использовать методики описанные в [4].

Облака точек могут быть обработаны в твердотельные модели, состоящие из геометрических примитивов для использования в CAD или GIS. В конечном результате, по полученной модели, можно более точно оценить заключительную модель, чем по облаку точек. Модель может быть получена по данным нескольких методов: воздушным, мобильным или наземным лазерным сканированием.

Поскольку данные, собранные системой лазерного сканирования, содержат намного больше информации, чем полученные другими методами, преимущество этого метода в том, что собирается максимальное количество данных за одно сканирование, которые удовлетворяют начальным целям проекта.

Разница с традиционными методами.

Традиционные методы съемки требуют существенного количества времени проведенного бригадой в поле, оно обычно равно количеству времени на камеральную обработку данных.

В ходе сбора информации для составления проекта реконструкции на первое место выходят методы лазерного сканирования местности, с которыми не в состоянии конкурировать самые современные наземные методы сбора информации [3].

При применении лазерного сканирования количество времени, потраченное на сбор данных в поле, может составлять около 10% от общего количества часов, требуемых для производства отчета по работе. Но затраты на обеспечение и работу мобильного лазерного сканирования в час могут быть в 5 - 10 раз больше чем, выполнение той же работы бригадой традиционными методами съемки. В то время как значительно сокращается время работы в поле, важно понять, что процесс получения данных сканирования важнее, чем просто вождение транспортного средства и требует квалифицированного планирования операции.

Важно также отметить, что данные мобильного лазерного сканирования столь плотные, что могут использоваться не только для создания топографических планов, рассмотренных в [5], но и чтобы создавать 3D модели объектов и поверхностей. Преобразование 3D облака точек в объекты CAD является трудоемким, ручным процессом, который требует опытного технического специалиста.

С ведущими системами программного обеспечения CAD и GIS, медленно начинающими поддерживать использование облаков точек как тип данных для определенных практических применений, появляется возможность работать непосредственно с облаком точек. Большое количество пользователей, которые используют данные лазерного сканирования, возвращают инвестиции, вложены в покупку оборудования, программных продуктов для обработки и на обучение персонала.

Мобильное лазерное сканирование.

Первая коммерческая мобильная система лазерного сканирования была разработана предположительно в 2003 в США. Текущие мобильные системы получения и накопления данных лазерного сканирования способны к сбору до 1 миллиона точек в секунду, так же добавляются и цифровые фото (а также другие геопространственные данные), двигаясь на скорости по шоссе [2]. Это позволяет собирать очень подробные данные об объекте, без риска для бригады съемки. Использование мобильной технологии лазерного сканирования - “изменяет правила игры”, с помощью этого метода можно принимать решение в офисе на основе данных. С традиционными методами сбора данных ответственность ложилась на руководителя группы сбора данных, у которого должно быть много лет опыта.

Самая важная проблема с точки зрения интеграции технологического процесса представления 3D - природа данных лазерного сканирования. До настоящего времени конечный результат из многих проектов лазерного сканирования был определен как равный 2D. Это естественно во время переходного периода, но в целом это - трата потенциальной ценности 3D данных и технологических про-

цессов, которые могут его улучшить. Цель должна состоять в том, чтобы переместить технологические процессы фирм в интеллектуальное, информационно-основанное 3D моделирование.

Так как большинство лазерных сканеров также позволяют получать цветные образы, которые могут быть геодезически привязаны к облакам точек, у специалиста в офисе будет очень подробный визуальный 3D отчет с исходными данными. Эти данные, если должным образом ими управлять, могут использоваться для различных работ в течение многих лет.

В 2011 году в штате Вашингтон американские пользователи технологии МЛС сделали её всестороннюю оценку. Эта оценка показала, что обслуживание, управление активами, разработка документации и графиков строительства - все подвергается снижению расходов, экономии времени и мерами по повышению безопасности с МЛС. Эта оценка также демонстрирует потребности национальных стандартов и методов для наиболее успешного их практического применения [2].

Заключительным шагом в плане внедрения лазерного сканирования будет объединение новой мобильной технологии лазерного сканирования в ежедневный технологический процесс строительства, ремонта, эксплуатации автодороги, таким образом, это станет новым стандартным режимом работы фирм, выполняющих заказы для дорожной отрасли.

Преимущества данных лазерного сканирования позволяет производить как качественные, так и количественные анализы проезжей части, особенно в сочетании с фото или видеоданными. А так же измерять интенсивность отражения, что являются очень полезными фактором в распознавании повреждений (например трещины, растрескиваний, окрашивании). Схему компонентов МЛС можно увидеть на рис. 1.

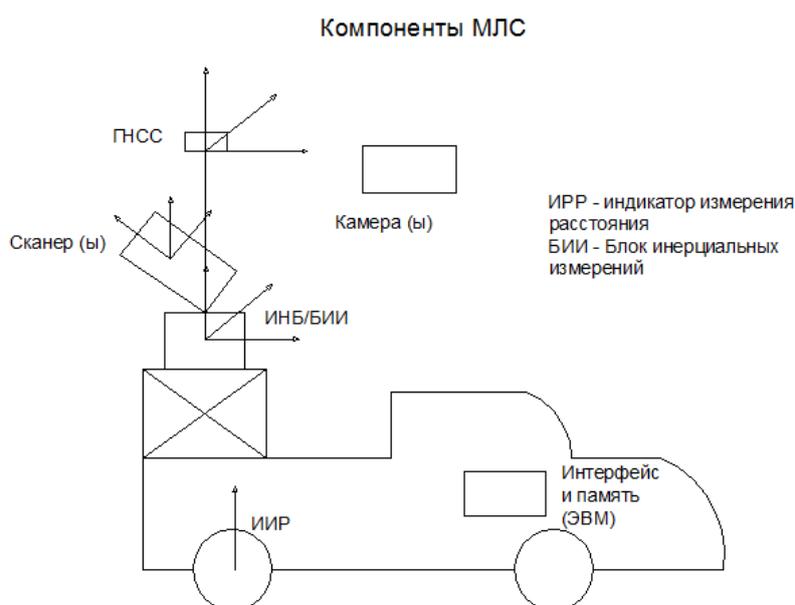


Рис. 1. Схема компонентов МЛС

Лазерное сканирование – новое направление геодезических измерений в мире с отличной перспективой применения в дорожной отрасли и в полной мере соответствует направлению информационного моделирования.

Основные качества лазерного сканирования: высокая производительность, высокая точность, достоверность, объективность, возможность работы в любое время суток, сразу формируется компьютерная модель, получение непрерывной модели автодороги, сплошной контроль, возможность интеграции разновременных данных и представление автодороги в виде сквозного цифрового потока данных.

В настоящее время в России наблюдается активный процесс внедрения отдельных элементов лазерного сканирования в дорожной отрасли. Однако попыток и результатов комплексного применения данных ЛС в автодорожной отрасли катастрофически мало. Полностью отсутствует или устарела нормативно-техническая база, нет специалистов в дорожно-строительных компаниях, которые были бы способны приступить к реализации данной технологии.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дороги России, Интернет-каталог дорожного хозяйства регионов России. [www.dorrus.ru/page/14](http://www.dorrus.ru/page/14)

2. «Руководство по использованию мобильного ЛИДАРА в транспортных сферах» NCHRP (NATIONAL HIGHWAY RESEARCH PROGRAM) report 748, «Guidelines for the Use of mobile LIDAR in Transportation Applications», Washington, D. C. 2013, [www.TRB.org](http://www.TRB.org)

3. Справочная энциклопедия дорожника, II том, Ремонт и содержание автомобильных дорог, Под редакцией заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, д-ра техн. наук, проф. А.П. Васильева, Москва 2004.

4. Середович В. А., Алтынцев М. А., Попов Р. А. Выбор методики уравнивания данных мобильного лазерного сканирования в зависимости от качества полученных данных и снимаемой территории // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014. X Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 8–18 апреля 2014 г.). – Новосибирск: СГГА, 2014. Т. 2. – С. 142–150.

5. Середович В. А., Алтынцев М. А. Применение данных мобильного лазерного сканирования для создания топографических планов // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 3. – С. 96–101.

© В. А. Середович, А. К. Егоров, 2015

## ПРИМЕНЕНИЕ КОМАНДЫ RECTANG ДЛЯ СОЗДАНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ В AUTOCAD

*Любовь Александровна Максименко*

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск ул. Плахотного 10, кандидат технических наук, доцент кафедры геоматики и инфраструктуры недвижимости, e-mail: maksimenko\_la@mail.ru

Рассматриваются возможности команды Rectang в графическом редакторе AutoCAD для создания трехмерных моделей на примере построения наглядного объемного изображения одноэтажного здания.

**Ключевые слова:** графический редактор AutoCAD, команда Rectang, план дома, команды 3D редактирования.

## APPLICATION OF RECTANG COMMAND FOR 3D MODELING IN AUTOCAD

*Lyubov A. Maksimenko*

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., Assoc.Prof., Department of Geomatics and Property& Infrastructure, e-mail: maksimenko\_la@mail.ru

Rectang command features are considered as regards 3D modeling in graphics editor AutoCAD (by the example of one-storey building imaging).

**Key words:** graphics editor AutoCAD, RECTANG command, house plan, 3D-editing commands.

Одной из особенностей редактора AutoCAD является многостороннее представление геометрических примитивов для 2D построений. Применение команды Rectang (прямоугольник), посредством задания уровня (z), позволяет использовать эту команду и для 3D построений.

В данной статье рассмотрен простой пример построения наглядного изображения здания, на основе прямоугольников построенных на разных уровнях и команд 3D моделирования. Исходными данными для построений послужил план дома, выполненный в AutoCAD [ 1].

На первом этапе рисуем прямоугольники по наружному и внутреннему контуру стен каждого помещения рис. 1.

Далее, по команде выдавить закладки рисование, выбираем последовательно каждый из построенных прямоугольников по периметру помещений. По запросу командной строки задаем требуемую высоту выдавливания. Выбираем прямоугольник по периметру дома и последовательно вычитаем выдавленные прямоугольники по периметру помещений. Для просмотра полученных изображений воспользуемся командой 3D виды ЮВ изометрия закладки Вид, рис. 2.

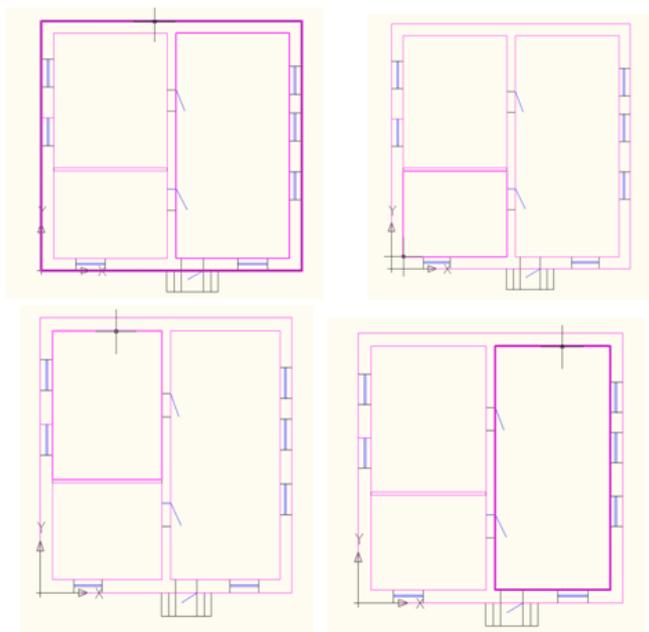


Рис. 1. Наружный и внутренний контур

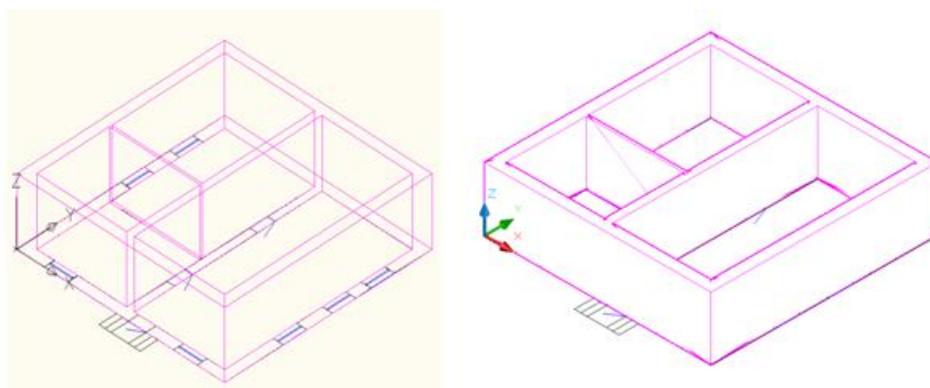


Рис. 2. 3D виды ЮВ изометрия закладки Вид

Для формирования оконных проемов необходимо задать уровень прямоугольника и отрисовать его по местам расположения окон. Затем выдавить последовательно каждый из прямоугольников, с требуемой высотой выдавливания. По команде Вычитание выбрать прямоугольник по периметру дома, и последовательно выбрать вычитаемые прямоугольники по изображениям окон, рис. 3.

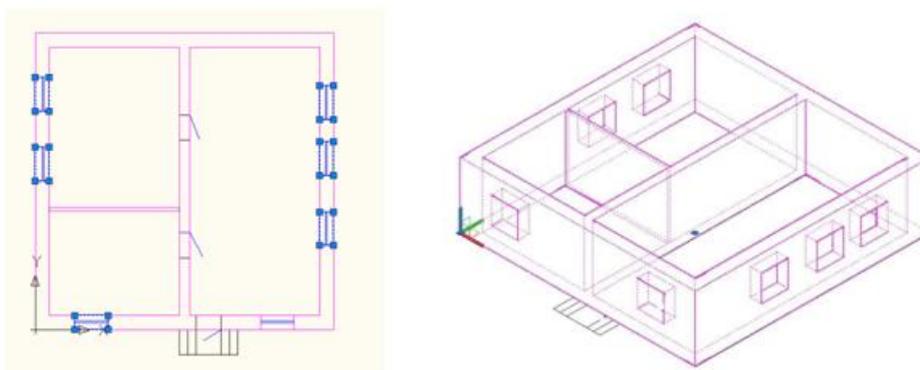


Рис. 3. Вычитание

Для формирования дверных проемов выполняем аналогичные действия, результат построения показан на рис. 4.

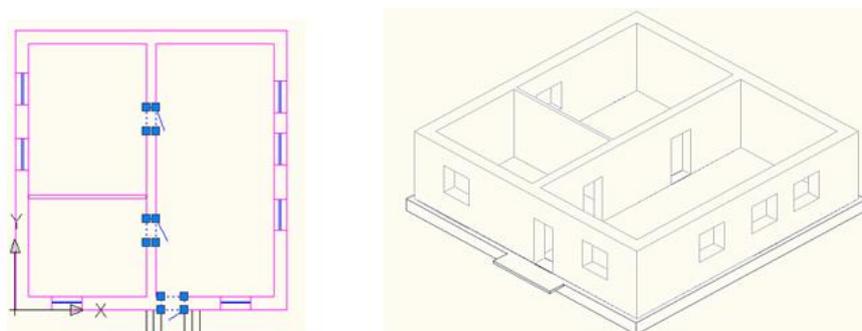


Рис. 4. Формирования дверных проемов

Окончательно оформленное в концептуальном стиле объемное изображение дома приведено на рис. 5.

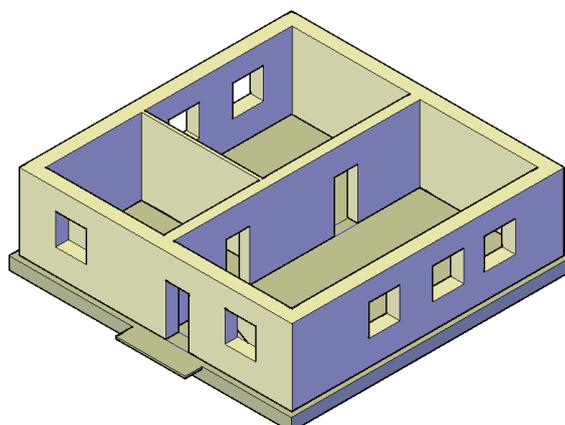


Рис. 5. Объемное изображение дома

Методика, рассмотренная в вышеприведенном примере, может быть рекомендована, прежде всего, для использования в учебном процессе при изучении команд редактора AutoCAD, для создания макетов и моделей строительных объектов и других целях[2].

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Максименко Л. А. Выполнение планов зданий в среде AutoCAD: учеб. пособие / Л.А. Максименко, Г.М. Утина, - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2012. -78 с.
2. Максименко Л. А. О подготовке технических планов объектов недвижимости // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014. X Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 8–18 апреля 2014 г.). – Новосибирск: СГГА, 2014. Т. 3. – С. 87–92.

© Л. А. Максименко, 2015

## **ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ В ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЯХ ЛИНЕЙНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

***Владимир Адольфович Середович***

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, профессор, проректор по научной и инновационной деятельности, тел. (383)343-39-57, e-mail: v.seredovich@list.ru

***Иван Сергеевич Камнев***

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, инженер НИС, тел. (983)311-66-49, e-mail: kamneviv@mail.ru

В статье рассмотрен вопрос возможности использования лазерного сканирования в инженерных изысканиях линейных сооружений. Определены виды работ, которые могут быть выполнены методами лазерного сканирования. Сделан вывод о целесообразности использования лазерного сканирования в инженерных изысканиях.

**Ключевые слова:** лазерное сканирование, инженерные изыскания, линейные сооружения.

## **JUSTIFICATION OF USE LASER SCANNING IN ENGINEERING SURVEY OF LINEAR STRUCTURES**

***Vladimir A. Seredovich***

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., professor, vice rector for scientific and innovative activity, tel. (383)343-39-57, e-mail: v.seredovich@list.ru

***Ivan S. Kamnev***

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., engineer, SRS, tel. (983)311-66-49, e-mail: kamneviv@mail.ru

The article discusses the possibility of using laser scanning in engineering surveys of linear structures. The kinds of jobs that can be performed by laser scanning. It was concluded that the feasibility of using laser scanning in engineering surveys.

**Key words:** laser scanning, engineering survey, line structures.

Инженерные изыскания линейных сооружений – это работы, выполняемые для комплексного исследования естественных условий участка, трассы проектируемого строительства, местных строительных материалов и источников водоснабжения; получения необходимых и достаточных данных для разработки экономически целесообразных и технически обоснованных решений при проектировании, строительстве и реконструкции объектов с учётом рационального использования природных ресурсов и охраны окружающей среды, а также получения данных для составления прогноза изменений окружающей среды под воздействием строительства и эксплуатации линейных сооружений.

Инженерные изыскания остаются важнейшим видом деятельности при строительстве. Процесс строительства любых объектов начинается с них. Для проведения разносторонних и своевременных обследований участков строительства необходимо применять комплексный подход, объединяющий разные виды инженерных изысканий.

При проектировании линейных сооружений основную роль играют инженерно-геодезические изыскания, так как они сопровождается практически все остальные виды изысканий.

Лазерное сканирование (ЛС) представляет собой новую технологию, обладающую множеством преимуществ перед другими методами измерений, таких как значительное сокращение сроков выполнения полевых работ, высокое качество и детальность съемки. Главным преимуществом использования лазерного сканирования является то, что конечный продукт представляет собой трёхмерную модель, которая в свою очередь является более технологичной, чем двумерная. В трехмерной модели инженерные задачи можно решать с большей эффективностью, так как видна реальная ситуация местности, а не отдельные точки как в случае с тахеометрической съёмкой или съёмкой методами ГНСС технологий.

Лазерное сканирование может обеспечить следующие виды работ в составе инженерно-геодезических изысканий:

- создание и обновление инженерно-топографических планов;

Этот вид геодезических работ выполняется разными методами лазерного сканирования в зависимости от объекта изысканий. При необходимости высокой детализации местности съемка трасс в черте города осуществляется при помощи наземного лазерного сканирования (НЛС). Съёмка авто или железных дорог, а так же ЛЭП и трубопроводов пролегающих вдоль проезжей части выполняется мобильным лазерным сканированием (МЛС). На протяженных трассах, пролегающих в отдалении от проезжей части, возможно использование воздушного лазерного сканирования (ВЛС).

При применении лазерного сканирования в инженерных изысканиях также возможно комбинирование этого метода с другими методами геодезической съемки.

- инженерно-гидрографические работы;

Выполняется сканирование прибрежной полосы, в то время как гидрографическим сканером осуществляется съемка дна водоема. Отметки водной поверхности берутся с данных, полученных по результатам сканирования. Также по полученным сканам возможно выявление подводных препятствий.

- геодезические наблюдения за деформациями и осадками зданий и сооружений;

При исполнении этих работ необходимо разместить светоотражающие марки на несущие конструкции зданий (сооружений) и произвести лазерное сканирование наблюдаемого объекта. Величина деформаций (осадков) определяется из расхождения реального положения марок от проектного.

- геодезические наблюдения за движениями земной поверхности и опасными природными процессами;

При наблюдениях за движениями земной поверхности и опасными природными процессами светоотражающие марки размещаются на участке земной поверхности. После этого производится циклическое сканирование наблюдаемого участка. Смещение земной поверхности определяется по изменению положения марок.

- специальные геодезические и топографические работы при строительстве и реконструкции зданий и сооружений;

На территории строительства устанавливаются светоотражающие марки, координаты которых определяются спутниковыми или тахеометрическими методами. Далее осуществляется сканирование и фотографирование местности, а полученное облако точек привязывается к заданной системе координат при помощи марок.

С применением лазерного сканера могут также выполняться следующие виды работ: оптимальное планирование и контроль перемещения, установки и удаление крупных частей сооружения или оборудования; корректировка проекта в процессе строительства; контроль строительства; монтажные работы и их корректировка; исполнительная съемка в процессе строительства и после его окончания; мониторинг состояния объекта при эксплуатации; точное профилирование и построение трехмерных моделей различных объектов. [1]

- обмерные работы при реконструкции и реставрации зданий и сооружений.

При реконструкции и реставрации, возможно произвести сканирование фасада здания (сооружения), по результатам которого создается трехмерная модель объекта. Данная модель намного облегчает работу проектировщикам благодаря своей высокой информативности.

Создание топографических планов и карт является основой для составления геологических, геотехнических и геофизических карт. Если на местах геологоразведочных, геофизических и геотехнических наблюдений возвести определенные опознавательные знаки, то по сканам, полученным в результате лазерного сканирования, можно определить их фактическое положение и в плане и по высоте с необходимой точностью.

При выполнении инженерно-гидрометеорологических изысканий лазерное сканирование может обеспечить такие виды работ как:

- топографические съемки прибрежной части (полосы) суши;

Топографическая съемка прибрежной части суши выполняется посредством воздушного или наземного лазерного сканирования.

- русловые съемки;

Производится сканирование прибрежной полосы, а гидрографическим сканером осуществляется съемка дна водоема. По полученным материалам составляется топографический план.

- промеры глубин;

Отметки дна водоема определяются по полученному, в результате сканирования гидрографическим лазерным сканером, облаку точек.

- нивелирование водной поверхности;

Определение уреза воды также можно получить по полученному облаку точек.

- однодневные и многодневные связки уровней воды;

Для однодневных или многодневных связок уровней воды необходимо закрепить колья в характерных местах водоема. По полученному, в результате сканирования, облаку точек можно вычислить разницу уровней воды за определенные периоды времени.

- съёмка и обследование подводных объектов;

Съёмка подводных объектов выполняется гидрографическим сканером одновременно со съёмкой дна водоема. Обследование подводных объектов можно выполнять по полученному облаку точек.

Методами лазерного сканирования также можно выполнять съёмку створных площадок.

Воздушное рекогносцировочное обследование при инженерно-гидрометеорологических изысканиях можно выполнять совместно с воздушным лазерным сканированием.

Сканы, полученные по результатам сканерной съёмки, несут большую информативность для экологических исследований, проводимых при инженерно-экологических изысканиях.

Приведенные выше данные показывают, что лазерное сканирование охватывает все виды инженерных изысканий, что представляет собой комплексный подход к выполнению инженерных изысканий. Таким образом, применение лазерного сканирования позволяет проводить разносторонние и своевременные обследования участков строительства.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Наземное лазерное сканирование: монография / В. А. Середович, А. В. Комисаров, Д. В. Комисаров, Т. А. Широкова. – Новосибирск: СГГА, 2009 – 135 с.
2. Дороги России, Интернет-каталог дорожного хозяйства регионов России. [www.dorrus.ru/page/14](http://www.dorrus.ru/page/14)
3. «Руководство по использованию мобильного ЛИДАРА в транспортных сферах» NCHRP (NATIONAL HIGHWAY RESEARCH PROGRAM) report 748, «Guidelines for the Use of mobile LIDAR in Transportation Applications», Washington, D. C. 2013, [www.TRB.org](http://www.TRB.org)
4. Справочная энциклопедия дорожника, II том, Ремонт и содержание автомобильных дорог, Под редакцией заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, д-ра техн. наук, проф. А. П. Васильева, Москва 2004.
5. Середович В. А., Алтынцев М. А., Попов Р. А. Выбор методики уравнивания данных мобильного лазерного сканирования в зависимости от качества полученных данных и снимаемой территории // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014. X Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 8–18 апреля 2014 г.). – Новосибирск: СГГА, 2014. Т. 2. – С. 142–150.
6. Середович В. А., Алтынцев М. А. Применение данных мобильного лазерного сканирования для создания топографических // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 3. – С. 96–100.

© В. А. Середович, И. С. Камнев, 2015

## **АНАЛИЗ МЕТОДОВ СОЗДАНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ ОБЪЕКТОВ В ЦФС и ГИС**

*Татьяна Александровна Хлебникова*

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова 10, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры инженерной геодезии и маркшейдерского дела, тел. (913)474-19-70, e-mail:t.a.hlebnikova@ssga.ru

В статье приводятся результаты исследований построения трехмерных моделей объектов в ЦФС PHOTOMOD и ГИС Панорама. Экспериментальные исследования выполнялись по материалам аэрофотосъемки.

**Ключевые слова:** технология, цифровой топографический план, измерительная трехмерная видеосцена, ЦМР, ЦМО, ЦФС, 3D ГИС.

## **ANALYSIS OF METHODS FOR CREATING 3D OBJECT MODELS IN DIGITAL PHOTOGRAMMETRIC SYSTEM AND GIS**

*Tatyana A. Khlebnikova*

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Dr., Prof., Department of Engineering Geodesy and Mine Surveying, tel. (913)474-19-70, e-mail: t.a.hlebnikova@ssga.ru

The results of studying three-dimensional object models creation in PHOTOMOD and GIS Panorama. Experimental studies were performed by aerial photographs.

**Key words:** technology, digital topographic plan, measuring three-dimensional video stage, DEM, DMO, DFS, 3D GIS.

В октябре 2014 г. прошла 14-я Международная научно-техническая конференция «От снимка к карте: Цифровые фотограмметрические технологии» (Хайнань, Китай) [1, 2].

В ходе дискуссий Круглого стола «Тенденции развития мировой картографии» конференции в числе других были обозначены следующие наиболее актуальные вопросы, стоящие перед отраслевым сообществом:

- какая форма представления пространственной информации будет самой востребованной в ближайшем будущем?
- насколько и кому важно 3D и 4D представление пространственных данных?

Участники Круглого стола согласились с потребительской необходимостью и технологической возможностью 3D представления пространственных данных, но при этом отметили существенное отставание действующей в настоящее время нормативной базы [1,2].

В этой связи нами выполняются исследования по созданию трехмерных моделей объектов (трехмерных видеосцен).

Материалы, рассматриваемые в данной статье представляют собой продолжение работ, опубликованных в [3,4,5].

В [3] предложен комбинированный способ создания цифровых топографических планов в котором информацию топографических планов предлагается дополнять трехмерными моделями объектов.

В технологию получения комбинированного цифрового топографического плана, предложено включить следующие этапы:

- создание цифровых топографических планов по известной технологической схеме;
- составление схемы участков, требующих создания измерительных трехмерных видеосцен;
- сбор информации ЦМР, ЦМО по материалам аэрофотосъемки, космической съемки высокого разрешения, а также по материалам, полученным малоформатными неметрическими цифровыми камерами для дальнейшего создания трехмерных видеосцен на выбранные участки;
- создание моделей рельефа и объектов, трехмерных видеосцен средствами 3D ГИС;
- создание цифрового топографического плана, дополненного трехмерными видеосценами.

Для проведения исследований предложенной технологии выбраны: ЦФС РНОТОМОД (компания Ракурс, г. Москва); программа ГИС КАРТА 2011 – ГИС Панорама (ЗАО «КБ Панорама», Москва).

Цифровая фотограмметрическая система (ЦФС) РНОТОМОД осуществляет полный комплекс задач от сбора данных для построения сетей фототриангуляции до создания цифровых моделей рельефа и метрических трехмерных моделей [6]. С помощью данной ЦФС возможно получение пространственной информации по материалам различных съемочных систем, таких как кадровые цифровые и пленочные камеры, космические сканирующие системы, а также радары с синтезированной апертурой.

Перечень задач, решаемых с использованием этой цифровой фотограмметрической системы, обширен; их выбор зависит от потребностей конкретной производственной организации. Программное обеспечение РНОТОМОД рассчитано на операционную среду Microsoft Windows. В системе реализованы следующие основные возможности:

- предварительная подготовка исходных снимков;
- внутреннее ориентирование снимков;
- взаимное ориентирование снимков;
- ввод и измерение координат опорных точек;
- внешнее ориентирование снимков;
- моновекторизация;
- стереовекторизация;
- построение ЦМР;
- создание ортофотоплана;

- создание цифровой карты местности;
- построение трехмерной модели городской застройки.

Последний модуль (построение трехмерной модели городской застройки) появился сравнительно недавно, опыт его использования в отличии от других [7], мало освещен в литературе.

Целью данной работы было – исследовать возможности трехмерного моделирования объектов в ЦФС PHOTOMOD и ГИС КАРТА 2011.

Экспериментальные исследования технологии выполнялись на производственных материалах одного маршрута аэрофотосъемки с характеристиками: масштабы залета – 1:6000, фокусное расстояние АФА – 99,829 мм, формат кадра 18×18 см.

Территория объекта (Новосибирская область) представляла собой практически равнинную местность (перепад высот 8м) с разноэтажной застройкой городского и сельского типов, с луговыми массивами, небольшими лесными участками.

Исследования включали следующие этапы:

- создание проекта;
- сгущение опорных данных с использованием результатов фотограмметрических измерений;
- сбор информации по стереомоделям для создания трехмерных моделей объектов;
- создание трехмерных моделей объектов городской застройки.

Анализ результатов сгущения опорных данных показал следующее:

- остаточные средние погрешности по расхождениям на опорных геодезических точках сети после внешнего ориентирования не превышали в плане – 0.15м, по высоте 0,09 м; на контрольных точках в плане – 0.22м, по высоте – 0,17 м;

- остаточные средние погрешности по расхождениям на связующих точках (между стереопарами) превышали в плане – 0.30м, по высоте – 0,44 м.

Точность фотограмметрического сгущения соответствовала требованиям нормативного документа [8].

Сбор метрической информации выполнялся по стереомоделям, которые строятся по стереопарам автоматически после уравнивания сети.

Дигитализация границ объектов реализована через сбор векторов. Информационное обеспечение этого процесса базируется на трех компонентах – формате данных, правилах цифрового описания объектов, классификаторе.

Классификатор – наиболее динамичный компонент, так как каждому потребителю необходим свой собственный перечень объектов территории.

В системе поддерживается три типа векторных слоев:

- векторный слой без классификатора – представляет собой слой векторных объектов без тематической классификации;

– векторный слой с классификатором – представляет собой слой векторных объектов, привязанных к классификатору, который следует подготовить заранее;

– векторный слой с картой ГИС Панорама – позволяет создать одновременно векторный слой и слой с картой Панорама и ее классификатором.

Дигитализация объектов линейной, точечной локализации не имеет принципиальных отличий от дигитализации по ортофотопланам и картматериалам.

Сбор информации об объемной форме строений с различным видом крыш (плоская, односкатная, двускатная, коньковая, бабочка, мансарда, двускатная мансарда, комбинированная, шпиль, ангар) обеспечивает специальный инструментарий, аналогичный приведенному в [9].

Итогом трехмерной векторизации строения будет его каркас.

Текстурирование каркасов строений и других объектов выполняется средствами отдельного модуля (3D-Mod), запуск которого осуществляется из оболочки PHOTOMOD.

Программное обеспечение предоставляет возможность формировать результаты сбора в различных форматах и слоях по объектовому составу.

Сбор метрической информации для последующего построения трехмерных моделей заключался в дигитализации границ объектов, изображающихся на плане масштаба 1: 2 000. Выполнялась векторизация границ оснований, крыш строений (плоская, коньковая, односкатная), линий, соединяющих точки углов основания и крыши строений.

Нами опробованы следующие режимы сбора векторных слоев:

- без классификатора;
- с классификатором, подготовленном заранее;
- с классификатором ГИС Панорама.

Режим создания векторного слоя с картой ГИС Панорама позволяет отобразить векторные слои, созданные в PHOTOMOD, в оболочке ГИС Карта 2011 в пользовательской карте (SIT). Семантическую информацию затем пообъектно или послойно следует привести в соответствие с классификатором ГИС Карта 2011. Такой режим эффективен при обновлении ЦТК (ЦТП) по материалам аэрокосмических съемок.

Если трехмерные модели объектов создаются не для измерительных целей, то при сборе информации в PHOTOMOD достаточно создавать векторные слои границ оснований объектов. При этом семантическая информация должна включать данные о высотной составляющей (относительная высота или этажность).

Результаты сбора в виде векторных слоев конвертировались в формат ГИС Карта 2011, 3D-Mod.

В ГИС Панорама – КАРТА 2011 реализован свой стиль моделирования трехмерной сцены, который заключается в синтезировании сцены из цифровой карты (плана), содержащей метрическую и семантическую информацию объектов при запуске специального вьювера [10]. Трехмерные виды объектов

создаются по принципу конструктора из графических примитивов. Конструктор видов содержит несколько типовых видов объектов. Имеется возможность создавать новые виды. Трехмерные виды присваиваются каждому объекту всего слоя. Это эффективно при моделировании большого количества типовых строений одного слоя.

Создание моделей уникальных строений требует довольно большого количества дополнительных манипуляций и расширения объектового состава классификатора.

Результаты исследований позволяют сделать следующие выводы.

1. Программное обеспечение ЦФС РНОТОМОД позволяет:

– выполнять стереоскопический сбор трехмерных объектов на основе стереомоделей по материалам аэросъемки и космических снимков высокого разрешения;

– формировать результаты сбора в различных форматах и слоях по объектовому составу.

– выполнять построение трехмерной модели городской застройки.

2. При этом не все функции работают корректно, например, если высота строения не велика (одноэтажное), то функция «snap» работает не всегда правильно.

Дигитализация строений сложной архитектуры и последующее построение трехмерной сцены – достаточно трудоемкий процесс.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. 14-я Международная научно-техническая конференция «От снимка к карте: Цифровые фотограмметрические технологии» (Хайнань, Китай, 18-24 октября 2014 г.) // Геопрофи. – 2014. – № 6. С. 40–42.

2. От снимка к карте: цифровые фотограмметрические технологии [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://conf.racurs.ru/conf2014/o%20konferencii/itogi.php> – Загл. с экрана.

3. Хлебникова Т. А., Архипова О. Б. Комбинированный способ создания цифровых топографических планов для инженерно-геодезических изысканий инженерных сооружений. Сложности и пути // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014. X Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 8–18 апреля 2014 г.). – Новосибирск: СГГА, 2014. Т. 1. – С. 92–97.

4. Журкин И. Г., Хлебникова Т. А. Технология получения измерительной трехмерной видеосцены по материалам аэрокосмических съемок // Геодезия и картография. – 2009. – № 8. – С. 43–48.

5. Хлебникова Т. А. Исследование и разработка технологии построения измерительных трехмерных видеосцен по материалам аэрокосмических съемок: автореф. дис. на соиск. учен. степ. док. техн. наук по спец. 25.00.34. «Аэрокосмические исследования Земли, фотограмметрия» Т. А. Хлебникова – Новосибирск. – 2012. – 47 с.

6. РНОТОМОД – Руководство пользователя. Версия 5.3. [Электронный ресурс] – Москва: Ракурс. – 2014. – 181 с. – 1 электр. опт. диск (DVD+R).

7. Гордиенко А. С. Исследование алгоритмов создания и редактирования цифровых моделей рельефа, реализованных в программе РНОТОМОД // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 1. – С. 38–42.

8. ГКИНП (ГНТА)-02-036-02. Инструкция по фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических карт и планов. – М.: ЦНИИГАиК. – 2002. – 100 с.
9. Нехин С. С., Олейник С. В. Автоматизация фотограмметрического сбора трехмерной информации на ЦФС // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2011. – № 2. – С. 70–74.
10. Геоинформационная система «Карта 2011»: Руководство пользователя. Версия 11. [Электронный ресурс] – Ногинск: КБ Панорама. – 1991 – 2012. – 151 с. – 1 электр. опт. диск (DVD+R).

© Т. А. Хлебникова, 2015

## ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ ПУТИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ПРОЕКТОВ ДЛЯ ЩЕБНЕОЧИСТИТЕЛЬНЫХ МАШИН

*Степан Андреевич Третьяков*

Сибирский государственный университет путей сообщения, 630049, Россия, г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, 191, аспирант, инженер кафедры «Инженерная геодезия», тел. (923)129-10-10, e-mail: tretyakov.stepan91@mail.ru

Описана система автоматизированного управления щебнеочистительными машинами, процесс создания цифровой модели пути и электронного проекта для работы щебнеочистительной машины.

**Ключевые слова:** система автоматизированного управления, цифровая модель пути, электронный проект, очистка балласта.

## APPLICATION OF DIGITAL MODELS WAYS TO CREATE ELECTRONIC PROJECTS FOR BALLAST CLEANER MACHINES

*Stepan A. Tretyakov*

Siberian Transport University, 630049, Russia, Novosibirsk, 191 Dusi Kovalchuk St., Ph. D. student, engineer department «Engineering Geodesy», tel. (923)129-10-10, e-mail: tretyakov.stepan91@mail.ru

A system for automated management Ballast cleaner, the process of creating a digital model of the way and the project for electronic Ballast cleaner.

**Key words:** automatic control system, digital path, electronic project, ballast cleaning.

Наиболее дорогостоящими и трудоемкими работами в путевом хозяйстве ОАО «РЖД» являются капитальные ремонты и реконструкции существующих путей. От качества работ, выполненных в период капитального ремонта (реконструкции), зависит объем трудозатрат необходимый для текущего содержания пути, поддержания его в состоянии, позволяющем пропускать поезда с установленными скоростями и обеспечивающим безопасность движения. В пределах капитального ремонта (реконструкции) наиболее ресурсоемкими являются работы по вырезке и очистке загрязненного материала балластной призмы, которым чаще всего является щебень.

Балластная призма – это элемент верхнего строения пути, укладываемого на земляное полотно для стабилизации рельсо-шпальной решетки при воздействии динамических нагрузок от подвижного состава.

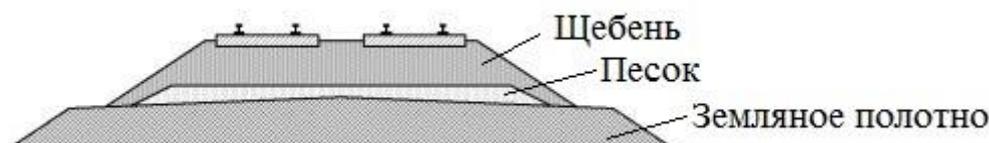


Рис. 1. Поперечный профиль железнодорожного полотна

Одно из основных назначений балластной призмы – отведение воды от рельсо-шпальной решетки. В процессе эксплуатации материал балластной призмы загрязняется в следствии просыпания сыпучих грузов из проходящих поездов, ветрового наноса мелких частиц, и теряет дренирующие и упругие свойства.

Вырезка и очистка балласта производится путевыми машинами. Обычно по проекту работ вырезка балласта в разных местах производится на различную глубину и с разной величиной поперечного уклона вырезки. В настоящее время контроль глубины вырезки производится после выполнения разбивочных работ по меткам на опорах контактной сети, которые располагаются в 60-80 метрах друг от друга, а в случае их отсутствия (неэлектрофицированные участки) - геодезическим сопровождением с использованием тахеометров.

Сотрудниками лаборатории «Диагностика дорожных одежд и земляного полотна» («ДДОиЗП») СГУПС разработана система автоматизированного управления щебнеочистительными машинами (САУ ЩОМ). Система успешно прошла испытания на участках Западно-Сибирской железной дороги и активно внедряется в производство путевыми машинными станциями (ПМС).

Сущность работы САУ ЩОМ заключается в следующем: цифровая модель пути (ЦМП), фиксирующая фактическое положение пути загружается в базу данных САУ ЩОМ в цифровом виде. С использованием специального программного обеспечения геометрические параметры и пространственное положение оси пути сравниваются с проектными значениями. В результате сравнения формируется сигнал управления на гидроприводах перемещения в вертикальной плоскости баровой цепи щебнеочистительной машины в *i*-ых точках пути, обеспечивая проектную глубину вырезки и нормативные уклоны.

Структура цифровой модели пути (рис. 2) представляет собой набор данных о пространственном положении оси пути, расстояние до оси соседнего пути (междупутье), габариты опор контактной сети и т.д.

Структура и формат данных строго регламентированы и согласованы со структурой и форматами САУ ЩОМ.

ЦМП создается с помощью аппаратно-программного комплекса «Профиль», который так же является разработкой СГУПС. «Профиль» с навесным спутниковым оборудованием геодезического класса точности прокатывается по ремонтируемому пути, каждую секунду записывая координаты оси пути [1], таким образом, ЦМП содержит примерно 1 точку на 0,8 метров. Лазерной рулеткой измеряется расстояние между головками смежных рельсов соседних путей, которое потом приводится к расстоянию между осями путей; измеряется расстояние между головкой рельса и опорой контактной сети, которое при создании проекта приводится к габариту опоры[2].

Электронный проект загружается в бортовой компьютер машины, и оператор непрерывно видит информацию о параметрах вырезки (рис. 3).

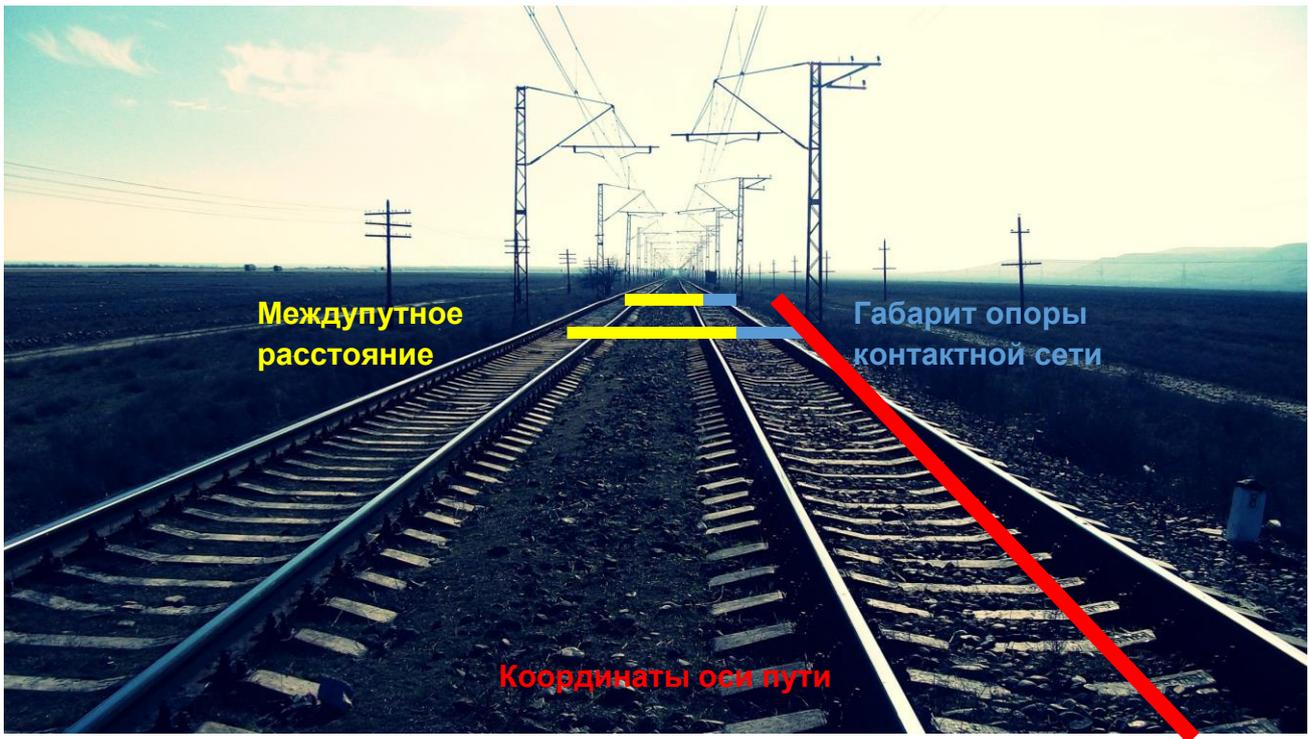


Рис. 2. Цифровая модель пути

Контроль очистки балласта-2.2.74.0

**КМ: 3287 ПК: 4(3 + 23.5)** ← Текущее положение кабины машины

Положение нижней точки правого конвейера относительно основания шпалы	РАБОТА	Глубина вырезки по оси пути	Положение нижней точки правого конвейера относительно основания шпалы
ЗАДАНИЕ	43 см	Уклон вырезки в промлях	ЗАДАНИЕ
ОШИБКА	-1	РАБОТА	ОШИБКА
РАБОТА	38	ЗАДАНИЕ	43
		РАБОТА	4
		РАБОТА	47

Уклон вырезки в промлях: -15‰ (ЗАДАНИЕ), -30‰ (РАБОТА)

Соседний путь: 6.30 м

Кабина машины

Опора КС: 4.93 м

15.94 м

Объект приближения и его тип

Сегодня: 21-Nov-2012 17:22:11  
 Время работы: 00:02:12

стоп

Рис. 3. Окно оператора щебнеочистительной машины

Таким образом процесс вырезки балласта полностью автоматизирован, за счет сокращения затрат на разбивочные геодезические работы и повышения качества, повышается эффективность капитальных ремонтов (реконструкции) железнодорожных путей.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Щербаков В. В., Верескун В. Д. Опыт применения глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) для решения инженерных задач на железных дорогах России / Телекоммуникационные, информационные и логистические технологии на транспорте/ Ростов-на-Дону, 2011. – С. 99–106.

2. Щербаков В. В. Выправка пути при реконструкции и ремонте железнодорожных путей с использованием ГИС-технологий и ГНСС // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 3. – С. 43–45.

© С. А. Третьяков, 2015

## ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО СОЗДАНИЮ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ ЛАВИНООПАСНЫХ ЗОН НА ТЕРРИТОРИИ ИЛЕ АЛАТАУ

*Карagoз Абубакировна Ыстыкул*

Казахский Национальный Технический Университет имени К. И. Сатпаева, 050013, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Торайгырова, 16, докторант кафедры маркшейдерского дело и геодезии, тел. (701)128-38-37, e-mail: karagozy@mail.ru

*Жаксыбек Джакупбекович Байгурип*

Казахский Национальный Технический Университет имени К. И. Сатпаева, 050013, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Сатпаева, 15, доктор технических наук, профессор кафедры маркшейдерского дела и геодезии, тел. (701)732-30-18, e-mail: baigurin@mail.ru

В статье предлагается линейно-угловой метод и метод лазерного сканирования для геодезических наблюдений по определению параметров положения точек границ распространения снежных лавин. Этот метод способствует построению достоверной цифровой модели рельефа для определения границ лавиноопасных зон.

**Ключевые слова:** линейно-угловой метод, геодезические угловые и линейные параметры, граница снежных лавин, лазерное сканирование, степень лавинной опасности, цифровая модель рельефа.

## GEODESIC RESEARCHES ON CREATION OF DIGITAL MODEL OF AVALANCHE ZONES ON TERRITORY ILE ALATAU

*Karagoz A. Ystykul*

Kazakh National Technical University after K. I. Satpaev, 050013, Republic of Kazakhstan, Almaty, 16 Toraigyrova St., Ph. D. doctor of Department Geodesy, tel. (701)128-38-37, e-mail: karagozy@mail.ru

*Zhaksybek D. Baigurin*

Kazakh National Technical University after K. I. Satpaev, 050013, Republic of Kazakhstan, Almaty, 15 Satpaeva St., doctor of technical science, prof. of Department Geodesy, tel. (701)732-30-18, e-mail: baigurin@mail.ru

The paper proposes a method of remotely corner geodetic observations to determine the angular and linear parameters of the provisions of point's boundaries of avalanches. This method contributes to building a reliable digital elevation model to determine the boundaries of avalanche zones.

**Key words:** remotely- corner method, geodesic angular and linear parameters, border of snow avalanche, degree of avalanche dangerous, digital relief model.

Снежные лавины – опасное природное явление, которое оказывает существенное воздействие на природные и антропогенные геосистемы Иле Алатау (рис. 1). Являясь сложными динамическими системами, снежные лавины требуют постоянного уточнения территорий их развития. Нормальная хозяйствен-

ная и рекреационная деятельность в горной части Иле Алатау и дальнейшее её развитие будут затруднены без правильной оценки настоящей и будущей лавинной активности и связанной с ней лавинной опасности. Почти все высокие горы Казахстана подвержены лавинной опасности [1].

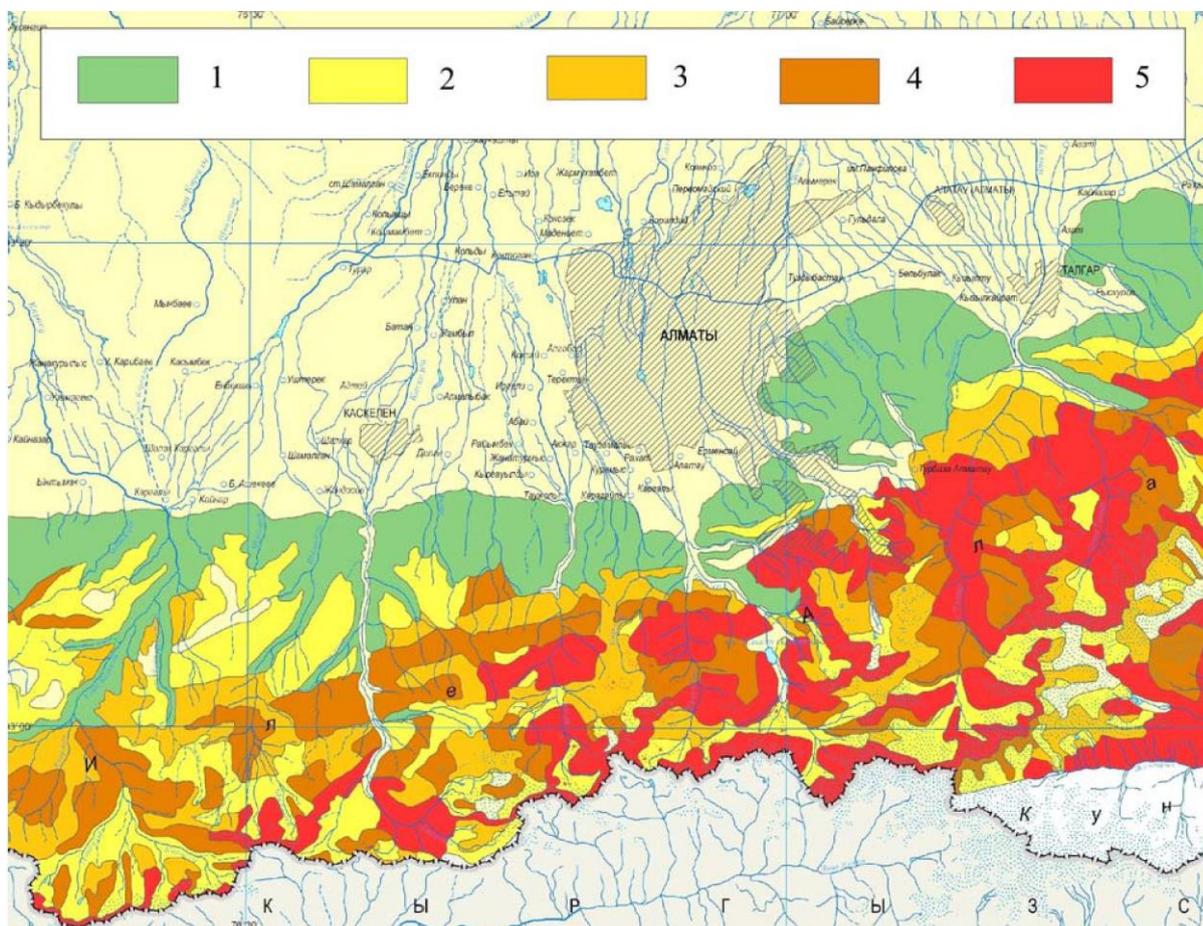


Рис. 1. Фрагмент карты лавинной опасности Иле Алатау.  
Степень лавинной опасности:

1 – слабая; 2 – незначительная; 3 – умеренная; 4 – значительная; 5 – сильная

Однако обоснованные и прошедшие проверку методики прогнозирования существуют только для отдельных генетических типов лавин. Часто не удается оценить преимущества одного метода по сравнению с другими, так как затруднена параллельная, независимая проверка нескольких методов на одном и том же исходном материале - объем лавиноведческой информации настолько велик, что ее практически невозможно обработать традиционными методами.

Поэтому особую актуальность приобретает использование наземных и дистанционных методов сбора данных геоинформационных методов их обработки, позволяющих выполнить исследования лавинообразования и прогнозирования лавинной опасности. Географические информационные системы (ГИС) да-

ли наукам о Земле мощный инструмент анализа пространственно-временной природоведческой информации [2].

Геодезические исследования динамики снежных лавин являются важным направлением в изучении лавинных процессов. Определение лавиноопасных зон невозможно без достоверной топографической основы масштаба 1:10 000 - 1: 5 000 или трехмерных моделей исследуемой территории. Поэтому обоснование необходимости точности геодезических наблюдений, выбор методов проведения наземных и дистанционных измерений и разработка технологии их выполнения должны исходить из принципа получения наиболее полной и достоверной информации о границах лавиноопасных зон. Определение границ лавиноопасных зон способом геодезических наблюдений позволяют построить топографические планы распространения лавин по степени их опасности для принятия конкретных решений и построить соответствующие трехмерные модели.

Для выполнения геодезических исследований необходимо выбрать типичный (репрезентативный) лавиносбор, где возможно произвести полевые измерения с соблюдением безопасности работы. Для проведения полевых геодезических измерений должны быть выполнены следующие условия: 1) сравнительно легкий и безопасный доступ к границам снежных лавин; 2) желательно, чтобы зона выброса лавин была покрыта растительностью, тогда можно определить границы лавин различной повторяемости; 3) желательно, чтобы на этом участке была заранее произведена аэрофотосъемка для сравнительного анализа с другими методами съемки.

Большое значение при проведении полевых работ имеет выбор метода геодезических измерений, который заключается в создании схемы геодезических сетей, полигонометрии, створного способа, лазерного сканирования, геометрического и тригонометрического нивелирования. Каждый из методов для проведения измерений может применяться самостоятельно или в их различных сочетаниях [3].

Объектом для выполнения геодезических наблюдений нами выбран лавиносбор в районе Большого Алматинского озера. Наиболее эффективным методом для съемки границ снежных лавин считается метод створов, с применением наземного лазерного и воздушного лазерного сканирования на участках возможного движения лавин.

Измерения угловых и линейных величин планово-высотных положений временных реперов границ снежных лавин будут выполняться высокоточными приборами с опорных пунктов геодезической сети и при дешифрировании облака точек лазерного сканирования. Для достижения необходимой точности геодезических измерений будут разработаны специальные конструкции реперов для закрепления положения границы снежных лавин. В районе участка лавиносбора Большого Алматинского озера разбивка специальных реперов является возможным для проведения геодезических измерений. На других горных склонах Большого Алматинского озера использование дистанционно-углового

метода для определения планово-высотного положения границ лавин небезопасно, из-за возможного схода снежных лавин.

Применение электронного тахеометра и лазерного сканера позволит определить точки границ распространения лавин относительно исходного пункта полярным способом, и приращение координат составляют:

$$\Delta x = S \cos \alpha; \Delta y = S \sin \alpha,$$

Где  $S$  – горизонтальное положение измеренной линии  $D$ ;

$\alpha$  – дирекционный угол.

Их среднеквадратические погрешности будут

$$m_x = \sqrt{\cos^2 \alpha \cdot m_s^2 + S^2 \sin^2 \alpha \frac{m_a^2}{p^2}};$$

$$m_y = \sqrt{\sin^2 \alpha \cdot m_s^2 + S^2 \cos^2 \alpha \frac{m_a^2}{p^2}}.$$

Общая среднеквадратическая погрешность планового положения точки будет

$$m_l = \sqrt{m_x^2 + m_y^2} = \sqrt{m_s^2 + S^2 \frac{m_a^2}{p^2}}$$

Известно, что лавины относятся к природным явлениям, которые могут оказать негативные воздействия на различные виды объектов (населенные пункты, транспортные коммуникации, линии электропередач и др.). По результатам исследований Казселезащиты и Института географии установлено, что на территории Республики Казахстан значительный удельный вес среди чрезвычайных ситуаций природного характера приходится на снежные лавины [4].

В связи для геодезических наблюдений по определению границ распространения лавин на территории Большого Алматинского озера был выбран лавиносбор со слабо и незначительной степенью лавинной опасности. Считаем что, производство геодезических измерений с применением высокоточных электронных геодезических приборов на объекте исследования позволит получить достоверную информацию о лавинах. Планирование геодезические наблюдения желательно проводить в период февраль - апрель, до и после схода снежных лавин.

По ранее проведенным исследованием установлено, что высокая частота схода лавин отмечается в марте-апреле при активизации циклонической деятельности, обуславливающей обильные снегопады в горах [2].

Для исследования лавиноопасных зон необходимо определить факторы, влияющие на показатели степени лавинной опасности и схода снежных лавин, представляющих чрезвычайную ситуацию. К одним из основных факторов от-

носятся топографическая поверхность горной местности, где необходимо проводить геодезические наблюдения и произвести оценку сложности рельефа. Сложность рельефа заключается в том, что по результатам геодезических измерений можно определить крутизну горного массива, площадь распространения и вероятность схода снежных лавин. Геодезические методы наблюдения по выявлению зон зарождения снежных лавин позволяют создать цифровую модель рельефа, трехмерную модель исследуемого участка, по которым можно прогнозировать возможные места схода снежных лавин. Цифровая модель рельефа позволяет определить координаты границ распространения снежных лавин, а также высотные числовые отметки, по которым можно определить оптимальный шаг на местности от 25 м до 200 и более метров и позволяет построить топографические карты, по которым будет производиться анализ лавиноопасных территорий.

Таким образом, изучение горного рельефа современными высокоточными геодезическими методами наблюдения способствует построению достоверной цифровой модели рельефа.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Национальный атлас Республики Казахстан. Том 1: Природные условия и ресурсы. – Алматы, 2010. -150 с.
2. Северский И.В., Благовещенский В.П. //Оценка лавинной опасности горной территории. – Алма-Ата, -1983, -С 120
3. Медеу А.Р., Акиянова Ф.Ж., Благовещенский В.П. // Атласное картографирование Республики Казахстан. Изв. НАН РК, Серия геология и технические науки. - 2014, -№2. – С. 7-14
4. Симонян В.В. //Обоснование точности и разработка методов математико-статистического анализа геодезических наблюдений за смещениями оползней: автореф. дис. кан.тех.наук: 25.00.32, Государственный Университет по землеустройству. – М, 2008, 36 с.

© К. А. Ыстыкул, Ж. Д. Байгурын, 2015

## **ОТОБРАЖЕНИЕ РЕЛЬЕФА СВОТОНЕНЬЮ НА ТОПОГРАФИЧЕСКИХ КАРТАХ СРЕДСТВАМИ ГИС**

*Татьяна Евгеньевна Елишина*

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры картографии и геоинформатики, тел. (383)361-06-35, e-mail: dony2005@mail.ru

*Марина Анатольевна Нольфина*

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, аспирант кафедры картографии и геоинформатики, тел. (383)361-06-35, e-mail: nolфина2009@ssga

В статье рассмотрены вопросы отображения рельефа светотеневым способом. Дано сравнение и описание выполнения отмывки рельефа средствами ГИС MapInfo и ArcGIS.

**Ключевые слова:** отмывка рельефа, ГИС.

## **REPRESENTATION OF THE RELIEF SHADING ON TOPOGRAPHIC MAPS BY A GIS**

*Tatiana Ye. Yelshina*

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., Assoc.Prof., Department of Cartography and Geoinformatics, tel. (383)361-06-35, e-mail: dony2005@mail.ru

*Marina A. Nolfina*

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., A post-graduate student, department of Cartography and GIS, tel. (383)361-06-35, e-mail: nolфина2009@yandex.ru

The article reveals the problem of the relief representation through a tinted hill shading technique. The comparison and description of the relief shading are given by means of a GIS, ArcGIS and MapInfo.

**Key words:** tinted hill shading, GIS.

На топографических картах наглядное отображение рельефа помогает решать различные задачи: исследовать эндогенные и экзогенные процессы, техногенные воздействия, тектонические структуры [1]. В соответствии с назначением к отображению рельефа на топографических картах применяют такие требования, как проведение измерений и получение наглядности. Если горизонталями достигается метричность, подобие основных форм разных видов рельефа, то отсутствие наглядности и, следовательно, быстрая оценка местности затруднена. Светотень (пластическое) отображение рельефа устраняет это и «борьба» метричности и наглядности завершается с учетом значимости и назначения топографической карты.

Рельеф в отличие от других элементов топографических карт трехмерен, а на карте с двумя измерениями, важно передать третье измерение – высоту.

Для передачи трехмерности отображения рельефа на двумерных картах существует способ отмывки рельефа (светотеневой пластики). Объемность обеспечивается за счёт перехода цветов светлого и темного. Этот способ позволяет воспринимать объем изображения, глубину и наглядность пространства [2].

В основном способ отмывки сочетают с горизонталями и гипсометрической окраской, чтобы получить наиболее пластичное изображение рельефа. Очень важным является выбор направления источника освещения. Чаще всего и результативнее является северо-западное, что принято на многих видах изданий. Отдельные формы рельефа имеют именно это направление, что затрудняет наложение теней и тогда допустим перенос источника света на 90 градусов. Для лучшей передачи горного рельефа источник света должен быть прямым, а не рассеянным, что создает благоприятные условия нанесения теней, но не злоупотребляет падающими тенями, закрывающими соседние формы. Нанесение тени хребта должно быть увязано с абсолютными и относительными отметками и, причем, к вершине сила теней должна быть значительной.

Только соблюдая все элементы светотени, что рекомендовано в литературе, можно достичь хороших результатов путем многочасовых упражнений и анализа карт, где светотень воспринимается наглядно и убедительно [3, 4, 5, 6].

Кратко остановимся на применении ГИС-технологий для изготовления оригинала отмывки рельефа. Для создания отмывки рельефа в ГИС ArcGIS и MapInfo используют модули Spatial Analyst и Vertical Mapper.

В качестве исходных данных в обеих ГИС необходим слой изолиний, характеризующий пространственное распределение параметра  $z$ .

В Vertical Mapper анализ выполняется по интерполированной сетке grid. Для создания сетки необходим слой точек, поэтому полилинии конвертируются в точки (меню Vertical Mapper, Create Grid, Poly to point). Далее в меню Create Grid>Interpolation, выбирается метод интерполяции. Следующим шагом является выбор параметра для выполняется интерполяция. В нашем случае поле  $z$ . Необходимо установить размер ячейки (Cell size) и расстояние до соседней точки (Aggregation distance). В итоге получается Tab-файл построенной сетки. Сетка представляет собой поверхность с определенной шкалой раскраски, которую можно изменять. Для этого в Vertical Mapper на панели инструментов выбирается Менеджер Сеток (Grid Manager). С помощью цветового профиля (кнопка Load) задаётся шкала раскраски, посредством опции Relief shading (отмывка рельефа) получается результат светотеневого отображения рельефа.

В Spatial Analyst для создания тематической поверхности применяется набор инструментов Surface (Поверхность). Чтобы получить отмывку рельефа необходим растр, который получается с помощью утилиты Tpo to Raster (набор Interpolation). Исходный параметр  $z$  соответствует в этой утилите параметру  $pH$ , необходимо его поменять на параметр FID\_Parcel, потому что он имеет больший диапазон значений. Отмывка создается инструментом Hillshade (Отмывка) из набора Surface (Поверхность). В результате получается выпуклая

поверхность. Далее создается растр для параметра рН и помещается поверх предыдущего. Устанавливается прозрачность верхнего растра, чтобы виден был черно-белый растр с отмывкой.

Модули Vertical Mapper и Spatial Analyst позволяют сочетать способ отмывки рельефа и послойной окраской.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Верещака Т. В. Топографические карты. Научные основы содержания. – Москва, 2002.
2. Колдаев П. К. Пластическое изображение рельефа на картах. – Госгеоиздат, М., 1956. – 131 с.
3. Гаврилов Ю. В., Елшина Т. Е. Рекомендации по совершенствованию отображения рельефа на топографических картах масштаба 1 : 500 000 // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 2. – С. 61–63.
4. Гаврилов Ю. В., Елшина Т. Е. Совершенствование современных методов отображения рельефа светотенью на картах в Adobe Photoshop // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014. X Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 8–18 апреля 2014 г.). – Новосибирск: СГГА, 2014. Т. 2. – С. 49–51.
5. Гаврилов Ю. В. Создание тематических карт в программе растровой графики Adobe Photoshop // ГЕО-Сибирь-2005. Науч. конгр. : сб. материалов в 7 т. (Новосибирск, 25–29 апреля 2005 г.). – Новосибирск: СГГА, 2005. Т. 1. – С. 268–270.
6. Елшина Т.Е., Утробина Е.С. Разработка учебно-методического пособия «Редактирование и составление цифровых топографических карт с использованием современного программного ГИС обеспечения «Панорама» // Интеграция образовательного пространства с реальным сектором экономики: сб. материалов Международной научно-методической конференции, 27 февраля – 2 марта 2012 г., Новосибирск. – Новосибирск: СГГА, 2012, Ч. 4. – С. 97–99.

© Т. Е. Елшина, М. А. Нольфина, 2015

## **РЕШЕНИЕ ГОРНО-ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ЗАДАЧ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ КАЗАХСТАНА**

### ***Елена Николаевна Хмырова***

Карагандинский государственный технический университет, 100032, Казахстан, г. Караганда, Бульвар Мира, 56, кандидат технических наук, доцент кафедры маркшейдерского дела и геодезии, тел. (701)825-24-53, e-mail: hmyrovae@mail.ru

### ***Ольга Газисовна Бесимбаева***

Карагандинский государственный технический университет, 100032, Казахстан, г. Караганда, Бульвар Мира, 56, кандидат технических наук, доцент кафедры маркшейдерского дела и геодезии, тел. (701)244-99-15, e-mail: bog250456@mail.ru

### ***Елена Алексеевна Олейникова***

Карагандинский государственный технический университет, 100032, Казахстан, г. Караганда, Бульвар Мира, 56, ассистент кафедры маркшейдерского дела и геодезии, тел. (705)403-778, e-mail: panasenkoelena@mail.ru

### ***Наталья Александровна Имранова***

Карагандинский государственный технический университет, 100032, Казахстан, г. Караганда, Бульвар Мира, 56, магистрант кафедры маркшейдерского дела и геодезии, тел. (701)673-04-81, e-mail: sapphire\_84@mail.ru

### ***Роман Васильевич Синяк***

Карагандинский государственный технический университет, 100032, Казахстан, г. Караганда, Бульвар Мира, 56, магистрант кафедры маркшейдерского дела и геодезии, тел. (775)819-44-12, e-mail: roman\_s07@mail.ru

В настоящее время на месторождениях Казахстана усиленными темпами внедряется компьютерное моделирование с использованием программных комплексов Micromine, Surpac. Создание единой цифровой базы данных на месторождениях позволяет решать горно-геометрические задачи геолого-маркшейдерской службы в короткие сроки. Совмещенное изображение горных выработок, геологических структур и полезного ископаемого на 3D моделях является актуальным направлением при разработке месторождений полезных ископаемых.

**Ключевые слова:** моделирование, программный комплекс, база данных, рудник, карьер, шахта, пласт, рудное тело, горная выработка, запасы.

## **SOLUTION OF MINING GEOMETRIC PROBLEMS USING 3D-MODELLING PROGRAMS IN THE MINERAL DEPOSITS OF KAZAKHSTAN**

### ***Elena N. Hmyrova***

Karaganda state technical university, 100000, Kazakhstan, Karaganda, 56 B. Mira St., Candidate of Technical Sciences, professor of mine surveying and geodesy department, tel. (7212)72-26-65, e-mail: hmyrovae@mail.ru

***Olga G. Besimbaeva***

Karaganda state technical university, 100027, Kazakhstan Republic, Karaganda, 56 Mira St., associate professor of mine surveying and geodesy department, cand. tech. sci., tel. (7212)56-26-27, e-mail: bog250456@mail.ru

***Elena A. Oleynikova***

Karaganda state technical university, 100000, Kazakhstan Republic, Karaganda, 56 B. Mira St., assistant of mine surveying and geodesy department, tel. (7212)56-52-03, e-mail: panasenkoelena@mail.ru

***Natalya A. Imranova***

Karaganda state technical university, 100000, Kazakhstan, Karaganda, 56 B. Mira St., postgraduate student of mine surveying and geodesy department, tel. (7212)56-52-03, e-mail:sapphire84@mail.ru

***Roman V. Sinjak***

Karaganda state technical university, 100000, Kazakhstan Republic, Karaganda, 56 B. Mira St., postgraduate student of mine surveying and geodesy department, tel. (7212)56-52-03, e-mail: roman\_s07@mail.ru

Currently, the fields of Kazakhstan imbed a computer simulation with a heightened pace using software systems of Micromine, Surpac. The creation of a single digital database at the fields allows to solve mining and geometric tasks of geological surveying services in a short time. Composite image of mining, geological and mineral on 3D models is an important direction in the development of mineral deposits.

**Key words:** modeling, software, database, mining camp, open-cast mine, mine, layer, ore body, reserves.

Программный комплекс Micromine внедряется на большинства рудниках АО ГМК Казахалтын. Micromine - это многофункциональный программный продукт для персональных компьютеров [1]. Он предназначен непосредственно для геологов и геодезистов, маркшейдеров и призван помогать решать как повседневные задачи производства, так и специфические проблемы, связанные с трехмерным моделированием, подсчетом запасов и представлением результатов.

Золоторудное месторождение «Жолымбет» и одноименный рудник находятся на территории Акмолинской области Республики Казахстан.

Основными направлением использования программы на месторождении «Жолымбет» является:

- составление баз данных, обработка и представление геологоразведочных данных, блочное моделирование месторождений;
- составление отчета контроля качества (QC) геолого-разведочных работ по месторождению;
- разработка и составление отчета по ресурсам месторождения в соответствии с международным стандартам кода JORC с получением заключения и аудита «Micromine Consulting»;

- утверждение запасов и кондиций в ГКЗ РК;
- проектирование карьеров и подземных выработок, составление проектов разработки;
- оптимизация карьеров, составление графика горных работ;
- разработка экологических проектов;
- проведение полевых геологоразведочных работ и инженерных изысканий.

Обычно все данные об объекте хранятся в проекте. Сюда входят координаты точки отбора образца, данные бурения, цифровые топографические планшеты, результаты аэросъемок, фотоснимки и любая другая информация связанная с данным проектом. Здесь же, в дополнение к информации об объекте, хранятся макросы и формы.

Программа позволяет визуализации буровых скважин, цифровых моделей поверхности, геофизических данных, сеток, точек, контуров и профилей в трехмерном пространстве с цветовой раскраской. Одной из наиболее важных задач данного программного продукта является визуализация исходных и обработанных данных. Переход из двухмерного изображения в трехмерное производится достаточно легко, для выполнения этой задачи достаточно в главном меню нажать кнопку панорама, затем нажать и держать клавишу Shift. Вращая изображение в трехмерном пространстве, можно выбрать плоскость проекции, в которой необходимо решать горно-геометрические задачи. Чтобы вернуться в двухмерный режим достаточно кликнуть на кнопку стандартного изображения.

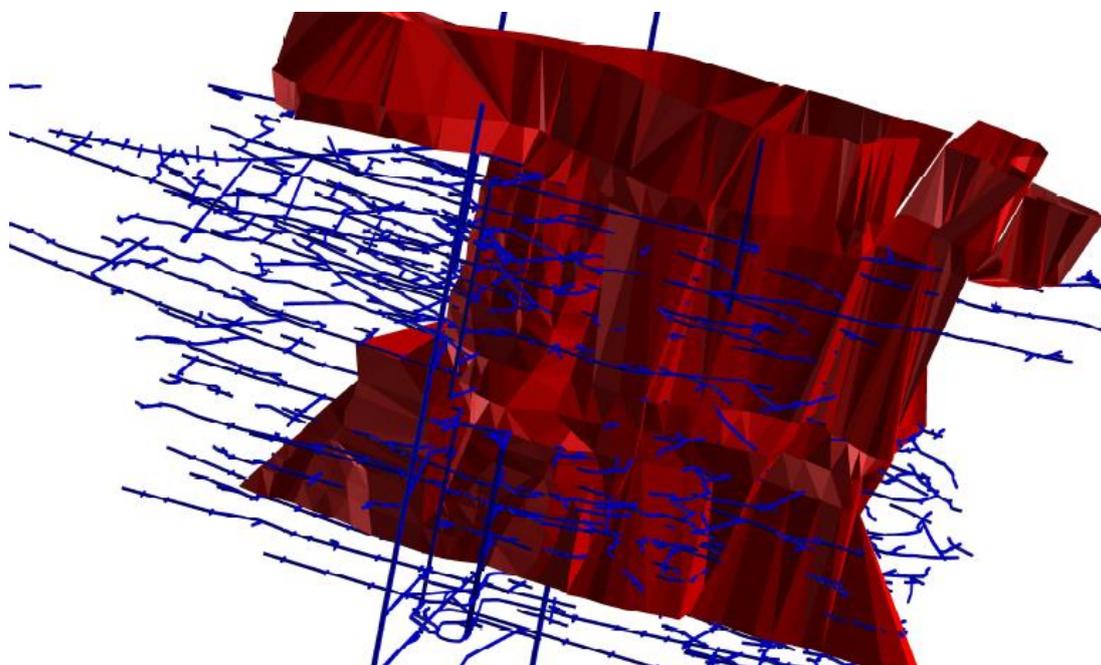


Рис.1. Трехмерное изображение золоторудного месторождения «Жолымбет», выполненное в программе «Micromine»  
Работы, выполняемые специалистами с помощью программы «Micromine»

отвечают уровню, необходимому как для последующего планирования освоения месторождения, так и для получения необходимых кредитов в западных финансовых учреждениях (рис. 2).

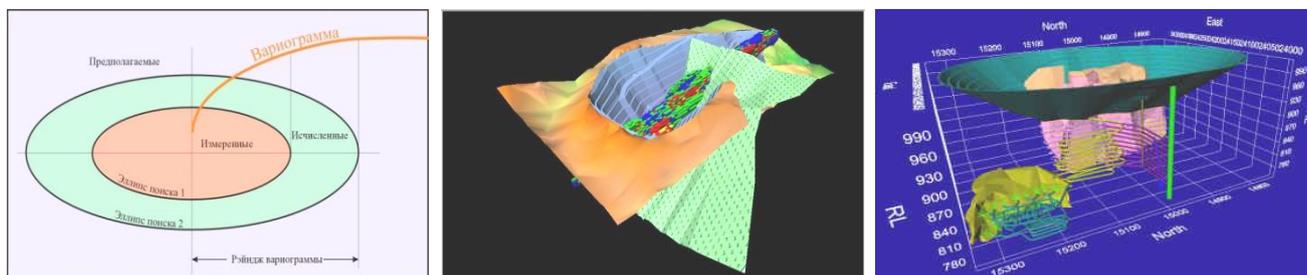


Рис. 2. Графика, выполненная в программе «Micromine»

На угольных шахтах Карагандинского угольного бассейна трехмерное изображение угольных пластов в пределах шахтных полей выполняется с помощью программного комплекса «Minex», который включает такие важные инструменты моделирования, как обработку несогласных залеганий, выклинивания, нарушений, разделения пластов, определение выхода на земную поверхность [2].

На рис. 3 показана геологическая модель пластов Д<sub>6</sub>, Д<sub>7</sub>, Д<sub>1</sub> шахты «Шахтинская», на которой выделены зоны размыва пласта, геологические нарушения, в зоне которых не безопасно закладывать выработки и выемочные поля.

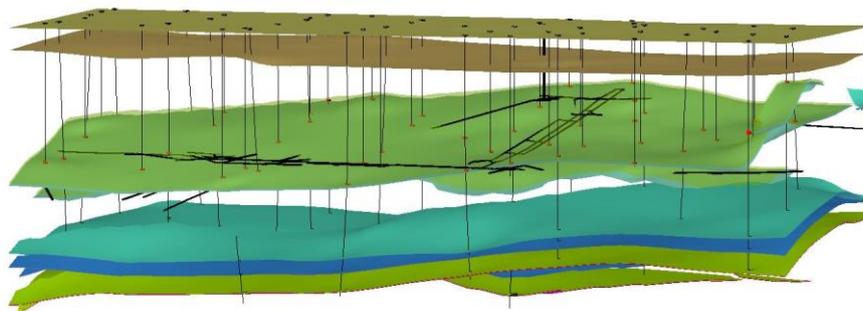


Рис. 3. Геологическая модель пластов Д<sub>6</sub>, Д<sub>7</sub>, Д<sub>1</sub> шахты «Шахтинская»

С помощью программы Minex (рис. 4) возможно осуществлять прогнозирование местоположения разрывного нарушения. Например, на основе построения карты распределения Z-отметок кровли или подошвы пласта, при вычислении толщины пласта и проекции толщины пласта на плоскость, либо на

основе интерпретации геофизических данных. Это существенно облегчает задачу по выявлению разрывного нарушения.

С помощью программы можно определить направление нарушения в разных плоскостях. Методом математического моделирования она создает модель пространственного изображения смещенных частей угольных пластов в пределах шахтного поля. Программа дает возможность построить горизонтальные разрезы с определением контуров различных нарушений и отобразить их на земной поверхности. Такая возможность дает хорошие результаты и прогнозы при планировании и проведении горных работ.

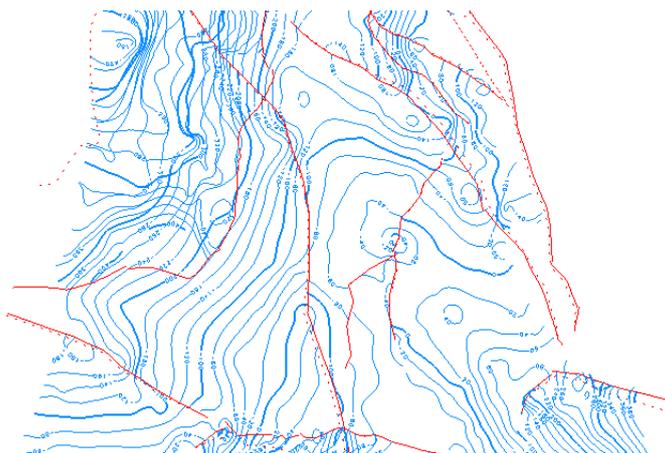


Рис. 4. Отображение в плане изолиний пласта с геологическими нарушениями

Принятая проектом моделирования по подготовки шахтного поля позволяет оптимизировать горные работы, обеспечив интенсивную выемку запасов с максимальной нагрузкой на очистные забои, сократив при этом существующую сеть горных выработок.

Изображение объектов месторождения в 3D проекциях дает возможность решать различные горно-геометрические задачи на горнодобывающих предприятиях, как оперативные, так и проведение геомониторинга с использованием инновационных методов наблюдений [3].

Мощный модуль для проектирования подземных горных работ позволяет наиболее эффективно добыть полезные ископаемые, залегающие на значительных глубинах. Отдельной частью программы является маркшейдерский модуль, позволяющий вводить, и обрабатывать результаты съёмки с использованием цифровых приборов, осуществлять построение фактических контуров отработки по данным маркшейдерской съёмки в сложных геологических условиях, с обилием разрывных нарушений.

Применение программных комплексов позволяет выбрать лучшие варианты для снижения расходов, уменьшения риска и негативного влияния на окружающую среду, одновременно позволяя извлечь максимальную выгоду от промышленного потенциала объекта.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Электронная база обучения программ Micromine, Minex;
2. Исследование возможности 3Д-моделирования для маркшейдерского обеспечения ведения горных работ / О. Г. Бесимбаева, Е. Н. Хмырова, А. С. Бедарев, А. А. Даулетова // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014. X Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 8–18 апреля 2014 г.). – Новосибирск: СГГА, 2014. Т. 2. – С. 178–183.
3. Сейсмомониторинг состояния прибортовых массивов «Восточный Камыс» / О.Г. Бесимбаева, Е.Н. Хмырова// Научный журнал «Вестник» Евразийский национальный университет им.Л.Н.Гумилева, №4 (101), 2014, с.116-124

© Е. Н. Хмырова, О. Г. Бесимбаева, Е. А. Олейникова, Н. А. Имранова, Р. В. Синяк, 2015

## **МЕТОДЫ И СРЕДСТВА МОНИТОРИНГОВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА СОСТОЯНИЕМ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ В ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫХ ЛАНДШАФТАХ**

*Владимир Ефимович Коновалов*

Уральский государственный горный университет, 620144, Россия, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, кандидат технических наук, доцент кафедры геодезии и кадастров, тел. (919)379-14-77, e-mail: VEK-1951@mail.ru

*Даниэль Абдулазизович Шихлаев*

Уральский государственный горный университет, 620144, Россия, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, аспирант кафедры геодезии и кадастров, тел. (922)611-91-95, e-mail: danil\_005@mail.ru

Рассмотрены методы и средства мониторинговых наблюдений за состоянием земной поверхности в горнопромышленных ландшафтах, которые позволяют следить за состоянием окружающей среды, в том числе за состоянием земной поверхности, на горнопромышленной территории.

**Ключевые слова:** система мониторингов, горнопромышленный ландшафт, методы и средства наблюдений.

## **METHODS AND MEANS OF MONITORING OBSERVATIONS OF THE STATE EARTH'S SURFACE MINING LANDSCAPE**

*Vladimir E. Kononov*

Ural State Mining University, 620144, Russia, Ekaterinburg, 30 Kuibyshev St., Ph. D., Associate Professor of the Department Geodesy and Cadastre, tel. (919)379-14-77, e-mail: VEK-1951@mail.ru

*Daniel A. Shihlaev*

Ural State Mining University, Russia, 620144, Ekaterinburg, 30 Kuibyshev St., graduate student of the Department Geodesy and Cadastre, tel. (922)611-91-95, e-mail: danil\_005@mail.ru

The methods and means of monitoring observations of the Earth's surface mining landscapes that allow to monitor the condition of the environment, including the state of the Earth's surface on the mining area.

**Key words:** monitoring system, Mining Industry landscape, methods and tools of observation.

Окружающая среда является одним из важнейших факторов жизнедеятельности человеческого общества. Обеспечение ее благоприятного состояния с целью гарантирования комфортных условий проживания людей – приоритетное направление проводимой в нашей стране государственной экологической политики. Механизмом, позволяющим следить за состоянием природных и природно-антропогенных объектов, а также предотвратить их загрязнение, является система мониторингов (рис. 1).

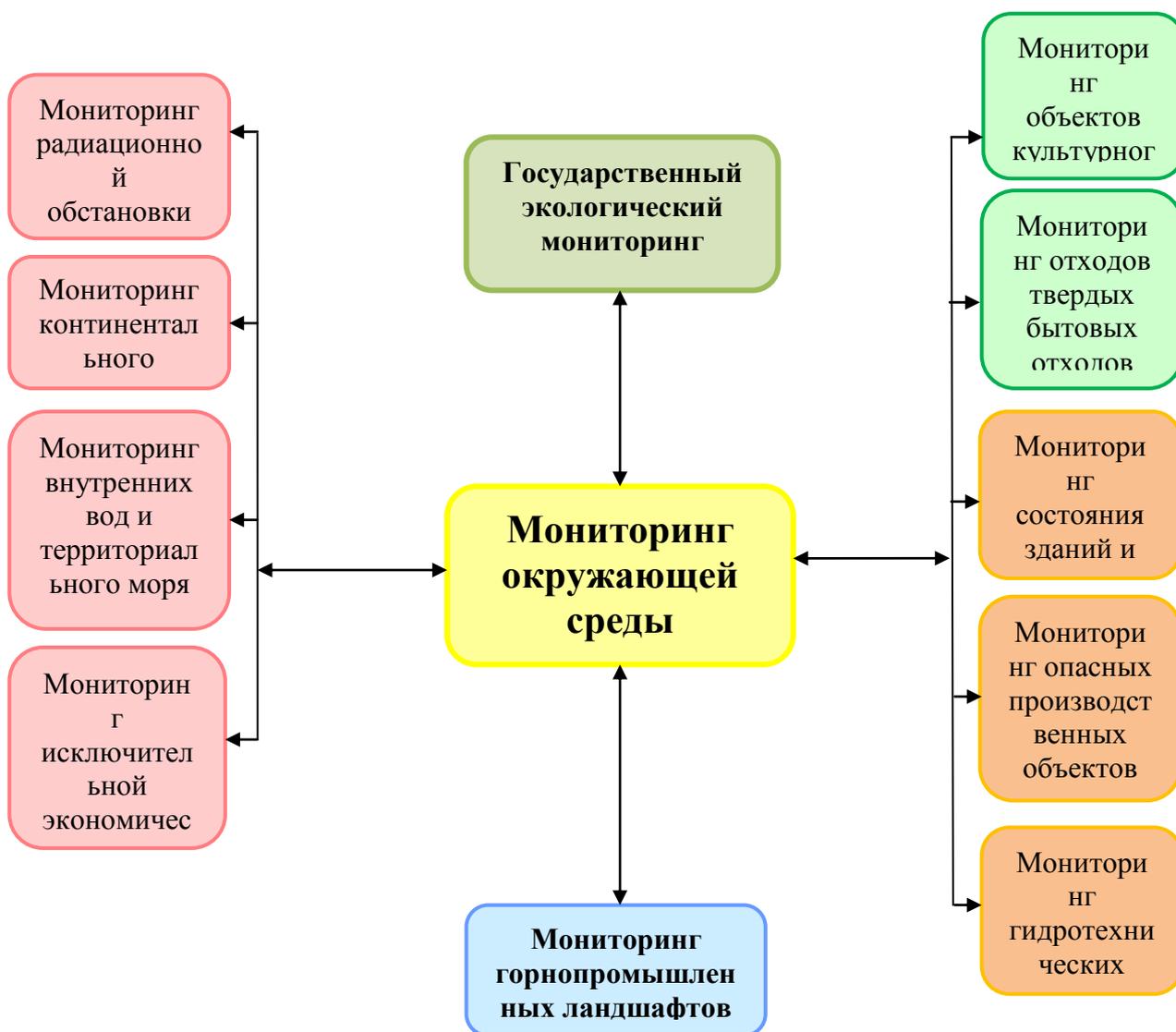


Рис. 1. Взаимосвязь мониторинга горнопромышленных ландшафтов с мониторингом окружающей среды и другими мониторингами.

При разработке, месторождений полезных ископаемых (далее МПИ) добыче и переработке полезных ископаемых (далее ПИ) воздействие горных работ на состояние окружающей среды может выражаться в следующем:

- а) механические изменения земной поверхности;
- б) изменения свойств и качества грунтов и горных пород за счет изменения гидрогеологических условий;
- в) изменения свойств и качества почвы за счет перемещения выбросов от вредных источников в атмосферу и дальнейшего выпадения осадков на земную поверхность;
- г) изменения свойств и качества почвы и грунтов за счет сбросов шахтных, карьерных и иных промышленных вод в поверхностные воды и на рельеф.

Горнопромышленные ландшафты (далее ГПЛ) формируются при разработке МПИ, следующим образом [1]:

-при открытом способе разработке МПИ – выемки, насыпи и вспомогательные объекты – промплощадки, транспортные и инженерные коммуникации; при разработке россыпных МПИ – искусственные водные объекты – котлованы;

-при подземном способе разработке МПИ – подземные горные выработки, налегающий и вмещающий массив горных пород, насыпи, промплощадки, транспортные и инженерные коммуникации;

-при подводном способе разработки МПИ – подводные горные выработки, искусственные земельные участки, платформы, трубопроводы для перемещения жидких ПИ на берег;

-при скважинном способе разработки МПИ – налегающий и вмещающий массив горных пород, промплощадки, транспортные и инженерные коммуникации.

В любом случае при разработке МПИ на земной поверхности образуются, во-первых, горные отводы – территории для добычи полезных ископаемых, во-вторых, земельные участки как для добычи ПИ, так и под объекты, обеспечивающие добычу ПИ. Кроме этого к горнодобывающей промышленности относится процесс первичной переработки ПИ, т.е. процесс обогащения ПИ. Аналогично, земельные участки образуются под объекты обогатительных фабрик. В-третьих, процесс добычи полезных ископаемых и их первичной переработки сопровождается вредным влиянием на состояние окружающей среды. В этом непосредственно участвуют сформированные объекты ГПЛ, образуя новые объекты ГПЛ, характеризующиеся измененными свойствами по сравнению со свойствами исходных природных ландшафтов.

В основном, изменение окружающей среды при влиянии горных работ заключается в следующем:

-изменение свойств горных пород в массиве и структуры массива горных пород;

-изменение земной поверхности, выражающееся в образовании выемок, насыпей, провалов, просадок и трещин;

-изменение состава и уровня подземных вод;

-изменение состава и состояния почв и поверхностных вод на территории как самого горнопромышленного комплекса (далее ГПК), так и за его границами на горнопромышленной территории.

Последние изменения в объектах ГПЛ обусловлены выбросами в атмосферу вредных веществ от источников в виде шахт, карьеров, труб и других сооружений обогатительных фабрик, а также сбросов промышленных вод с территории ГПК.

Таким образом, объектами наблюдений за изменением состояния земной поверхности на горнопромышленной территории являются объекты ГПЛ как прямо нарушающие состояние земной поверхности, в том числе и подземные

объекты ГПЛ, так и загрязняющие почвы и поверхностные воды на горнопромышленной территории.

Соответствующая концепция в настоящее время принята и для государственного мониторинга земель [2], где он подразделяется на два вида: мониторинг использования земель и мониторинг состояния земель.

Непосредственно для получения информации о состоянии земной поверхности на горнопромышленной территории и расположенных на ней объектов ГПЛ используются следующие компоненты природной среды: атмосферный воздух, в основном, в приземном слое, почва, недра, подземные и поверхностные воды.

В практике существует достаточно много методов и средств наблюдений [3,4,5].

Исходя из особенностей изменения свойств объектов ГПЛ, можно предложить следующие методы наблюдений.

*При механических изменениях.*

Изменения (деформации) бортов карьеров зависят от состояния прибортового массива и проявляются в виде оползней, обрушений, осыпей (оплывин) бортов карьеров и откосов уступов. Здесь наиболее эффективны инструментальные методы наблюдений.

Изменения (деформации) откосов отвалов зависит от состояния оснований отвалов (деформации проявляются в виде выпоров основания). В этом случае наиболее эффективны инструментальные методы, а также наблюдения за изменением прочностных и влажностных характеристик грунтов основания отвалов.

Изменение состояния и структуры налегающего массива горных пород (сдвигание горных пород) над подземными горными выработками на земной поверхности проявляется в виде обрушений, провалов, оседаний, трещин. Здесь также наиболее эффективны инструментальные методы.

Изменения земной поверхности (осадки, просадки) при добыче нефти и газа, в какой-то мере и подземных вод, эффективно выявляются инструментальными методами.

*При изменениях состояния поверхностных и подземных вод.*

Изменение состава и уровня подземных вод в массиве горных пород – подтопление или иссушение (депресссионная воронка) грунтов и почвы на земной поверхности – наиболее эффективно выявлять геохимическими исследованиями и пьезометрическими замерами в скважинах и в разливах на земную поверхность.

Изменение состава и биологического содержания поверхностных вод при изменениях близлежащей почвы и грунтов наиболее эффективно выявлять геохимическими и микробиологическими исследованиями.

*При загрязнении почв.*

Загрязнение почв в результате выбросов вредных веществ от единичных или площадных источников, сноса ветром с поверхности отвалов и терриконов пыли и других частиц наиболее эффективно изучать:

а) при механическом запылении – путем исследования свойств частиц пыли (при схватывании «коркой» на поверхности почвы и др.);

б) при загрязнении почвы тяжелыми металлами и аэрозолями лучше применять эмиссионный спектральный анализ и атомно-абсорбционную спектрометрию, в т.ч. при кучном выщелачивании;

в) при изменении растительности от воздействия вредных веществ возможен радиофизический метод или метод биоиндикации;

г) при изменении животного мира от воздействия вредных веществ лучший эффект дает метод популяций и мутирования особей.

При изменении окружающей среды от физического воздействия на нее источников горнопромышленного комплекса (шум, вибрация, свет, тепло) наиболее эффективны следующие методы: индуктивный, пьезоэлектрический, индукционный, термометрический методы.

При загрязнении окружающей среды в случае радиоактивного загрязнения (почва, воздух, вода, растительность) эффективны радиометрические методы.

Изменение состава и состояния горных пород в массиве горных пород и полигонах отходов производства (в основном при добыче и переработке угля, сернистых соединений) при изменении термического режима и проявлении нарушений в виде самовозгораний горных пород эффективными могут быть термический и визуальный контроль, анализ выделяемых газов.

В соответствии с предложенными методами выбираются средства наблюдений по следующим критериям:

- необходимой точности результата наблюдений;
- полноте покрытия площади исследования;
- возможности автоматизации процесса измерений.

Установленная периодичность должна выявить динамику развития процесса изменения свойств и дать возможность построения прогноза развития процесса изменения показателя, при этом в зависимости от условий наблюдений периодичность наблюдений может изменяться как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения периода наблюдения.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. В.Е. Коновалов. Технологические объекты горнопромышленного комплекса – основа формирования горнопромышленных ландшафтов. // Известия вузов. Горный журнал, №6, 2014. – С. 27 – 32.

2. Приказ Министерства экономического развития РФ от 26 декабря 2014г. №852 «Об утверждении Порядка осуществления государственного мониторинга земель, за исключением земель сельскохозяйственного назначения» // Справочно-информационная система «Консультант – Плюс»

3. Инструкция по наблюдениям за деформациями бортов, откосов уступов и отвалов на карьерах и разработке мероприятий по обеспечению их устойчивости. /Министерство

угольной промышленности СССР, Всесоюзный научно-исследовательский институт горной геомеханики и маркшейдерского дела (ВНИМИ)// Ленинград. – 1971. – 185с.

4. Инструкция по наблюдениям за сдвижением горных пород и земной поверхности при подземной разработке рудных месторождений. / Министерство цветной металлургии СССР// Москва «Ндра». – 1988. – 111с.

5. Варганов А. З., Рубан А. Д., Шкуратник В. Л., Методы и приборы контроля окружающей среды и экологический мониторинг /Под. ред. А. Д. Рубана: Учебник для вузов. – М.: Издательство «Горная книга», Издательство МГГУ, 2009. – 640с.

© В. Е. Коновалов, Д. А. Шихлаев, 2015

## **МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА ПОДРАБАТЫВАЕМЫХ ТЕРРИТОРИЯХ**

### ***Ольга Газисовна Бесимбаева***

Карагандинский государственный технический университет, 100027, Республика Казахстан, г. Караганда, Бульвар Мира, 56, доцент кафедры маркшейдерского дела и геодезии, кандидат технических наук, тел. (7212)56-26-27, e-mail: bog250456@mail.ru

### ***Елена Николаевна Хмырова***

Карагандинский государственный технический университет, 100027, Республика Казахстан, г. Караганда, Бульвар Мира, 56, доцент кафедры маркшейдерского дела и геодезии, кандидат технических наук, тел. (7212)56-26-27, e-mail: hmyrova@mail.ru

### ***Валентина Владимировна Ефимова***

Филиал РГКП «Казгеодезия» «Орталықмаркшейдерия», 100027, Республика Казахстан, г. Караганда, ул. Чкалова, 8, маркшейдер 2-й категории, тел. (7212)41-51-90

### ***Жадыра Алданыш***

СООО Градостроительный Кадастровый центр г. Караганды, 100027, Республика Казахстан, г. Караганда, ул. Ленина 72/2, ведущий специалист, тел. (702)481-41-18

### ***Вера Фаритовна Ярцева***

Карагандинский государственный технический университет, 100027, Республика Казахстан, г. Караганда, Бульвар Мира, 56, магистрант кафедры маркшейдерского дела и геодезии, тел. (7212)56-26-27

В статье рассмотрены вопросы мониторинга состояния земной поверхности на подрабатываемых территориях путем создания системы постов наблюдательных станций и проведения серий инструментальных наблюдений.

**Ключевые слова:** оседания земной поверхности, наблюдательные станции, инструментальные наблюдения.

## **SYSTEM OF GEOMONITORING OF THE EARTH SURFACE ON UNDERMINED TERRITORIES**

### ***Olga G. Besimbaeva***

Karaganda state technical university, 100027, Kazakhstan Republic, Karaganda, 56 Mira St., associate professor of Mine survey and geodesy department, cand. tech. sci., tel. (7212)56-26-27, e-mail: bog250456@mail.ru

### ***Elena N. Khmyrova***

Karaganda state technical university, 100027, Kazakhstan Republic, Karaganda, 56 Mira St., associate professor of Mine survey and geodesy department, cand. tech. sci., tel. (7212)56-26-27, e-mail: hmyrova@mail.ru

***Valentina V. Efimova***

Branch of RGKP «Kazgeodezii» «Ortalykmarksheyderiya», 100027, Kazakhstan Republic, Karaganda, 8 Chkalov St., surveyor category 2, tel. (7212)41-51-90

***Zhadyra Aldanysh***

JLLC Town Planning Cadastre Centre of Karaganda, Kazakhstan, 100027, Karaganda, 72/2 Lenin St., a leading specialist, tel. (702)481-41-18, e-mail: zhadra.bota.90@mail.ru

***Vera F. Yartseva***

Karaganda state technical university, 100027, Kazakhstan Republic, Karaganda, 56 Mira St., master student of Mine survey and geodesy department, tel. (7212)56-26-27

The paper deals with the monitoring of the Earth's surface on the undermined territories through a system of observation posts and stations of the series of instrumental observations.

**Key words:** subsidence surface observing stations, instrumental observations.

Наиболее значимыми по опасности и интенсивности проявления на территории Карагандинской области являются инженерно-геологические процессы оседания земной поверхности за счет шахтной подработки и, частично, за счет осушения водоносных комплексов при шахтном водоотливе, а также подтопление участков г. Караганды, формирующиеся под действием комплекса природных и техногенных факторов [1].

Проявление процессов оседания земной поверхности происходит с различной активностью. Увеличение площади выработанных шахтных полей приводит к появлению новых мульд сдвижения и подтопленных участков [1]. По данным ведения мониторинга подземных вод интенсивно подтопленными являются северо-западный и северо-восточный районы города Караганды, ориентированные на подработанных полях ш. им. Кузембаева и ш. им. Костенко. Поэтому вопросы мониторинга состояния земной поверхности на подрабатываемых территориях является весьма актуальными.

Создание системы наблюдательных станций по изучению опасных геологических процессов на территории Карагандинской области было выполнено ТОО «Центрмониторинг» в 2008 году, а инструментальные наблюдения по профильным линиям проводились сотрудниками РГКП «Орталыкмаркшейдерия» в ноябре-декабре 2009 года и в период с января по август 2010 года [2].

При выборе районов наблюдения за оседанием земной поверхности руководствовались следующими факторами: однородностью геологического строения толщи пород, залегающих выше каменноугольных отложений; глубиной шахтной подработки в зависимости от мощности вышележащих комплексов пород; общностью геоморфологических и гидрогеологических условий; временным фактором проявления процессов, в зависимости от продолжительности шахтной деятельности; состояние шахтного производства (действующее, законсервированное, ликвидированное) [1].

По результатам анализа вышеперечисленных материалов сложился выбор двух районов месторождения – Карагандинского и Шерубай-Нурунского и выполнено создание 9 постов наблюдательных станций по изучению опасных геологических процессов, происходящих в результате ведения подземных горных работ.

Для решения поставленной цели выполнены следующие задачи:

- изучены данные о природных и техногенных факторах, обуславливающих возникновение процессов оседания земной поверхности и подтопления;
- выполнена специализированная инженерно-геологическая съемка площади опорных участков для обоснования границ и выбора точек заложения пунктов наблюдательных станций;
- произведена закладка и создание системы мониторинга;
- выполнена топогеодезическая съемка поверхности в границах опасных участков, аналитическая и высотная привязка опорных пунктов наблюдения;
- производство первой серии наблюдений;
- проведение серии систематических инструментальных наблюдений;
- обработка результатов наблюдений и определение величины деформаций и сдвижения земной поверхности;
- выявление опасных геологических процессов.

Объект состоит из 9 участков, первые 5 из которых расположены в пределах г. Караганды, участки 6, 7, 8, 9 расположены в Шахтинском промышленном районе Карагандинской области [2].

В связи с тем, что все 9 участков находятся в зоне подработки, возникала необходимость создания базовой GPS сети [3] для определения координат исходных пунктов наблюдательных станций (рис. 1). За исходные принимаются пункты триангуляции и реперы нивелирования, находящиеся вне города за территорией подработки.

На территории каждого из участков заложены грунтовые реперы в виде конверта – 4 репера по углам участка и один посередине. Грунтовые реперы заложены ниже уровня сезонного промерзания грунтов. На всех девяти постах заложены наблюдательные станции, которые представляют собой систему закрепленных реперов, заложенных в грунте. При этом методом «конверта» закладываются опорные (грунтовые) репера – 5 опорных реперов на одном посту, всего 45 реперов. Рабочие реперы закладываются через 200 метров между опорными. Всего на 9 постах заложено 195 репера [2]. На пунктах триангуляции стационарно устанавливались приемники GPS Trimble 4600 LS, а на определяемых пунктах (опорных реперах) приемники GPS Trimble R3.

Обработка наблюдений производилась с помощью программы Trimble Bassines Centre. Уравнивание производилось с помощью программы Trimble Geomatics Office.

Инструментальные наблюдения по профильным линиям выполнялись в следующем порядке. Электронный тахеометр (рис. 2), устанавливался на опорном репере, в него вводились координаты этого репера, определенные

спутниковым методом. Затем тахеометр ориентировали на заднюю точку (другой опорный репер), вводились координаты этого репера. На рабочих реперах устанавливались штативы с отражателями. Все измерения электронным тахеометром, для повышения точности и исключения грубых ошибок, выполняются несколькими приемами (3-6). Для введения поправок на каждой стоянке измеряется атмосферное давление и температура с точностью до 1мм рт.ст. и до  $\pm 1^{\circ}\text{C}$  соответственно.

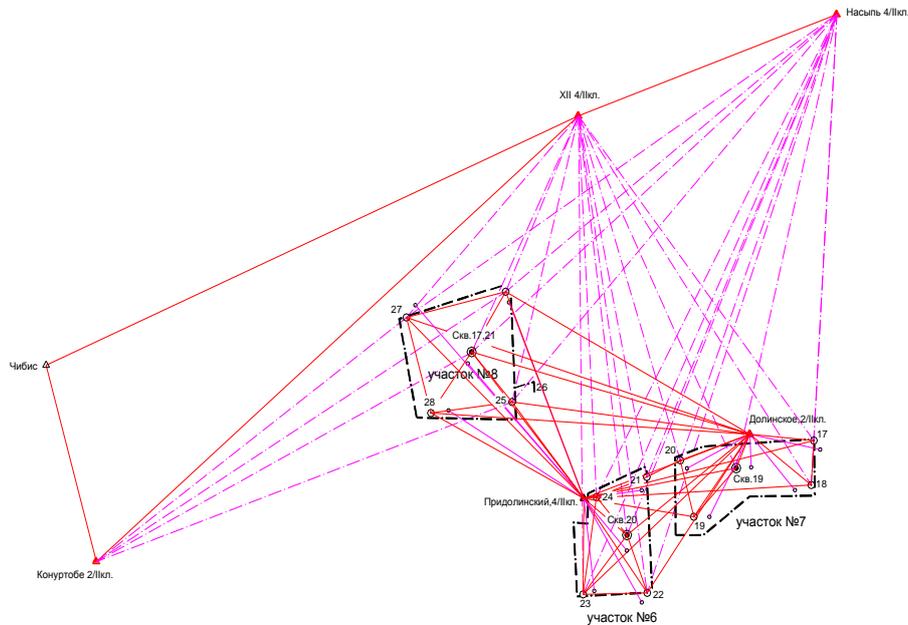


Рис. 1. Схема развития базовой GPS сети на участках № 6, № 7 и № 8

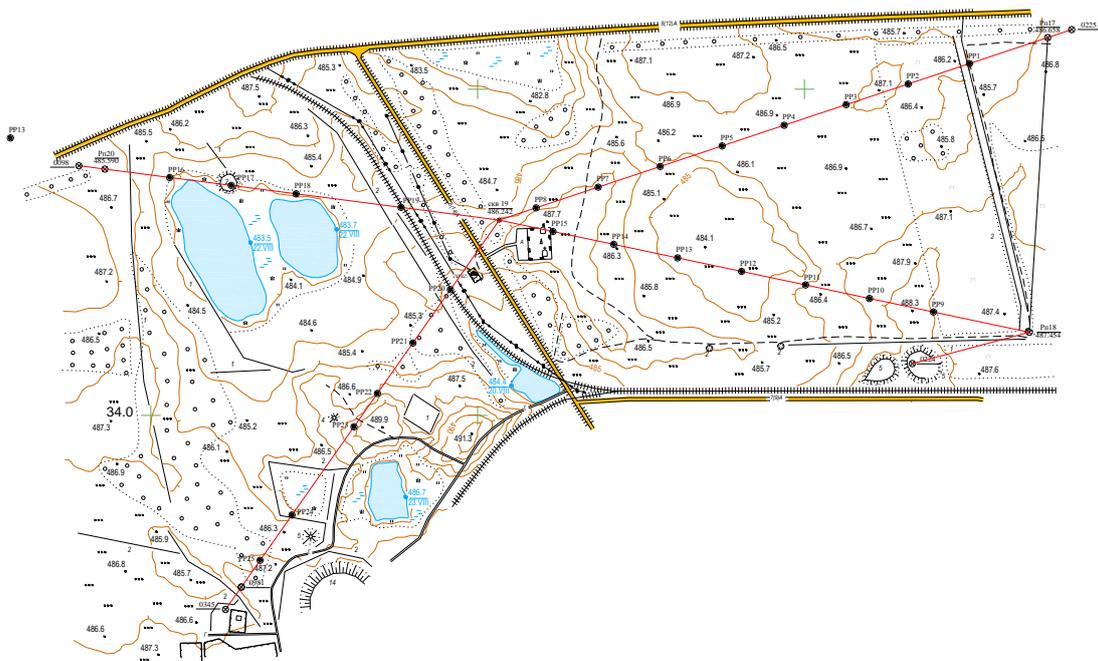


Рис. 2. Система наблюдательной станции 7 участка

Для исключения или уменьшения случайных и систематических ошибок необходимо соблюдение определенных условий и выполнение ряда последовательно выполняемых работ:

- увязка близлежащих опорных реперов в одну систему;
- съемка рабочих реперов с одной станции методом повторений (не менее 3 раз) при обеспечении видимости и допустимой дальности;
- съемка рабочих реперов с другой стоянки с обязательной контрольной съемкой последних реперов, снятых с предыдущей точки стояния.

С помощью электронного тахеометра определяются координаты исходного положения реперов профильных линий и координаты тех же реперов при последующих наблюдениях [3]. По разнице координат реперов  $\Delta x$ ,  $\Delta y$ ,  $\Delta z$  относительно их исходного положения можно определить направление в пространстве вектора смещения в цифровом виде, а так же по разнице горизонтальных проложений  $S$  между реперами относительно исходных значений можно судить об устойчивости или сдвигении земной поверхности.

Камеральная обработка результатов наблюдений производится непосредственно по окончании каждой серии измерений [2]. В табл. 1, 2 приведены результаты геомониторинга на 2 участках созданной системы.

*Таблица 1*

Результаты инструментальных измерений на участке № 6

Наименование пунктов	Изменение координат реперов между 1 и 2 сериями			Изменение координат реперов между 1 и 7 сериями		
	$\Delta X$	$\Delta Y$	$\Delta H$	$\Delta X$	$\Delta Y$	$\Delta H$
Реп21	0,038	-0,024	-0,051	0,175	-0,127	-0,243
Реп22	0,055	-0,029	-0,064	0,273	-0,135	-0,314
Реп23	0,000	0,000	-0,088	-0,083	-0,008	-0,278
Реп24	0,075	-0,006	-0,073	0,197	-0,064	-0,262
Скв20	0,082	-0,019	-0,094	0,210	-0,122	-0,294

*Таблица 2*

Результаты инструментальных измерений на участке № 7

Наименование пунктов	Изменение координат реперов между 1 и 2 сериями			Изменение координат реперов между 1 и 7 сериями		
	$\Delta X$	$\Delta Y$	$\Delta H$	$\Delta X$	$\Delta Y$	$\Delta H$
Реп17	0,037	-0,034	-0,062	0,151	-0,161	-0,312
Реп18	0,066	-0,050	-0,115	0,162	-0,211	-0,337
Реп19	0,084	-0,035	-0,101	0,210	-0,168	-0,303
Реп20	0,040	-0,026	-0,051	0,169	-0,119	-0,287
Скв19	0,082	-0,039	-0,104	0,226	-0,141	-0,319

В результате проведенных инструментальных геодезических измерений на исследуемых постах наблюдательных станций становятся доступны данные о

современном состоянии земной поверхности. Анализ результатов наблюдений за период с 2009 год по 2010 год показал, что происходит систематическое сдвижение и оседание земной поверхности на участках подработки, а также повышение уровня грунтовых вод по наблюдательным скважинам.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Инструкция по наблюдениям за сдвижением горных пород, земной поверхности и подрабатываемыми сооружениями на угольных и сланцевых месторождениях. – М.: «Недра», 1989.

2. Технический отчет о ведении наблюдений по геодезическим реперам и наблюдательным скважинам. Объект: «Создание и ведение наблюдений на 9 постах по изучению ОГП в Карагандинской области» / РГКП «Центрмаркшейдерия». - Караганда, 2010.

3. Бесимбаева О.Г., Хмырова Е.Н., Бесимбаев Н.Г. Анализ точности геодезических измерений // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2014. – № 5. – С. 15–18.

*© О. Г. Бесимбаева, Е. Н. Хмырова,  
В. В. Ефимова, Ж. Алданыш, В. Ф. Ярцева, 2015*

## **ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ГРАВИМЕТРИИ В КОМПЛЕКСЕ С ВЫСОКОТОЧНЫМ НИВЕЛИРОВАНИЕМ И КООРДИНИРОВАНИЕМ ПРИ СОЗДАНИИ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ ОСНОВЫ С ЦЕЛЬЮ МОНИТОРИНГА ПРИРОДНОЙ И ТЕХНОГЕННОЙ ГЕОДИНАМИКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА**

*Анатолий Иванович Каленицкий*

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, доктор технических наук, профессор кафедры астрономии и гравиметрии, тел. (383)361-00-00, e-mail: kaf.astronomy@ssga.ru

*Эдуард Лидиянович Ким*

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, соискатель, тел. (383)361-03-56, e-mail: 52tkrbv@rambler.ru

Приведены возможности гравиметрии в осуществлении контроля: определения высот пунктов и степени их устойчивости по вертикали; разбраковки и упорядочения результатов нивелирных и спутниковых измерений.

**Ключевые слова:** месторождения нефти и газа, геодинамический полигон, геодезическо-гравиметрический метод мониторинга геодинамики.

## **JOINT APPLICATION OF GRAVIMETRY, PRECISE LEVELING AND COORDINATION IN PROCESS OF GEODETIC BASE ESTABLISHMENT FOR MONITORING OF NATURAL AND ANTHROPOGENIC GEODYNAMICS OF OIL AND GAS FIELDS**

*Anatoly I. Kalenitsky*

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., Prof., Department of Astronomy and Gravimetry, tel. (383)361-00-00, e-mail:kaf.astronomy@ssga.ru

*Eduard L. Kim*

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Applicant for Doctor's degree, tel. (383)361-03-56, e-mail: 52tkrbv@rambler.ru

Capabilities of gravimetry are presented as regards control of vertical reference stations heights determination, degree of their stability, sorting and ordering of leveling and satellite measurements results.

**Key words:** oil and gas fields, geodynamic testing area, geodetic and geometric technique for geodynamics monitoring.

«Искусственное» разделение гравиметрии на «геодезическую» и «геофизическую» (гравиразведку), произошедшее в середине прошлого века было связано в основном с ведомственными амбициями. Оно привело к тому, что ее результаты стали интерпретироваться искаженно и, самое главное - односторонне, с существенной потерей возможностей как метода универсального, измерительное разрешение которого характеризуется в

настоящее время величиной порядка  $(1-3) \cdot 10^{-7}$ , что по точности приближается к высокоточному нивелированию. Ведомственный подход не аккумулирует, а разобщает опыт использования гравиметрии как уникального высокоразрешающего метода. Научное сообщество все больше обеспокоено таким положением дел, настаивая на международном обсуждении возможности снятия «проблемы» [1].

Основной причиной разногласий в интерпретации результатов гравиметрии стали особенности истолкования понятия «редукция». До сих пор значительная часть геодезистов и ряда геофизиков воспринимает этот термин как «приведение» результатов к какой-то поверхности, хотя смысловое содержание этого термина в официальных справочных документах однозначно трактуется как поправка для сведения сложного к простому, упорядочение [2, 3].

В геодезии по аналогии с линейно-угловыми измерениями это некорректно воспринимается и истолковывается, как пересчет вниз, «приведение» к уровню отсчетного эллипсоида, то есть проецирование на него. По этому поводу выдающийся советский геодезист М.С. Молоденский указывал [4], что в гравиметрии процесс редуцирования должен восприниматься однозначно: это - пересчет и исключение из измеренного в точках реальной поверхности измерения поля теоретического (нормального). При этом обязательным является предположение, что поверхность измерений является изменяющейся линейно между ними [4]. Другими словами результаты гравиметрии, как и аномальные значения силы тяжести, полученные с учетом исключения нормального гравитационного поля земли с использованием нормального (теоретического) вертикального градиента никуда не «редуцируется» по высоте, а относятся к точкам поверхности измерений. «Приведение» их значений к одному уровню (выше поверхности измерений) возможно и теоретически, и практически, в том числе на основе подбора любой подсобной модели в нижнем полупространстве, обеспечивающей ее гравитационный эффект, совпадающим с аномальным в пределах точности измерений.

Результаты гравиметрии – как контроль определения высот пунктов и степени их устойчивости по вертикали.

Практика высокоточных геодезическо – гравиметрических натуральных измерений с целью мониторинга степени устойчивости земной поверхности на ряде геодинамических полигонов (Спорышевском, Западно-Суторминском, Вынгапуровском, Ново-Портовском, Верх-Тарском) убедительно показала надежность этого комплекса, который создает определенную степень избыточности получаемых результатов, позволяющей, с одной стороны, независимо контролировать качество результатов каждого из применяемых методов (спутникового координирования, нивелирования II класса, гравиметрии), а с другой,- выполнять их качественную и количественную как по каждому методу в отдельности, так и (что особенно важно) комплексную интерпретацию [5,6,7,]. В частности, что касается нивелирования, то опыт показал, что гравиметрия сразу же позволяет, например, определить, где

нивелирные рейки устанавливались на разные марки центров, заложенных рядом. Более того, гравиметрия позволяет однозначно (еще на стадии предварительного контроля) определить, в каких секциях вынужденно пришлось (из-за трудностей прохождения на местности) высоты реперов определять по результатам спутникового координирования, «приведенному» к уровню отсчета нормальных высот.

О роли гравиметрии в разбраковке и упорядочении результатов нивелирных и спутниковых измерений на примере Новопортовского и Вынгапуровского геодинамических полигонов

Геодинамические исследования в пределах площади Вынгапуровского месторождения нефти и газа были начаты в 2010 и продолжены в 2011 году.

В первом цикле необходимо было решить задачу уточнения геолого-тектонического строения месторождения, выявления участков повышенного геодинамического риска для последующего выбора планового положения расчетных профилей, а также их количества.

В связи с невозможностью определения высот значительной части пунктов рядовой сети геометрическим нивелированием за один полевой сезон как из-за значительной площади геодинамического полигона, так и из-за сложных физико-географических условий, на Вынгапуровском ГДП высоты пунктов мобильной гравиметрической сети были впервые определены в процессе их координирования спутниковым методом. Была апробирована методика создания высотного обоснования гравиметрии комбинированным способом, которая заключалась в построении высокоточной опорной сети нивелирования II-го класса с высокоточным определением на опорных пунктах геодезических высот спутниковым методом с последующим вычислением разности нормальных и геодезических высот на всех пунктах сети и построением схемы изменения их значений на территории ГДП;

Это давало в последующем возможность определения нормальных и геодезических высот в любой точке площади ГДП при проведении или только нивелирования, или только спутникового координирования.

Для этого по данным определения высот пунктов опорной сети из спутниковых наблюдений и нивелирования II класса строилась схема разности ( $\zeta$ ) нормальных и геодезических высот, пример которой после «сглаживания» изолиний представлен на рисунке 30. Отличие изолиний ( $\zeta$ ) до и после «сглаживания» составило в среднем квадратическом отношении  $\pm 26$  мм.

При этом, сравнение нормальных высот пунктов мобильной сети, полученных из спутниковых наблюдений с использованием схемы значений ( $\zeta$ ) с их высотами, полученными из геометрического нивелирования показало, что различие характеризуется средней квадратической ошибкой, равной  $\pm 44$  мм. Эта величина не превышала требования к предельно допустимым погрешностям определения высот для обеспечения гравиметрической съемки самого крупного масштаба

Допустимая (по проекту работ) средняя квадратическая погрешность определения высот пунктов мобильной сети характеризовалась величиной  $\pm 48$  мм.

Однако следует заметить, что при этом у 16 пунктов (11,5%) из 139 пунктов, принятых в обработку, разность нормальных высот пунктов мобильной сети из спутниковых наблюдений, определенных с использованием схемы значений ( $\zeta$ ) и данных нивелирования, превысило предельную допустимую погрешность определения высот. При построении плана локальных аномалий силы тяжести часть пунктов была отбракована из-за резких «выбросов» локальных значений аномалий силы тяжести, свидетельствующих о грубых ошибках в определении их высот. Этот метод выбраковки позволил выполнить контроль качества геодезических работ на других геодинимических полигонах, в частности на Новопортовском.

Южная часть Новопортовского месторождения, на которой в 2013 году был создан геодинимический полигон, расположена за Полярным кругом в юго-восточной части полуострова Ямал. Структура месторождения характеризуется поднятием с весьма крутыми склонами в юго-западном и северо-восточном направлениях. Залегание пластов в целом соответствует конфигурации основания, часто они выклиниваются к верхней части свода. Дневная поверхность – тундра с резко врезанными руслами речек, затрудняющие переход через них.

Измерения (нивелирование, спутниковое координирование и гравиметрия) выполнялись частями по ходам, которые, как правило, имели замкнутый вид или соединялись перемычками между параллельными маршрутами.

По результатам вышеуказанных измерений была построена схема проложения ходов. По данным гравиметрии были получены и построены планы аномалий силы тяжести в редукции Буге. Выяснилось, что на них значения локальных аномалий силы тяжести в указанной редукции имеют ряд коротких по протяженности узконаправленных локальных значений, кусочно совпадающих с фрагментами съемочных линий (ходов). Сразу разобраться с исполнителями полевых работ не удавалось из-за нерегулярной связи. Возникло подозрение о браке в нивелировании.

Пришлось выполнить выбраковку точек указанных локальных аномалий посредством его осреднения с возможно минимальным радиусом. По «отскочившим» значениям аномалий были подсчитаны «ошибки» в высоте точек

=

Эти данные, когда связь восстановилась, были переданы исполнителям с тем, чтобы секции между узловыми пунктами, в которых получены «выбросы» высот ( ) были перемерены. Ответ пришел сразу. Оказалось, что на этих пунктах из-за отсутствия возможности прохождения нивелирным ходом высоты определялись точно на основе данных спутникового координирования.

Исходя из вышеуказанного, для всех пунктов, где выполнялось нивелирование и спутниковое координирование, были определены разницы нормальных и геодезических высот и по ним построена схема поля аномалий высот, представленная на рис.

Горизонтали этого поля представляют плавную поверхность – без единого локального «выброса», что свидетельствует о высоком качестве измерений.

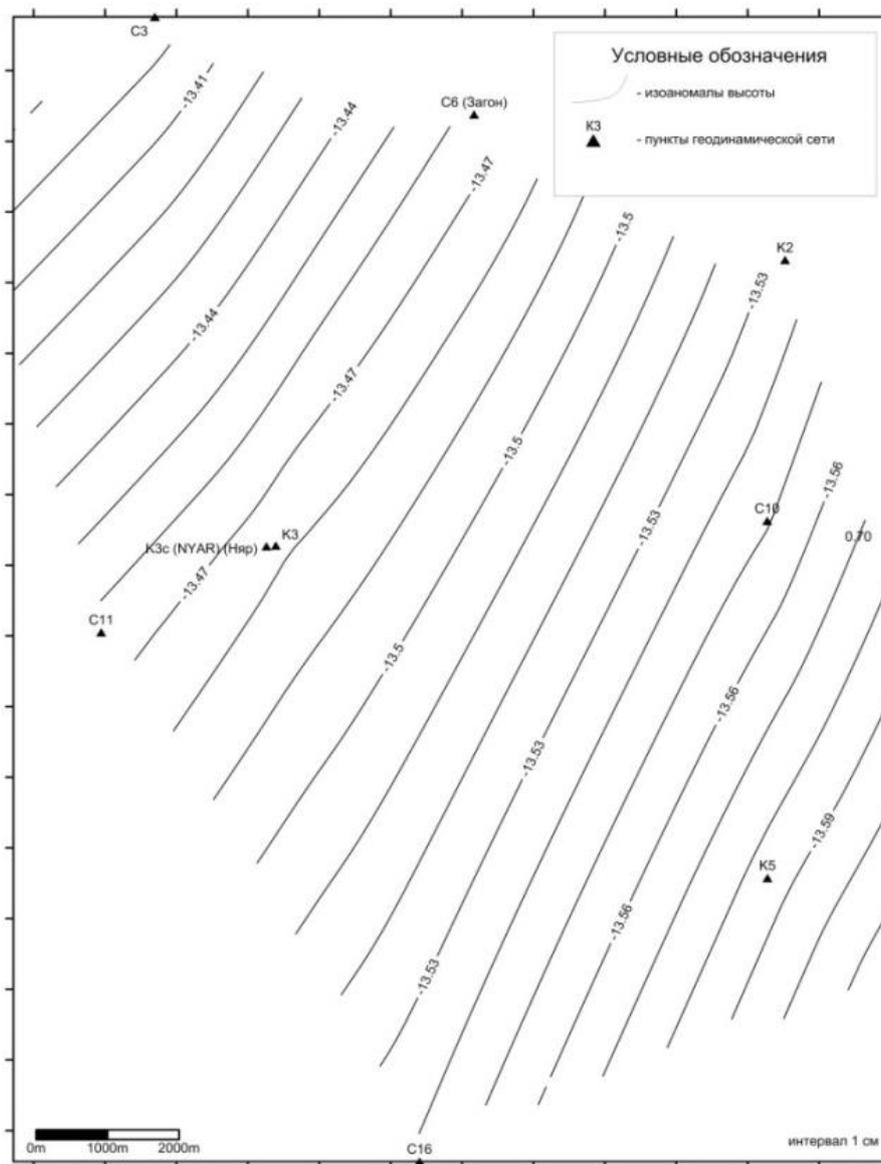


Рис. Схема поля аномалий высот на территорию геодезического полигона Новопортового месторождения

Использование полученных значений аномалий высот позволило исправить значения силы тяжести и построить карты региональных и локальных аномалий силы тяжести в редукции Буге с различным радиусом осреднения с целью выполнения качественной и количественной

интерпретации для выявления участков, наиболее перспективных на обнаружение новых залежей углеводородов, уточнение конфигурации структурного плана, а также участков повышенного геодинамического риска.

В заключение следует отметить, что современные гравиметры обеспечивают возможность существенно снизить стоимость высокоточных измерений (сопоставимую по стоимости нивелирования), исключив последовательное развитие опорной каркасной, опорной заполняющей и рядовой сетей. Это обеспечивается надежной компенсацией температурного воздействия на измерительную систему. Смещение нуля-пункта в них в течение рабочего дня такое незначительное, что может учитываться линейно на основе выполнения рейсов по петлевой замкнутой системе с узловыми пунктами, являющихся последовательно выходными в предыдущей петле и входными - в последующих [8]. Перестройка диапазона измерений в них не требуется. Высокая точность гравиметра обеспечивается практически в пределах  $\pm 0,01 - 0,03$  мГал. Съём отсчетов, их запоминание и хранение в электронном виде осуществляется автоматически с возможностью записи на внешний электронный носитель.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Hackney R. I., Featherstone W. E. Геодезический взгляд на «гравитационную аномалию» по сравнению с геофизическим // *Geophys. J. Int.* (2003) 154, 35–43..
2. Толковый словарь русского языка, С. И. Ожегов, М. Ю. Шведова. – РАН РФ. – М. – 2003. – 940 с.
3. БЭС. – М., С.-П. – 1434 с. – Приложения
4. Молоденский М. С. Основные вопросы геодезической гравиметрии // *Труды ЦНИИГАиК* (вып. 42). – Изд-во геодезической и картографической литературы ГУГК при СНК СССР. – М. – 1945. – 110 с.
5. Результаты применения гравиметрии и высокоточного нивелирования при локализации участков повышенного геодинамического риска на месторождениях углеводородов / А. И. Каленицкий, Э. Л. Ким, М. Д. Козориз, В. А. Середович // *Вестник СГГА*. – 2010. – Вып. 1 (12). – С. 14–20.
6. А. И. Каленицкий, Э. Л. Ким Результаты первого цикла натуральных геодезическо-гравиметрических измерений на Вынгапуровском геодинамическом полигоне // *Геодезия и картография*. – 2011. – № 8. – С. 30–35.
7. Результаты комплексных геодезическо-гравиметрических наблюдений на геодинамическом полигоне Спорышевского месторождения УВ / А. И. Каленицкий, Э. Л. Ким, В. А. Середович, М. Д. Козориз // *ГЕО-Сибирь-2011. Пленарное заседание : сб. матер. VII Междунар. научн. конгресса «ГЕО-Сибирь-2011», 19–29 апреля 2011 г., Новосибирск*. – Новосибирск : СГГА, 2011. – С. 62–71.
8. Каленицкий А. И., Розенфарб И. А. О структуре и оценке точности опорных гравиметрических сетей крупномасштабных съемок // *Сб. Вопросы рудной геофизики Сибири*. – Тр. СНИИГГИМСа. – Вып. 92, 1969 г.

© А. И. Каленицкий, Э. Л. Ким, 2015

## **НАТУРНО-ПОЛЕВЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ ГОРНЫХ ПОРОД И ПОРОДНЫХ КОНТАКТОВ**

### ***Фарит Камалович Низаметдинов***

Карагандинский государственный технический университет, 100027, Республика Казахстан, г. Караганда, Бульвар Мира, 56, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой маркшейдерского дела и геодезии, тел. (7212)56-26-27, e-mail: mdig\_kstu@mail.ru

### ***Ринат Фаритович Низаметдинов***

Карагандинский государственный технический университет, 100027, Республика Казахстан, г. Караганда, Бульвар Мира, 56, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры маркшейдерского дела и геодезии, тел. (7212) 56-26-27, e-mail: niz36@mail.ru

### ***Алексей Александрович Нагибин***

Карагандинский государственный технический университет, 100027, Республика Казахстан, г. Караганда, Бульвар Мира, 56, магистр технических наук, преподаватель кафедры маркшейдерского дела и геодезии, тел. (7212)56-26-27, e-mail: alex\_e1@mail.ru

### ***Айжан Ерболовна Касымжанова***

Карагандинский государственный технический университет, 100027, Республика Казахстан, г. Караганда, Бульвар Мира, 56, магистрант кафедры маркшейдерского дела и геодезии, тел. (7212)56-26-27, e-mail: aizhan\_kasymzhanova@mail.ru

### ***Раушан Нуркатовна Джамантыкова***

Карагандинский государственный технический университет, 100027, Республика Казахстан, г. Караганда, Бульвар Мира, 56, магистр технических наук, старший преподаватель кафедры маркшейдерского дела и геодезии, тел. (7212)56-26-27, e-mail: alex\_e1@mail.ru

В статье предложен и апробирован натурно-полевой метод исследования прочностных свойств горных пород и породных контактов на основе совершенствования полевых устройств для нарезки и сдвига породных призм.

**Ключевые слова:** натурные испытания прочности, породные призмы, породные контакты, усилие сдвига.

## **IN-SITU TECHNIQUES OF ROCK AND ROCK CONTACTS STRENGTH PROPERTIES TESTING**

### ***Farit K. Nizametdinov***

Karaganda state technical university, 100027, Kazakhstan Republic, Karaganda, 56 Mira Bl., Head of «Mine surveying and geodesy» department, doc. of tech. sci., prof., tel. (7212)56-26-27, e-mail: mdig\_kstu@mail.ru

### ***Rinat F. Nizametdinov***

Karaganda state technical university, 100027, Kazakhstan Republic, Karaganda, 56 Mira Bl., Senior teacher of «Mine surveying and geodesy» department, cand. of tech. sci., tel. (7212)56-26-27, e-mail: niz36@mail.ru

**Alexey A. Nagibin**

Karaganda state technical university, 100027, Kazakhstan Republic, Karaganda, 56 Mira Bl., teacher of Mine surveying and geodesy department, M. Sc., tel. (7212)41-11-88, e-mail: alex\_e1@mail.ru

**Ayzhan Ye. Kasymzhanova**

Karaganda state technical university, 100027, Kazakhstan Republic, Karaganda, 56 Mira Bl., postgrad. Stud. of Mine surveying and geodesy dep-t, tel. (7212)56-26-27, e-mail: aizhan\_kasymzhanova@mail.ru

**Raushan N. Dzhamantykova**

Karaganda state technical university, 100027, Kazakhstan Republic, Karaganda, 56 Mira Bl., senior teacher of Mine surveying and geodesy department, tel. (7212)56-26-27, e-mail: d.rau@mail.ru

In article the method of in-situ strength properties testing of rocks and contacts on the basis of perfecting of field devices for cutting and shifting of rock prisms is offered and approved.

**Key words:** is-situ strength testing, rock prisms, rock contacts, shearing strain.

Рациональная разработка месторождений полезных ископаемых открытым способом предполагает полноту извлечения запасов при выполнении минимальных объемов вскрышных работ на основе надежного геомеханического обоснования устойчивости откосов уступов и бортов карьеров. При этом основной исходной информацией являются геологическая изученность месторождения, достоверность определения прочностных свойств горных пород и породных контактов, а также элементов залегания структурных особенностей горного массива и трещиноватости горных пород. Основные прочностные характеристики горных пород, используемые при оценке устойчивости карьерных откосов являются: плотность  $\gamma$ , сопротивление на сжатие  $\sigma_{сж}$  и разрыв  $\sigma_p$ , сцепление  $K$  и угол внутреннего трения  $\rho$ , а также породных контактов: сцепление  $K'$  и угол трения  $\rho'$  [1,2]. Наиболее достоверные значения прочностных характеристик пород находятся в натуральных условиях при проведении испытаний породных призм, нарезанных непосредственно в массиве. На практике используются различные схемы натуральных испытаний породных призм на сдвиг с использованием систем гидродомкратов (гидроподушек) [2]. Процесс нарезки призм осуществляется с помощью штыковых лопат, долотьев, перфораторов, буровых станков и зависит от типа испытываемых пород. Сдвиг подготовленной породной призмы производится оттарированным гидродомкратом. При сдвиге породной призмы по манометру гидродомкрата фиксируют максимальное усилие  $Q_{max}$ , возникающее при срезе, и минимальное  $Q_{min}$ , при её перемещении по поверхности сдвига. Замер линейных и угловых параметров призмы производится рулеткой и горным компасом.

При обработке результатов испытаний породных призм вычисляется площадь поверхности среза  $S$ , фактическое сдвигающее усилие  $Q_{max}$  и  $Q_{min}$

через коэффициент тарировки гидродомкрата и массу срезанной породной призмы  $P$ . Используя полученные данные полевых измерений и вычислений, находят касательные  $\tau$  и нормальные  $\sigma_N$  напряжения и производят построение паспорта прочности пород, откуда графически определяют сцепление  $k$  и угол внутреннего трения  $\rho$  [2].

Схема испытаний породных призм путем плоского среза используется при нарезке призм в карьере на берме с оконтуриванием её с четырёх сторон. При этом происходит плоский срез породной призмы, а возникающие напряжения вычисляются по формулам:

$$\sigma_N = \frac{P}{S}; \quad \tau = \frac{Q_{\max}}{S}, \quad (1)$$

где  $P$  – вес призмы, кг;

$S$  – площадь поверхности сдвига, м<sup>2</sup>;

$Q_{\max}$  – максимальное сдвигающее усилие, Н.

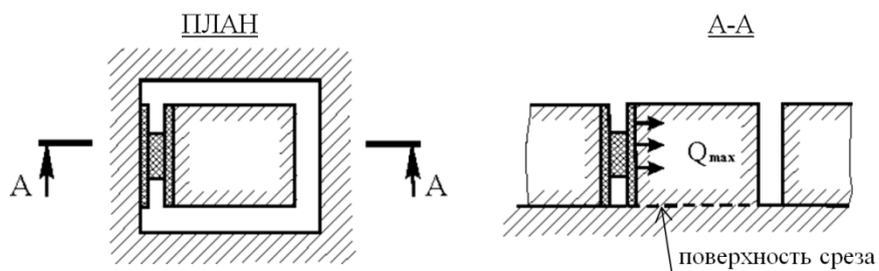


Рис. 1. Схема натуральных испытаний породных призм путем плоского среза

При этом сцепление породы может быть вычислено как

$$K = \frac{(Q_{\max} - Q_{\min})}{S}, \quad (2)$$

а угол внутреннего трения по формуле:

$$\operatorname{tg} \rho = \frac{Q_{\min}}{P}. \quad (3)$$

Для определения прочностных свойств горных пород были проведены натурные испытания породных призм на срез на высокогорном карьере «Бозымчак», расположенном в Киргизии на высоте 2400м. В геологическом отношении он представлен гранодиоритами, мраморизованными известняками,

скарнами и серпентинитами рудной зоны. Месторождение подвержено шестью различного рода разрывными разломами (западный, центральный, продольный, широтный, восточный и штольневый).

Для проведения испытаний была собрана специальная сдвиговая конструкция, включающая 40-тонный гидравлический домкрат, помещенный в металлическую обойму (кожух) с наличием крепёжных болтов и сдвигающих металлических плит (рис. 2, а). При этом для создания сдвигающего усилия в гидродомкрат использовалась электрическая маслостанция (рис. 2, б). Нарезка породных призм в гранодиоритах и мраморизованных известняках осуществлялась буровым станком.

Подготовленная породная призма для сдвига приведена на рис. 2, в.

а)



б)



в)



г)

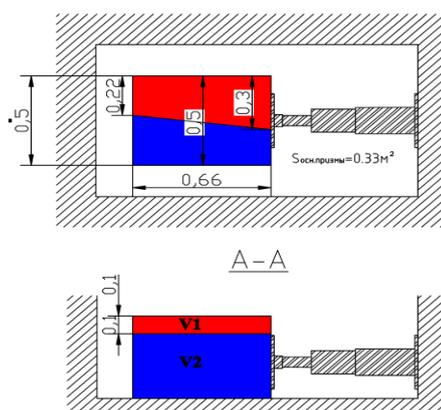


Рис. 2. Натурно-полевой комплекс для испытания пород на сдвиг:

а – сдвигающая установка: гидродомкрат, металлический кожух и упорные металлические пластины; б – электрическая маслостанция; в – породная призма до сдвига; г – схема подготовленной призмы

Параметры, подготовленных и сдвинутых породных призм на карьере «Бозымчак», сведены в табл. 1, где приведены результаты расчетов величин сцепления.

Таблица 1

Результаты сдвига породных призм на карьере

Тип породы	Параметры сдвинутой призмы, м			Площадь среза после сдвига, м <sup>2</sup>	Объем призмы, м <sup>3</sup>	Показание манометра, кгс/см <sup>2</sup>	Угол внутреннего трения, град.	Сцепление, МПа
	высота	ширина	длина		Вес призмы, т	Усилие сдвига, т		
Мраморизованный известняк	0,412	0,50	0,66	0,330	0,136	250	25	1,17
					0,3875	38,709		
Гранодиорит	0,425	0,55	0,900	0,504	0,214	122	25	0,36
					0,6142	18,886		

При проведении натуральных испытаний породных призм в крепких породах (гранодиоритах и мраморизованных известняках) обнаружилась проблема в подготовке породных призм. Следовало бы вначале выполнить оконтуривание самой породной призмы с помощью мелкошпурового перфоратора или осуществлять нарезку её алмазным диском, а затем уже продолжить оконтуривание призмы с внешней стороны буровым станком. Полученные значения сцепления пород (таблица 1) отражают комбинированное состояние породной призмы. Они учитывают наличие в породной призме трещин и массивной части.

Величины сцепления и углов трения по контактам слоев и трещинам некоторых пород, согласно исследований многих авторов обобщены и сведены в таблицу 4. Как видно из анализа таблицы 4 можно сделать вывод, что в дальнейшем при анализе типовых расчетных схем по оценке устойчивости анизотропных откосов можно принимать диапазоны изменения прочностных величин контактов пород: сцепление  $\kappa'$  от 0,01 до 0,10 МПа, а угол трения  $\rho'$  от  $10^0$ - $30^0$ .

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Фисенко Г.Л. Устойчивость бортов карьеров и отвалов. М., 1965. 378 с.
2. Попов И.И., Низаметдинов Ф.К., Окатов Р.П., Долгоносов В.Н. Природные и техногенные основы управления устойчивостью уступов и бортов карьеров. – Алматы: Гылым, 1997. - 216 с.

© Ф. К. Низаметдинов, Р. Ф. Низаметдинов, А. А. Нагибин, А. Е. Касымжанова, Р. Н. Джамантыкова, 2015

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ МАРКШЕЙДЕРСКИХ РАБОТ В ШАХТНОМ СТВОЛЕ**

***Сергей Константинович Люфт***

Карагандинский государственный технический университет, 100027, Республика Казахстан, г. Караганда, Бульвар Мира, 56, магистрант кафедры маркшейдерского дела и геодезии, тел. (7212)56-26-27, e-mail: magneizy@mail.ru

***Ольга Газисовна Бесимбаева***

Карагандинский государственный технический университет, 100027, Республика Казахстан, г. Караганда, Бульвар Мира, 56, кандидат технических наук, доцент кафедры маркшейдерского дела и геодезии, тел. (7212)56-26-27, e-mail: bog250456@mail.ru

***Нурлан Газисович Бесимбаев***

Карагандинский государственный технический университет, 100027, Республика Казахстан, г. Караганда, Бульвар Мира, 56, магистр технических наук, тел. (7212)56-26-27

***Айзада Зарлыковна Капасова***

Карагандинский государственный технический университет, 100027, Республика Казахстан, г. Караганда, Бульвар Мира, 56, кандидат технических наук, доцент кафедры маркшейдерского дела и геодезии, тел. (7212)56-26-27

В статье рассмотрен вопрос использования метода лазерного сканирования для передачи высотной отметки в шахту, проведения ориентирно-соединительной съёмки и создания 3Д модели шахтного ствола.

**Ключевые слова:** лазерное сканирование, цифровая модель, вертикальный ствол, сканы.

## **APPLICATION OF LASER SCANNING METHOD FOR EXECUTION OF MINE SURVEY WORKS IN MINE SHAFT**

***Sergey K. Lyuft***

Karaganda state technical university, 100027, Kazakhstan Republic, Karaganda, 56 Mira Bl., Master student of chair of Mine survey and geodesy, tel. (7212)56-26-27, e-mail: magneizy@mail.ru

***Olga G. Besimbaeva***

Karaganda state technical university, 100027, Kazakhstan Republic, Karaganda, 56 Mira Bl., associate professor of Mine survey and geodesy department, cand. tech. sci., tel. (7212)56-26-27, e-mail: bog250456@mail.ru

***Nurlan G. Besimbaev***

Karaganda state technical university, 100027, Kazakhstan Republic, Karaganda, 56 Mira Bl., Master of technical sciences of chair of Mine survey and geodesy, tel. (7212)56-26-27

***Aizada Z. Kapasova***

Karaganda state technical university, 100027, Kazakhstan Republic, Karaganda, 56 Mira Bl., Master student of chair of Mine survey and geodesy, tel. (7212)56-26-27

Article examines the issue of application of laser scanning method for transmission of elevation point to the mine, execution of reference and communication survey and creation of 3D model of mine shaft.

**Key words:** laser scanning, digital model, vertical shaft, scans.

В Карагандинской области существует большое количество горных предприятий, на каждом из которых функционируют вертикальные стволы. Так как срок службы горных предприятий 50-70 лет, то мониторинг состояния вертикальных шахтных стволов является актуальным вопросом для обеспечения безопасности ведения горных работ.

В настоящее время лазерное сканирование применяется для большого спектра маркшейдерско-геодезических работ, таких как: топографическая съемка, создание 3Д моделей горных выработок, мониторинг деформаций, создание съемочного и опорного обоснования, сканирование недоступных подземных полостей и решения других инженерно-геодезических задач.

На горных предприятиях, для успешного ведения горных работ и их маркшейдерского обеспечения, периодически, согласно требованиям Инструкции [1] необходимо производить специальные виды маркшейдерских работ: передачу высотной отметки, ориентирно-соединительную съёмку и профилирование стволов. С увеличением глубины ведения горных работ, усиливается влияние горного давления на выработки, поэтому более актуальной становится задача повышения точности определения высотных отметок и координат пунктов маркшейдерской опорной сети, используемых для задания направления горным выработкам, и производства наблюдений за состоянием и деформациями горных выработок.

Основной недостаток существующих способов передачи высотной отметки через вертикальные горные выработки заключается в обилии поправок в измерения (за температуру, за компарирование лент, проволок, мерных дисков, за удлинение длины мерного прибора от собственного веса и подвешенного груза [1] и т.п.) и, как следствие, высокая погрешность определения превышения между реперами. При введении поправок исходят из строгого соответствия эталону материалов, из которых изготовлены части мерных приборов, что практически недостижимо. Поэтому факт незначительных отличий превышения при повторной передаче отметки не являются признаком высокой точности определения превышения между реперами на поверхности и в шахте.

К числу других недостатков также можно отнести ограничения по глубине работ (шахтные ленты до 500 метров, длинномер ДА-2 до 1000 м), большие затраты времени, возможность обрыва мерных приборов или их запутывания в имеющемся в стволе оборудовании.

При ориентировании выработок возникают проблемы с опусканием в ствол отвесов и их качанием, что сильно затрудняет измерения. Так же повышенную опасность выполнения работ на шахтном горизонте (при

примыкании к отвесам) представляет собой вероятность падения посторонних предметов в ствол с поверхности или с вышележащих горизонтов, а отдельное выполнение горизонтальной и вертикальной соединительных съемок, увеличивает трудоемкость и продолжительность всего комплекса работ.

Передача отметки и ориентирование с помощью светодальномера, казалось бы, решило проблему, но в большинстве шахтных стволов, особенно большой глубины, наблюдается сильный «капёж», что во многих случаях делает измерения невозможными, да и выполняется эта работа в комплексе с передачей дирекционного угла в шахту и плановых координат, что значительно увеличивает трудозатраты. При производстве профилирования также возникают проблемы с опусканием отвесов в ствол, работа занимает очень много времени и связана с риском для жизни, так как маркшейдер во время измерений часто находится на крыше клетки, что очень опасно.

Профилировочные станции СИ-4, СИ-5 решили проблему профилирования стволов, результатами измерений профилированных станций являются графики отклонения проводников от вертикали, их износ и ширина колеи [1], однако информация о состоянии крепи, расстрелов, различных зазоров не выдается.

Для автоматизации вышеназванных работ в стволе, предлагается методика, позволяющая выполнить профилирование, ориентирование горных выработок и передачу высотной отметки на горизонты с помощью наземной лазерной сканирующей системы [2].

Сущность наземного лазерного сканирования заключается в измерении с высокой скоростью расстояний от сканера до точек объекта и регистрации соответствующих направлений (вертикальных и горизонтальных углов), следовательно, измеряемые величины при наземном лазерном сканировании являются аналогичными, как и при работе с электронными тахеометрами. Однако принцип тотальной съёмки объекта, а не его отдельных точек, характеризуют лазерные сканеры, как съёмочную систему, результатом работы которой является трехмерное изображение, так называемый скан, который имеет свою внутреннюю систему координат [2].

Основными элементами лазерного сканера являются - лазерный дальномер и механическая система развертки направления визирования. Важной частью методики съемки является решение задачи внешнего ориентирования результатов измерений.

Для ориентирования позиции сканера в пространстве, сшивки сканов (облаков точек) используются отражатели (марки). Точность сшивки сканов напрямую зависит от точности измерений на эти марки, типа марок и геометрии фигуры [3].

Установка сканирующей системы и оборудования в клетки один из важнейших этапов сканирования ствола. Для получения высокоточных измерений и для сохранности сканера, все узлы сканирующей системы необходимо надёжно закрепить, чтобы при этом обеспечивалась возможность выполнения измерений. Сканер устанавливается через технологическое

отверстие в днище клетки, а при его отсутствии, можно изготовить и приварить кронштейн к днищу клетки (рис. 1).

При закреплении сканера необходимо соблюдать несколько важных условий:

1. Сканер должен быть надёжно закреплён под клетью, исключая падения прибора с учётом возможных перегрузок и резких остановок клетки.

2. Необходимо обеспечить сканирующую систему питанием, чтобы заряда аккумулятора с запасом хватило на производство всех измерений.

3. Необходимо обеспечить надёжную связь оператора находящегося в клетке с прибором, для управления сканированием. Если при этом используется связь по кабелям, то все провода надёжно закрепляются к самой клетке и не должна выходить за её габариты.

4. Расположение сканера должно быть таким образом, чтобы обеспечивалось сканирование в сторону расщепки горизонтов и вниз от клетки.

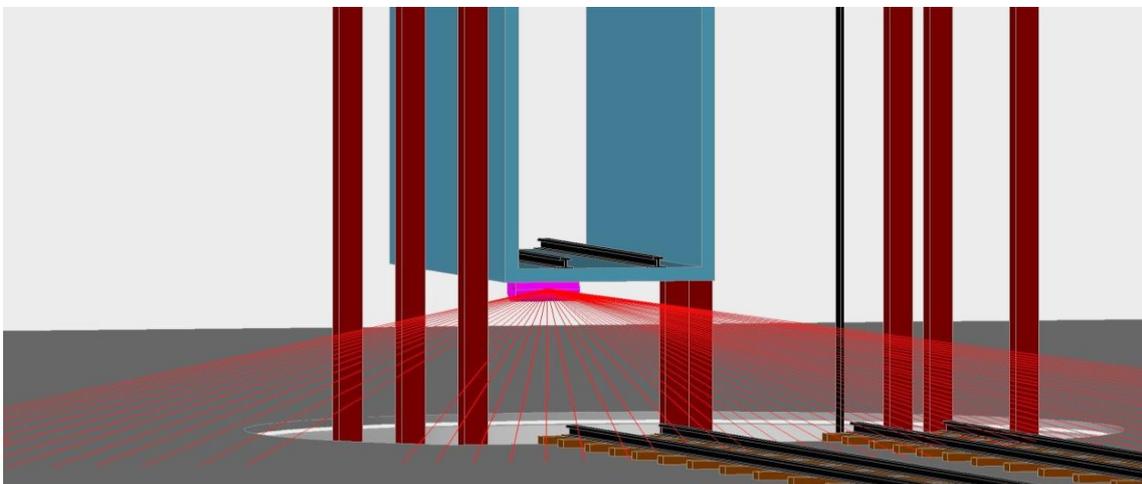


Рис. 1. Модель закрепления сканера под днищем клетки

Лазерная съемка в стволе производится в следующем порядке:

1. Выполняется проложение полигонометрического хода от подходных пунктов к устью ствола с использованием электронного тахеометра.

2. Производят установку отражателей (марок) в устье ствола и по вертикальной оси ствола на несущих расстрелах для сшивки скановых изображений.

3. Производят закрепление сканера под днищем клетки.

4. Выполняют определение координат марок на поверхности полярным способом с использованием электронного тахеометра.

5. Производят сканирование вертикального шахтного ствола согласно схемы представленной на рис. 2.

Сканер закрепляется через технологическое отверстие под днищем клетки, ось вращения сканирующей части должна располагаться перпендикулярно подземным горным выработкам.

Расстояние между скан позициями в стволе колеблется от 40 до 70 метров, оно будет зависеть: от условий окружающей среды в стволе, типа ствола и типа применяемых отражателей.

Для привязки скан позиций предпочтительней использовать плоские отражающие марки на магнитах, т.к. они без труда закрепляются на расстрелах. Для одной скан позиции рекомендуется закреплять не менее пяти марок, на максимальных расстояниях друг от друга и на разной высотах, что позволит минимизировать ошибку привязки сканера к местной системе координат [2]. В горизонтальных выработках следует подвешивать под маркшейдерскими точками сферические марки.

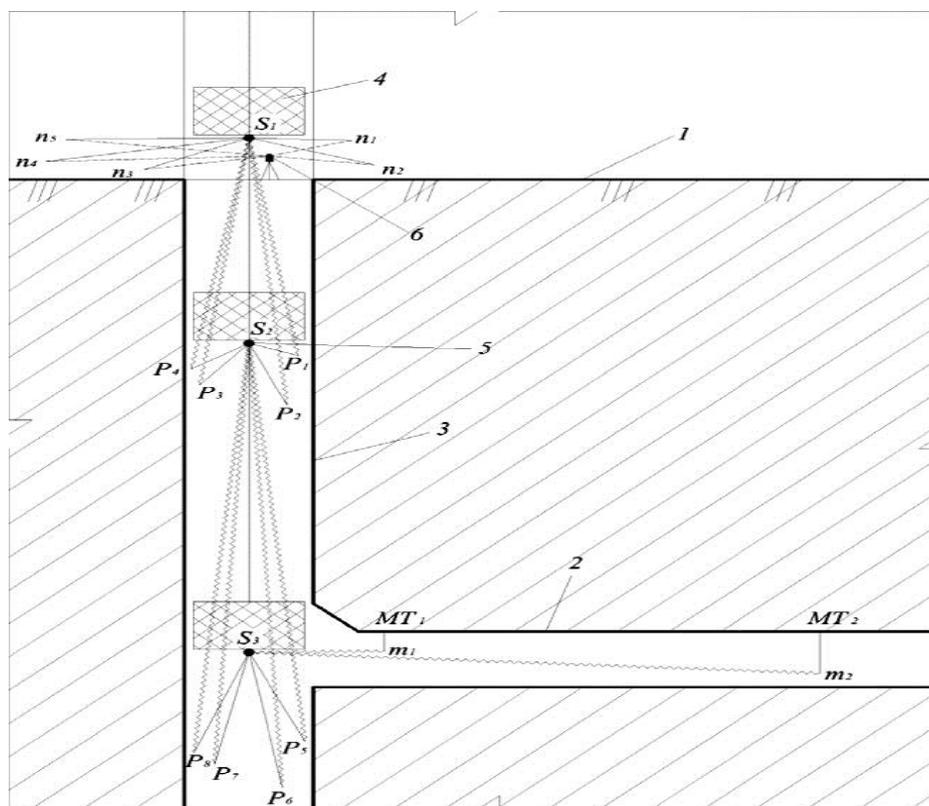


Рис. 2. Схема сканирования вертикального шахтного ствола

$n_1, \dots, n_5$  - марки находящиеся в надшахтном здании (на дневной поверхности);  $p_1, \dots, p_8$  - марки находящиеся в стволе закреплённые на расстрелах;  $S_1, S_2, S_3$  - номера сканпозиций;  $MT_1, MT_2$  - пункты маркшейдерской опорной сети;  $m_1, m_2$  - марки сцентрированные или подвешенные под маркшейдерскими точками.

Разработанная технология позволит минимизировать время производства маркшейдерских работ в стволе, одновременно произвести ориентиро-

соединительную и вертикальную съемку; профилирование стволов с получением данных о состоянии проводников и расстрелов; создание 3D модели вертикального ствола и сопряжений с выработками околоствольного двора. Количество и точность данных получаемых при производстве сканирования несоизмеримо с другими методами измерений.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Инструкция по производству маркшейдерских работ. – М.: Недра, 1987. - С.240.
2. Гриднев С. О. Методика выполнения маркшейдерских работ в шахтных стволах на основе лазерного сканирования: - автореферат канд. техн. наук. – Иркутск, 2010. - 40 с.
3. Хмырова Е.Н., Бесимбаева О.Г., Кусаинова Г.Д., Кошеров О.К. Создание трехмерной модели уникального здания «Хан- Шатыр» с использованием лазерного сканера // Вестник Евразийского национального Университета им. Л.Н. Гумилева. - Астана, 2013. - №6. - С. 188-193.

© Л. С. Люфт, О. Г. Бесимбаева, Н. Г. Бесимбаев, А. З. Канасова, 2015

## **МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ БОРТОВ ГЛУБОКИХ КАРЬЕРОВ АО «ССГПО»**

### ***Светлана Борисовна Ожигина***

Карагандинский государственный технический университет, 100027, Республика Казахстан, г. Караганда, Бульвар Мира, 56, кандидат технических наук, доцент кафедры маркшейдерского дела и геодезии, тел. (7212)56-26-27, e-mail: osb66@mail.ru

### ***Равиль Айтанович Урдубаев***

Акционерное общество «Соколовско-Сарбайское горно-обогатительное производственное объединение» (АО «ССГПО»), 111500, Республика Казахстан, Костанайская область, г. Рудный, ул. Ленина, 26, кандидат технических наук, вице-президент по производству, тел. (71431)2-01-62, e-mail: main@ssgpo.enrc.com

### ***Дмитрий Сергеевич Ожигин***

Карагандинский государственный технический университет, 100027, Республика Казахстан, г. Караганда, Бульвар Мира, 56, магистр, докторант кафедры разработки месторождений полезных ископаемых, тел. (7212)56-26-27, e-mail: ozhigin.dima@mail.ru

### ***Сергей Георгиевич Ожигин***

Карагандинский государственный технический университет, 100027, Республика Казахстан, г. Караганда, Бульвар Мира, 56, доктор технических наук, декан горного факультета, профессор кафедры маркшейдерского дела и геодезии, тел. (7212)56-26-27, e-mail: osg62@mail.ru

На примере Соколовского и Сарбайского карьеров АО «ССГПО» в статье представлена система мониторинга состояния прибортовых массивов глубоких карьеров, включающая: комплексные геомеханические исследования на основе инструментальных наблюдений, спектрального сейсморазведочного профилирования, георадарного зондирования и лазерного сканирования наиболее опасных участков борта карьера.

**Ключевые слова:** мониторинг, инструментальный контроль, спектральное сейсморазведочное профилирование, георадарное зондирование, лазерное сканирование.

## **MONITORING STABILITY BOARDS OF DEEP OPEN PIT JSC «SSGPO»**

### ***Svetlana B. Ozhigina***

The Karaganda state technical university, 100027, Kazakhstan, Karaganda, 56 Mira Bl., cand. of tech.sci., associate professor of Mine survey and geodesy department, tel. (7212)56-26-27, e-mail: osb66@mail.ru

### ***Ravil A. Urdubayev***

«Sokolovsko-Sarbaysky mining and processing production association» joint-stock company, 111500, Kazakhstan, Rudniy, 26 Lenin St., cand. of tech. sci., vice-president for production, tel. (71431)2-01-62, e-mail: main@ssgpo.enrc.com

### ***Dmitriy S. Ozhigin***

The Karaganda state technical university, 100027, Kazakhstan, Karaganda, 56 Mira Bl., master, Ph.D. candidate of Development of mineral deposits department, tel. (7212)56-26-27, e-mail: ozhigin.dima@mail.ru

*Sergey G. Ozhigin*

The Karaganda state technical university, 100027, Kazakhstan, Karaganda, 56 Mira Bl., doct. of tech. sci., dean of Mining faculty, professor of Mine survey and geodesy department, tel. (7212)56-26-27, e-mail: osg62@mail.ru

In article is presented for example of Sokolovsky and Sarbaysky of pits of JSC SSGPO the system of monitoring massifs of deep pits including: complex geomechanical researches on the basis of tool supervision, spectral seismoprospecting profiling, georadar sounding and laser scanning of the most dangerous sites of a board of a pit.

**Key words:** monitoring, tool supervision, spectral seismoprospecting profiling, georadar sounding, laser scanning.

В настоящее время отдельные открытые разработки месторождений полезных ископаемых Казахстана достигли глубины 400 - 500м, к ним относятся: меднорудные карьеры Николаевский и Коунрадский; железорудные – Соколовский, Сарбайский, Качарский и другие. Разработкой глубоких карьеров занимаются такие крупные горнодобывающие предприятия как АО «ССГПО» и ТОО «Корпорация Казахмыс». Проблема обеспечения и контроля устойчивости откосов уступов и бортов глубоких карьеров в современных условиях горнодобывающего производства является актуальной. Решение, которой обеспечивается комплексными исследованиями состояния прибортовых массивов горных пород [1].

Современные способы наблюдений за геомеханическим состоянием бортов карьеров весьма разнообразны. В последние годы актуальными являются методы дистанционного зондирования Земли с применением спутниковой радарной интерферометрии [2]. В настоящее время наиболее перспективными являются способы с использованием современного электронного оборудования, основанные на определении отклонения координат рабочих реперов наблюдательных станций от их начального положения.

Инструментальный маркшейдерско-геодезический контроль состояния устойчивости карьерных откосов выполняется путем создания сети наблюдательных станций в виде профильных линий реперов, закладываемых на прибортовой полосе, на бермах уступов или на отвалах, перпендикулярно верхней бровке карьера (откосу яруса отвала) на наиболее неблагоприятных по устойчивости участках, и производства высокоточных инструментальных наблюдений по ним.

На основе геомеханического исследования прибортовых и отвальных массивов Соколовского и Сарбайского карьеров сотрудниками научно-исследова-тельской лаборатории «Маркшейдерия, геомеханика и геометризация недр» КарГТУ создана система мониторинга прибортовых массивов глубоких карьеров, состоящая из 17 наблюдательных станций (25 профильных линий), включающих 972 репера, из них 30 опорных (рис. 1) [3].

Инструментальные маркшейдерско-геодезические наблюдения за состоянием устойчивости карьерных откосов выполняются с использованием

роботизированного электронного тахеометра TCA1201 (рис. 2), GPS-систем 1200, 3D-лазерного сканирования.



Рис. 1. Район наблюдательной станции I Соколовского карьера

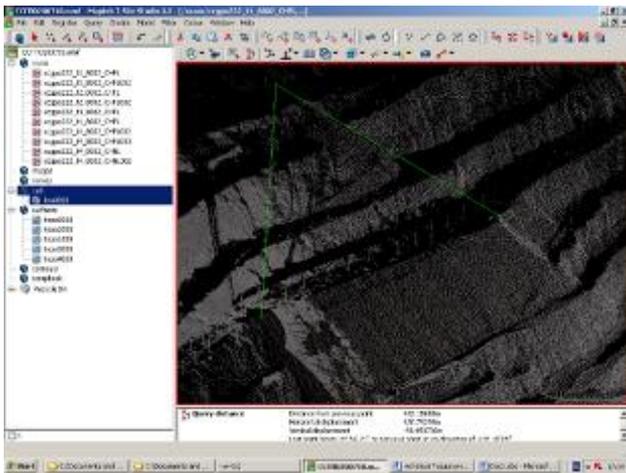


Рис. 2. Наблюдения с использованием роботизированного электронного тахеометра TCA1201

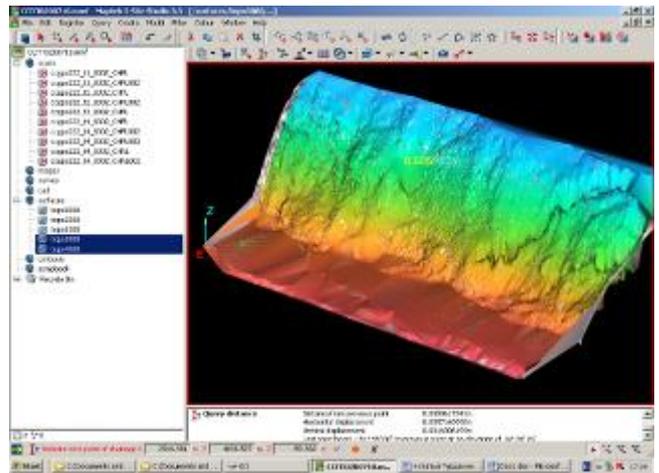
Результаты инструментальных наблюдений в комплексе с инженерно-геологическими и гидрогеологическими исследованиями в процессе эксплуатации месторождения дают возможность установить характер деформаций горных пород откосов уступов и бортов карьера и спрогнозировать развитие их во времени и пространстве, что в свою очередь позволяет наметить мероприятия по устранению причин их развития.

Мониторинг прибортовых массивов карьеров с использованием современного маркшейдерско-геодезического оборудования подразумевает не только наблюдения за рабочими и опорными реперами, но и изучение структурно-тектонических особенностей горного массива с применением методов 3D-лазерного сканирования (рис. 3), спектрального сейсморазведочного профилирования, георадарного зондирования и создание геомеханических моделей прибортовых массивов карьеров.

Для детального картирования горного массива выше открытых трещин на западном борту Соколовского карьера (рис. 4) выполнено спектральное сейсморазведочное профилирование гор. -50м ÷ гор.+10м наблюдательной станции I. Измерения производились по трем профилям на двух горизонтах карьера: гор. -50м ÷ гор. -17м; гор. -9м ÷ гор.+10м. Длина профилей составляла – 450м, шаг измерений по профилям – 2м. Обработка данных выполнена на глубину - 100м [4].



а) модель зоны деформирования



б) наложение сканов

Рис. 3. Определение деформаций с использованием 3D-сканирования

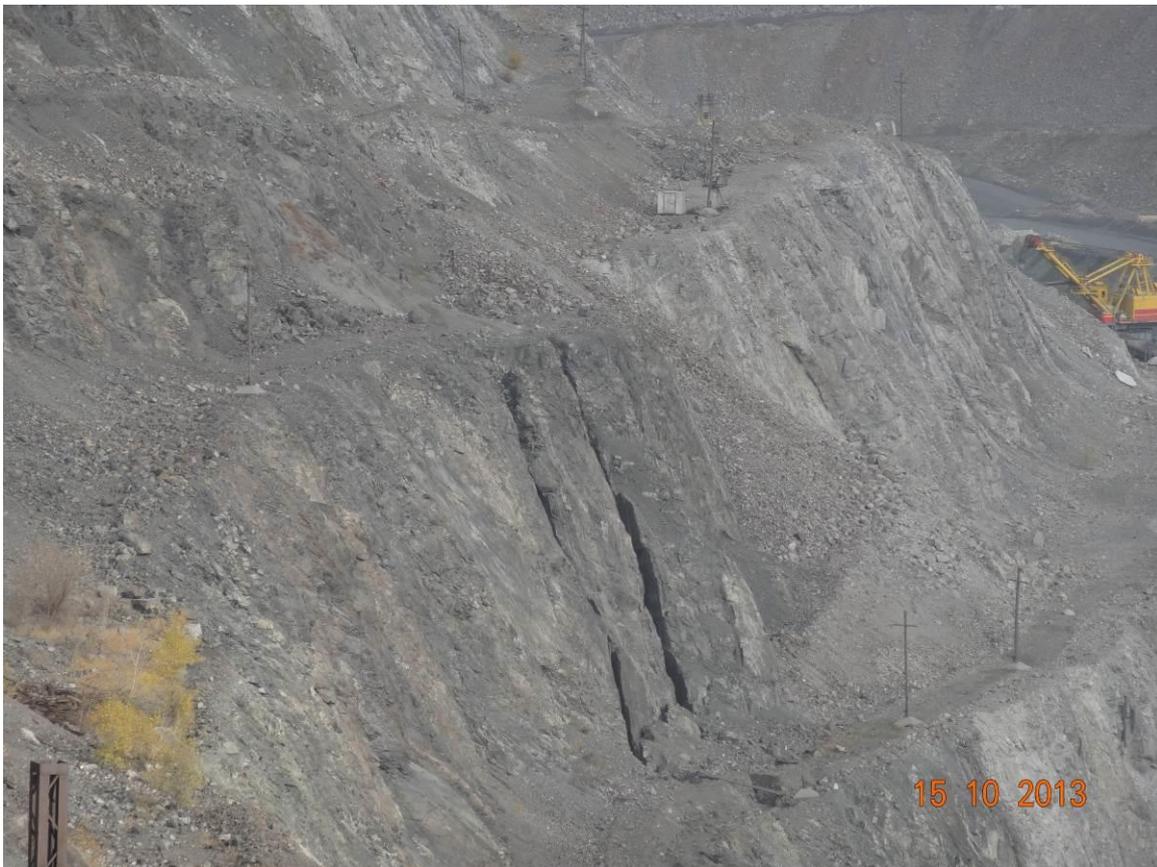


Рис. 4. Район трещины (гор. -40/-125м) на западном борту Соколовского карьера (наблюдательная станция I)

На основе анализа полученных результатов спектрального сейсморазведочного профилирования (ССП) участка борта разреза установлены локальные зоны тектонических (или техногенных) нарушений, по которым возможна деформация или сдвиг массива при определенных условиях. Результаты работ доказали правильность принятых ранее проектных решений по закладке в данном районе наблюдательной станции I за состоянием устойчивости прибортовых массивов карьера.

С целью изучения инженерно-геологической структуры и состояния рабочей зоны прибортового массива Сарбайского карьера для прогнозирования опасных геомеханических явлений выполнено георадарное зондирование горного массива с помощью низкочастотного георадара «Лоза-Н» (25 мГц) производства ВНИИСМИ. Для решения поставленных задач пройдено 9 георадарных профилей общей длиной 8,18 км (рис. 5) [4].

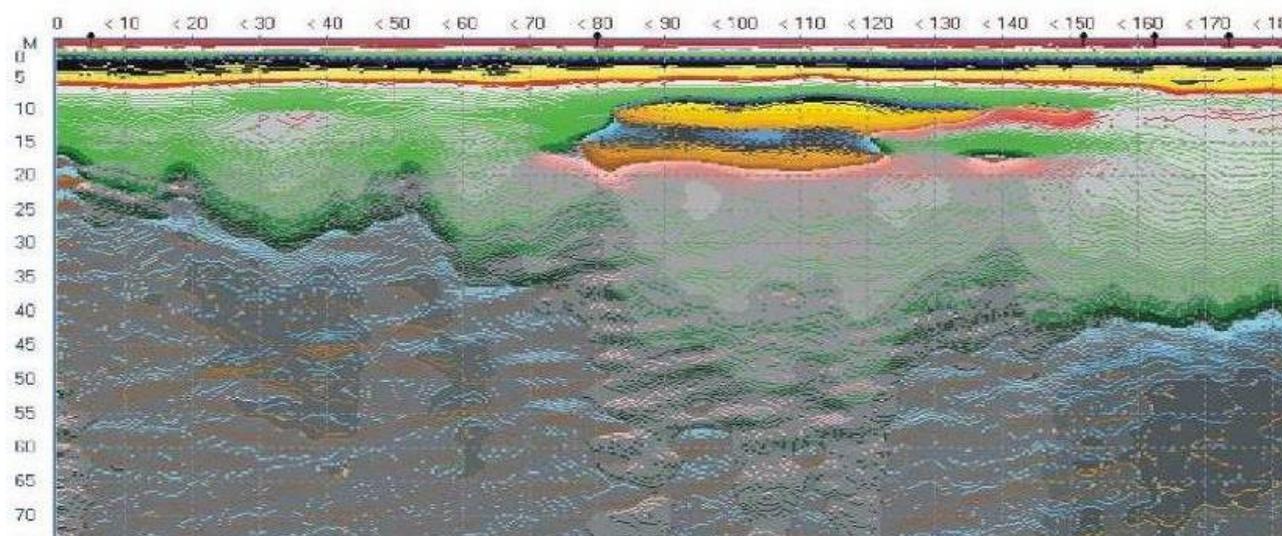


Рис. 5. Георадарный профиль

В результате исследований выявлены участки возможных деформаций в рабочей зоне прибортового массива Сарбайского карьера и определены причины их возникновения.

Вывод. Предложен комплексный метод геомеханического исследования состояния устойчивости прибортовых массивов глубоких карьеров на основе инструментальных наблюдений, спектрального сейсморазведочного и георадарного профилирования, лазерного сканирования наиболее опасных участков борта карьера, позволяющий наиболее достоверно обосновать места заложения наблюдательных станций по фактору тектонической (техногенной) нарушенности массива, учесть характер деформирования горных пород и спрогнозировать их развитие во времени и пространстве.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Низаметдинов Ф.К., Урдубаев Р.А., Ожигина С.Б., Турсбеков С.В. Геомеханический мониторинг прибортовых массивов глубоких карьеров // 11 Междун. науч.-техн. конф. «Новое в безопасности жизнедеятельности (Защита человека в ЧС, охрана труда, экология, логистика, экономика, материаловедение демпфирующих сплавов)»: сб. науч. трудов (Алматы, 23-24 декабря 2009 г.). – Алматы: КазНТУ, 2009. – С.132 –139.

2. Мозер Д.В., Сатбергенова А.К., Туякбай А.С., Нагибин А.А. Применение спутниковой радарной интерферометрии в Казахстане// XV International ISM Congress 2013 (International Society for Mine Surveying, Aachen, Septembr 16-20, 2013). - Eurogress Aachen, 2013. – С. 213 - 221.

3. Ожигин С.Г., Низаметдинов Ф.К., Урдубаев Р.А., Ожигина С.Б. Создание системы наблюдательных станций за состоянием устойчивости прибортовых и отвальных массивов карьера Соколовский // Междун. науч. конф. «Наука и образование - ведущий фактор стратегии «Казахстан-2030» (Сагиновские чтения № 2)»: сб. науч. трудов в 5 ч. (Караганда, 24-25 декабря 2010 г.).- Караганда: КарГТУ, 2010, ч. V. - С. 279- 281.

4. Урдубаев Р.А. Разработка маркшейдерского мониторинга бортов глубоких карьеров АО «ССГПО»: брошюра. – Караганда: Санат-Полиграфия, 2010. - 42с.

© С. Б. Ожигина, Р. А. Урдубаев, Д. С. Ожигин, С. Г. Ожигин, 2015

## **ВЫДЕЛЕНИЕ ГЕОДИНАМИЧЕСКИ-АКТИВНЫХ ЗОН ПУТЕМ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДНЕВНОЙ ПОВЕРХНОСТИ И ОЦЕНКА ИХ ФЛЮИДОПРОВОДИМОСТИ ПО ГЕОХИМИЧЕСКИМ ДАННЫМ**

### ***Рустам Ильясович Тимшанов***

Западно-Сибирский филиал Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 625026, Россия, г. Тюмень, ул. Таймырская, 74, инженер, тел. (3452)68-87-92, e-mail: TimshanovRI@ipgg.sbras.ru

### ***Сергей Александрович Шешуков***

Западно-Сибирский филиал Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 625026, Россия, г. Тюмень, ул. Таймырская, 74, инженер, тел. (3452)68-87-92, e-mail: serg\_sh@niigig.ikz.ru

### ***Олег Серафимович Мартынов***

Западно-Сибирский филиал Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 625026, Россия, г. Тюмень, ул. Таймырская, 74, ведущий инженер, тел. (3452)68-87-92, e-mail: serg\_sh@niigig.ikz.ru

На примере площадей в Западной и Восточной Сибири демонстрируется комплексный подход в применении методов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и наземных геохимических съемок. Показана связь региональных геодинамически-активных зон (ГДНЗ), выделенных по материалам ДЗЗ с распределениями концентраций углеводородов и неуглеводородных газов, сорбированных приповерхностными отложениями. Выделены флюидопроводящие участки ГДНЗ.

**Ключевые слова:** дистанционные исследования Земли, морфометрический и линеаментный анализ, геохимическая съемка, углеводородные показатели, гелиевая съемка, прогноз нефтегазоносности.

## **IDENTIFICATION OF GEODYNAMIC ACTIVE ZONES BY GEOMORPHOLOGICAL ANALYSIS OF THE EARTH'S SURFACE AND EVALUATION OF THEIR CONDUCTIVITY BASED ON GEOCHEMICAL DATA**

### ***Rustam I. Timshanov***

West-Siberian affiliate of the Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 625026, Russia, Tyumen, 74 Taimyrskaya St., engineer, tel. (3452)68-87-92, e-mail: TimshanovRI@ipgg.sbras.ru

### ***Sergey A. Sheshukov***

West-Siberian affiliate of the Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 625026, Russia, Tyumen, 74 Taimyrskaya St., engineer, tel. (3452)68-87-92, e-mail: serg\_sh@niigig.ikz.ru

### ***Oleg S. Martynov***

West-Siberian affiliate of the Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 625026, Russia, Tyumen, 74 Taimyrskaya St., chief engineer, tel. (3452)68-87-92, e-mail: serg\_sh@niigig.ikz.ru

On the example of areas in West and East Siberia demonstrates an integrated approach in the application of remote sensing (RS) and surface geochemical surveys. The connection between regional geodynamic active zones (GDAZ) allocated by remote sensing and the concentration distribution of hydrocarbons and non-hydrocarbon gases adsorbed in surface sediments. Fluid-conductive sites of GDAZ are allocated.

**Key words:** remote sensing, morphometric and lineament analysis, geochemical survey, hydrocarbon indicators, helium survey, forecast of oil and gas prospects.

Выделение разломов в ходе обработки сейсмических материалов дает не всегда однозначные результаты, особенно в регионах со сложным геологическим строением, таких как Сибирская платформа. Более того, сейсморазведка не решает вопросов по флюидопроводимости выявленных разломных зон. Применение различных методик дешифрирования материалов дистанционного зондирования земли (ДЗЗ) позволяет выделить геодинамически-активные зоны (ГДНЗ) на земной поверхности, которые в большинстве случаев являются проекцией глубинных разломов на дневную поверхность. На основе материалов геохимических съемок выявляются зоны активной субвертикальной миграции глубинных флюидов и, таким образом, оценивается флюидопроводимость выделенных ГДНЗ. Выделяются активные (флюидопроводящие) открытые разломы и закрытые – тектонические экраны.

География выполненных исследований довольно обширна и включает территории южного обрамления Западной Сибири и Сибирской платформы.

При подготовке к проведению геохимических работ, на основе материалов ДЗЗ проводится морфометрический и линеаментный анализы. В качестве основы используются фрагменты глобальной мозаики космических снимков, снятые сканером ETM+ спутника LandSat 7 с пространственным разрешением до 30 м и цифровая модель рельефа соответствующего масштаба. В ходе дешифрирования материалов ДЗЗ выделяется региональная (планетарная) система трещиноватости, фиксируемая в геоморфологии современных ландшафтов линеаментами северо-западного и северо-восточного простираения. Эта система линеаментов развита повсеместно по всей поверхности Земли и обусловлена тектоническими напряжениями, возникающими в процессе вращения планеты вокруг своей оси. При генерализации систем линеаментов картируются геодинамически-напряжённые (активные) зоны - ГДНЗ. В дальнейшем, при сопоставлении материалов геофизических исследований с зонами ГДНЗ, последним придается ранг разломов, формирующих блоковое строение территории. Данные построения носят условно качественный характер. Количественную оценку флюидопроводимости ГДНЗ даёт поверхностная геохимическая съемка.

Геохимическая съемка, как правило, включает в себя анализ содержания углеводородов (УВ) C<sub>1</sub>-C<sub>8</sub> разных гомологических рядов в приповерхностных глинистых отложениях, а также неуглеводородных (N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, He) газов.

Анализ УВ осуществляется методом равновесной паровой фазы на хроматографе Кристалл-5000 (пламенно-ионизационный детектор), неуглеводородных газов на хроматографе Газохром-2000 (детектор по теплопроводности). Кроме этого, проводится измерение физико-химических свойств водных вытяжек отобранных грунтов (минерализация, рН, Eh).

По результатам аналитических работ производится построение карт полей концентраций углеводородов и неуглеводородных газов, а также распределений параметров, вычисленных на их основе – показателя эпигенетичности (отношение суммы предельных и непредельных газовых УВ), отношения  $B/T^*$  [1]. Интерпретация геохимических распределений проводится на основе системы ГДНЗ.

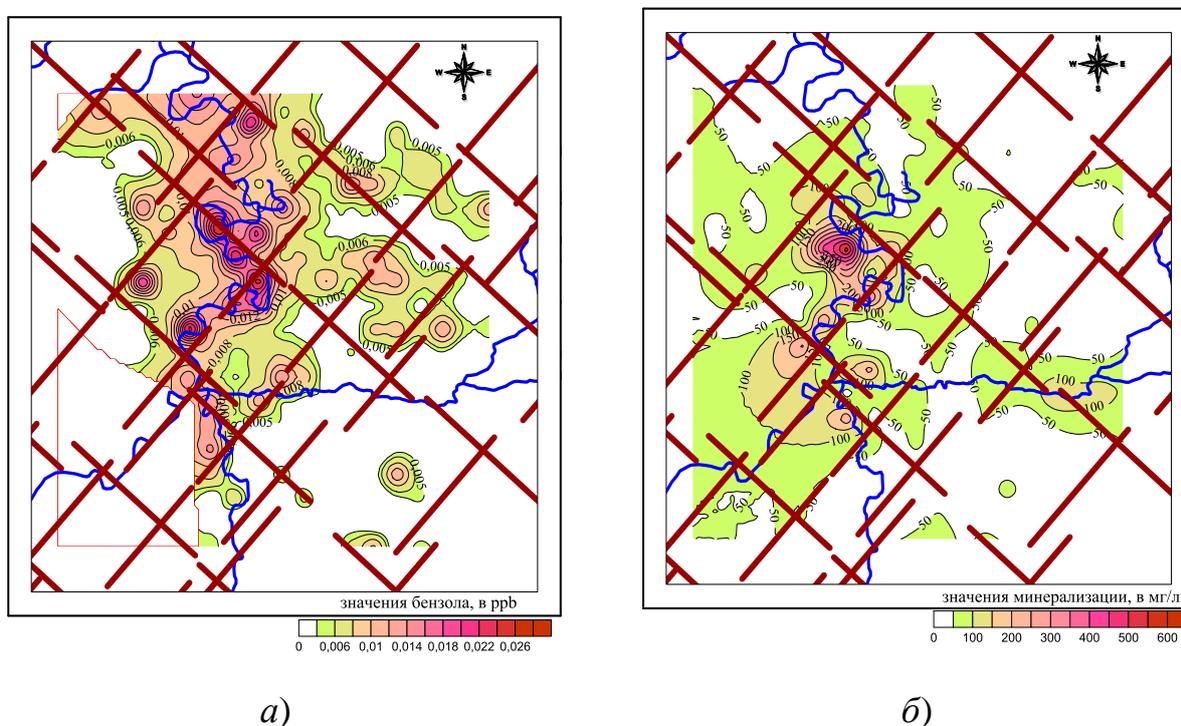
В данной работе рассмотрены в качестве примеров результаты дистанционных и наземных геохимических исследований, выполненных в Восточной Сибири и южных районах Западной Сибири. Особенность южного обрамления Западной Сибири заключается в снижении толщины осадочных отложений за счёт выпадения нижних стратиграфических ярусов разреза. Близость кристаллического фундамента оказывает значительное влияние на развитие структур и связанных с ними залежей углеводородов в осадочном комплексе. Разломы фундамента и осадочного чехла, в зависимости от геодинамической обстановки, могут являться как тектоническими экранами, так и каналами миграции углеводородных флюидов.

Так, например, при проведении геохимических исследований в южных районах Тюменской области по результатам дистанционных исследований была построена система региональных ГДНЗ. Зона повышенной минерализации водных вытяжек грунтов (рис. 1, а) приурочена к «ломаному» участку реки. Фоновое значение минерализации составляет 20 мг/л, увеличение минерализации фиксируется вплоть до 600 мг/л. Здесь же по данным дистанционных исследований отмечается наибольшая плотность линеаментов, уменьшение площади геоблоков, наблюдается смещение ГДНЗ, что свидетельствует о геодинамической активности этого участка. Повышение минерализации сопровождается увеличением концентраций бензола (рис. 1, б) и показателя  $B/T^*$ , что интерпретируется как проявление зоны разгрузки подземных вод.

В 2012 аналогичный комплекс дистанционных исследований и наземной геохимической съемки был выполнен в северной части Непско-Ботуобинской НГО Сибирской платформы. Месторождения нефти и газа Непско-Ботуобинской НГО в большинстве случаев имеют сложное блоковое строение. В связи, с чем актуальной задачей является картирование зон активных открытых и закрытых разломов на основе оценки их флюидопроводимости, что не всегда однозначно решается геофизическими исследованиями.

В результате дешифрирования материалов ДЗЗ, была построена система региональных ГДНЗ и выделено крупное кольцевое образование [2]. На рис. 2 показаны графики распределений геохимических показателей вдоль

профилей в широтном и субмеридиональном направлении. Можно отметить, что ГДНЗ и узлы их пересечения характеризуются увеличением содержания гелия, предельных УВ, суммарного содержания бензола и толуола, снижением их отношения Б/Т\* и увеличением показателя эпигенетичности. Такой набор независимых геохимических показателей убедительно доказывает наличие каналов миграции глубинных газов и флюидов, приуроченных к выявленным ГДНЗ. Наибольшие эффекты отмечаются в центральной части кольцевого образования, где помимо всего отмечается повышение минерализации водных вытяжек грунтов. По комплексу гидрохимических показателей (минерализация, содержание хлорид-ионов и т.п.) была выделена зона разгрузки подземных вод, которая проявляется в увеличении содержания предельных УВ, а в распределении ароматических УВ характерным увеличением доли бензола по сравнению с толуолом (увеличение Б/Т\*).



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:  
 / - региональные геодинамически-напряжённые зоны (ГДНЗ);  
 ~ - гидросеть.

Рис. 1. Карты распределения:

а) бензола; б) минерализации, совмещённые с системой ГДНЗ

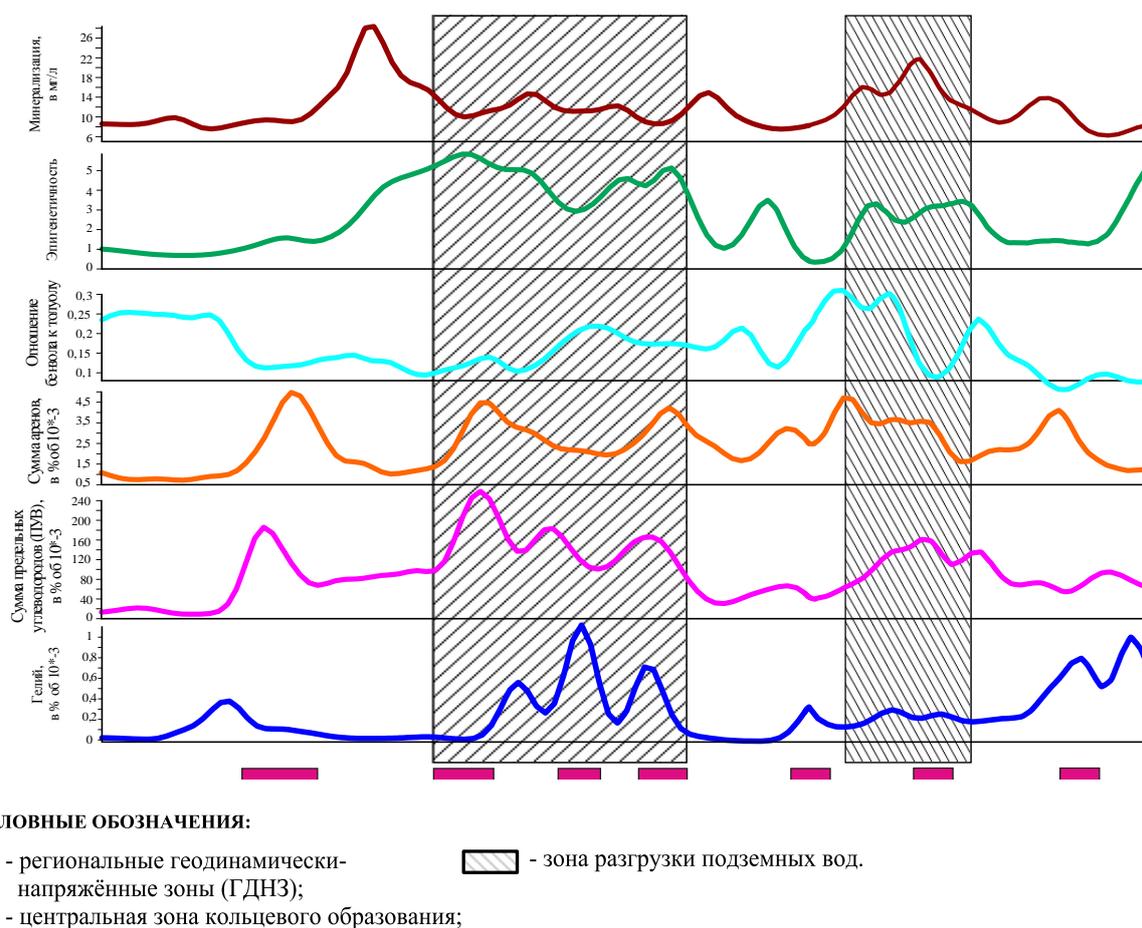


Рис. 2. Распределение геохимических параметров вдоль профиля

На приведенных примерах показан эффективный способ картирования геодинамически-активных зон на основе дешифрирования материалов ДЗЗ. Флюидопроводимость этих зон достоверно оценивается по результатам заверочных геохимических исследований. Выделенные каналы субвертикальной миграции глубинных флюидов, в том числе и углеводородных, используются при оценке нефтегазоносности территории и локализации предполагаемых залежей УВ. Информация о составе мигрирующих компонент позволяет проводить оценку дальности, условий миграции, состояния и состава залежи углеводородов.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тимшанов Р. И. Особенности миграции ароматических углеводородов из залежи к дневной поверхности и уточнение геохимических критериев нефтеносности // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014. X Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Недропользование. Горное дело. Направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Геоэкология» : сб. материалов в 4 т. (Новосибирск, 8–18 апреля 2014 г.). – Новосибирск: СГГА, 2014. Т. 1. – С. 166–170.

2. Кольцевые структуры и оценка их нефтегазоперспективности на севере Иркутской области / С. А. Шешуков, Р. И. Тимшанов, А.Ю. Белоносов и др. // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-

2014. X Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Недропользование. Горное дело. Направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Геоэкология» : сб. материалов в 4 т. (Новосибирск, 8–18 апреля 2014 г.). – Новосибирск: СГГА, 2014. Т. 3. – С. 165–170.

© *Р. И. Тимшанов, С. А. Шишуков, О. С. Мартынов, 2015*

## **ПОСТРОЕНИЕ ПРОГНОЗНОЙ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЕФОРМАЦИЙ МОСТА В СТВОРЕ УЛИЦ КРЫЛОВА – АСТАНЫ В ГОРОДЕ УСТЬ-КАМЕНОГОРСК**

***Кайсар Билялович Хасенов***

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева, 070004, Республика Казахстан, г. Усть-Каменогорск, ул. Протозанова 69, кандидат технических наук, тел. (7232)54-07-76

***Альмира Жанабаевна Алпаева***

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева, 070004, Республика Казахстан, г. Усть-Каменогорск, ул. Протозанова 69, магистрант, тел. (7232)54-07-76, email: alpaeva.almira@mail.ru

***Тамара Александровна Домовец***

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева, 070004, Республика Казахстан, г. Усть-Каменогорск, ул. Протозанова 69, магистр геодезии и картографии, тел. (7232)54-07-76

Разработана прогнозная кинематическая модель деформаций моста на основе геодезических наблюдений.

**Ключевые слова:** прогнозная модель, деформации.

## **MAKING OF PROGNOSTIC KINEMATIC MODEL OF BRIDGE'S DEFORMATION ON RANGE OF STREETS KRYLOV – ASTANA IN UST-KAMENOGORSK CITY**

***Kaisar B. Khasenov***

D. Serikbaev East Kazakhstan State Technical University, 070004, Kazakhstan, Ust-Kamenogorsk, 69 Protozanov St., candidate of technical sciences, tel. (7232)54-07-76

***Almira Zh. Alpaeva***

D. Serikbaev East Kazakhstan State Technical University, 070004, Kazakhstan, Ust-Kamenogorsk, 69 Protozanov St., master student, tel. (7232)54-07-76, e-mail: alpaeva.almira@mail.ru

***Tamara A. Domovets***

D. Serikbaev East Kazakhstan State Technical University, 070004, Kazakhstan, Ust-Kamenogorsk, 69 Protozanov St., the magister of geodesy and cartography, tel. (7232)54-07-76

Developed the prognostic kinematic model of bridge's deformation based on geodetic observations.

**Key words:** prognostic model, deformation.

Внедрение методов прогнозирования деформаций инженерных сооружений в процессе эксплуатации объектов на основе геодезических наблюдений является актуальной, поскольку ее успешное решение и последующее развитие вносят важный вклад в обеспечение надежности, долговечности и безопасности эксплуатации инженерных сооружений.

Прогнозирование производится на основе результатов геодезических наблюдений за деформациями статистическим методом прогнозной экстраполяции и может выполняться с помощью кинематических или динамических моделей в зависимости от полноты и вида имеющихся исходных данных. Кинематические модели отражают зависимость величин деформаций от времени, а динамические модели описывают процессы деформаций с учетом совместного влияния времени и главных возмущающих факторов [1].

Для построения прогнозной модели был проведен ряд циклических геодезических наблюдений за осадками моста в створе улиц Крылова – Астаны в г. Усть-Каменогорск.

При составлении плана циклических наблюдений необходимо было охватить характерные переходные периоды в динамике процесса осадок моста. С этой целью было принято решение проводить геодезические наблюдения, так чтобы ими были охвачены кульминационные моменты развития процесса, отражающие его динамику.

Первый цикл наблюдений был произведен до начала ввода моста в эксплуатацию в ноябре 2013 года. Второй цикл был произведен в апреле 2014 года. В этот период ожидалось наибольшие величины осадок, вызванных транспортными нагрузками и проседанием грунта. Третий цикл наблюдений был произведен в сентябре 2014 года. По результатам геодезических измерений наблюдалось уменьшение осадок по величине в 1,5 – 2 раза.

При выполнении геодезических наблюдений за осадками моста был использован метод геометрического высокоточного нивелирования II класса. Опорная точка была расположена на бетонной тумбе ограждения на набережной. Осадочные марки были зафиксированы красной краской на опорах барьерного ограждения.

На основе полученных данных была создана кинематическая прогнозная модель, при построении которой были использованы исходные данные в виде экзогенной переменной и прогнозного фона. Экзогенной переменной служит количественная характеристики времени, а к прогнозируемому фону относятся инженерно-геологические, конструктивные, строительно-эксплуатационные и другие условия работы сооружений. *Период основания прогноза, т.е. те циклы наблюдений, по которым строится математическая модель, составляют второй и третий циклы наблюдений, за период упреждения - тот промежуток времени, на который по построенной модели выполняется прогноз - принят пятый цикл наблюдений протяженностью 1,6 года.*

Прогнозная кинематическая модель процесса осадки строится в виде следующих двух первых условных моментных функций:

$$\hat{m}_{x_i}(t_2, t_1) = \hat{m}_x(t_2) + \hat{r}_x(t_2, t_1) \frac{\hat{\sigma}_x(t_2)}{\hat{\sigma}_x(t_1)} \dot{x}_i(t_1) \quad (1)$$

$$\hat{\sigma}_x(t_2, t_1) = \hat{\sigma}_x(t_2) \sqrt{1 - \hat{r}^2(t_2, t_1)}$$

где  $t_1$  — время конца периода основания прогноза (т. е. последнего на периоде основания прогноза цикла наблюдения), на котором строится модель;

$t_2$  — конец периода упреждения (сечения, на которое выполняется прогноз); символом  $\sim$  обозначаются статистические оценки числовых параметров в наблюдаемых сечениях; значком  $\wedge$  обозначаются числовые параметры, аппроксимированные на периоде основания прогноза;

$\hat{m}_{x_i}(t_2, t_1)$  - прогноз осадки  $i$ -й марки на момент времени  $t_2$ ;

$\hat{\sigma}_x(t_2, t_1)$  - стандарт, характеризующий ожидаемую погрешность прогнозирования.

Таким образом, содержание первой условной моментной функции в формуле (1) представляет собой прогнозную кинематическую модель в виде математического ожидания осадки  $i$ -ой марки в момент  $t_2$  при условии, что она известна в момент  $t_1$ .

Второй условный момент в выражении (1) характеризует ожидаемую погрешность прогнозирования (коридор погрешностей) и представляет стандарт прогноза осадки  $\hat{\sigma}_x(t_2, t_1)$  на момент  $t_2$  при условии, что он известен в момент  $t_1$  [2].

Теснота зависимости между значениями оценок параметров и аппроксимирующими кривыми характеризуется соответственно коэффициентом корреляции  $r_{xt}$  и корреляционными отношениями  $\eta_{\sigma t}$  и  $\eta_{rt}$  [3].

Исходные данные для построения кинематической модели приведены в табл. 1.

Таблица 1

Исходные данные для построения кинематической модели

Номера циклов	2	3
Время, годы	0,4	0,8
Номера марок	Значения осадки марок, мм	
2	+0,54	+0,538
3	0,422	0,685
4	1,609	2,51
5	4,421	7,247
6	12,511	20,134
7	11,301	18,742
8	11,991	19,45
9	2,119	3,705
10	0,89	1,049
11	11,86	18,845
12	11,98	18,869
13	11,32	17,848
14	1,16	11,019
15	+0,37	+0,367
Средняя осадка, мм	5,762	9,943

Таким образом, при аппроксимации оценок для марок 2-15, выполненной на периоде основания прогноза, были получены высокие показатели зависимости, полученные при аппроксимации математического ожидания и при аппроксимации корреляционной функции (табл. 2).

Таблица 2

Полученные результаты аппроксимации оценок, выполненной на периоде основания прогноза

Функция	Значение коэффициента, отношения
$\hat{m}_x(t_j) = 1,581 + 10,452t_j$	$r_{yx} = 0,9997$
$\frac{1}{\hat{\sigma}_x(t_j)} = 0,0509\frac{1}{t_j} + 0,0520$	$\eta_{\sigma t} = 0,9999$
$\hat{r}_x(t_2, t_1) = 0,9247e^{0,0975t_2}$	$\eta_{rt} = 0,9999$

Для прогноза перемещения  $i$ -й точки и характеристики его точности в формулу (1) необходимо подставить полученные данные.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. П 53-90 Рекомендации по прогнозированию деформаций сооружений гидроузлов на основе результатов геодезических наблюдений
2. Гуляев Ю. П., Хорошилов В. С. Математическое моделирование. Анализ и прогнозирование деформаций сооружений по геодезическим данным на основе кинематической модели: учеб. пособие. – Новосибирск: СГГА, 2012. – 93 с.
3. Гуляев Ю. П. Прогнозирование деформаций сооружений на основе результатов геодезических наблюдений: монография. – Новосибирск: СГГА, 2008. – 256 с.

© К. Б. Хасенов, А. Ж. Алтаева, Т. А. Домовец, 2015

## ТОПОГРАФИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ТЕРРИТОРИИ НЕФТЕГАЗОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

### *Алексей Викторович Дубровский*

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, заведующий научно-производственным центром «Дигитайзер», тел. (383)361-01-09, e-mail: avd5@ssga.ru

### *Олеся Игоревна Малыгина*

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры кадастра и территориального планирования, тел. (383)361-01-09, e-mail: 131379@mail.ru

Топографический мониторинг представляет собой систему непрерывного фиксирования изменений происходящих с пространственными объектами на поверхности Земли с последующим обновлением цифровой модели этих объектов. Анализ структуры техногенной нагрузки на территории месторождений нефти показывает преобладающее количество инженерных коммуникаций (84% от общего количества объектов). Это свидетельствует о преимущественно линейном характере нарушенности земель.

**Ключевые слова:** топографический мониторинг, техногенные геодинамические процессы, геодезический контроль, техногенные природно-территориальные комплексы.

## TOPOGRAPHIC MONITORING ON OIL-AND-GAS FIELDS

### *Alexey V. Dubrovsky*

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., head of research and production center «Digitizer», tel. (383)361-01-09, e-mail: avd5@ssga.ru

### *Olesya I. Malygina*

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., Senior Lecturer Dept. inventory, tel. (383)361-01-09, e-mail: 131379@mail.ru

Topographic monitoring is a system of continuous detecting of changes in spatial objects on the Earth surface and subsequent updating of their digital models. The system of oil-and-gas field monitoring is a complex multi-level process. Analysis of anthropogenic load structure on the oil-field territory reveals prevailing number of infrastructure objects (84 % of the total number of objects), this testifying to the mostly linear character of lands disturbance.

**Key words:** Topographic monitoring, technogenic geodynamic events, geodetic control, anthropogenic natural territorial complexes.

В соответствии со статьей 3 Федерального закона от 26 декабря 1995 года № 209-ФЗ «О геодезии и картографии» топографический мониторинг относится к геодезическим и картографическим работам федерального назначения.

Топографический мониторинг представляет собой систему непрерывного фиксирования изменений происходящих с пространственными объектами на поверхности Земли с последующим обновлением цифровой модели этих объектов.

Организация системы мониторинга территории нефтегазового месторождения является сложным многоуровневым процессом, включающим следующие этапы работ:

- разработка нормативно-правовой базы проведения топографического мониторинга, требований к точности, результатам представления и хранения информации;
- подготовка аппаратно-технической базы для выполнения работ;
- создание постоянно-действующих систем наблюдения за состоянием территории;
- автоматизация процессов подготовки и обновления цифровых картографических материалов на территорию нефтегазового месторождения;
- организация постоянного контроля за работой системы топографического мониторинга.

Для территории нефтегазового комплекса, на примере Сибирского региона, характерно [1]:

- удаленность и труднодоступность большей части нефтегазовых месторождений от крупных населенных пунктов;
- отсутствие плотной геодезической основы на территорию нефтепромыслов;
- преобладание линейного типа нарушенности земель;
- насыщенность территории инженерными коммуникациями, которые определяют характер техногенной нагрузки;
- возникновение экологического и технологического рисков при эксплуатации трубопроводов;
- холодный климат и наличие многолетней мерзлоты;
- техногенно-индуцированные геодинамические события, связанные с откачкой нефти;
- загрязнение окружающей природной среды продуктами нефтедобычи;
- длительный этап почво восстановительного процесса;
- большая заболоченность и сильная обводненность.

Ввиду своих размеров, объема нефтедобычи, срока эксплуатации, особенностей географического положения территория месторождений представляет собой наиболее измененный ландшафт во всем регионе. Только площадь полностью нарушенных земель составляет более 20 %.

В целом, неизменённых природно-территориальных комплексов (ПТК) практически не осталось, и мы можем говорить лишь о техногенных природно-территориальных комплексах (ТПТК). Следует отметить, что наряду с техногенными факторами в формировании ТПТК, важнейшую, а порой и

определяющую роль, играет структура первичных, ненарушенных ПТК, а также их естественная динамика.

Среди компонентов ПТК наибольшее влияние на формирование ТПТК оказывают:

- механический состав почв и грунтов, слагающих поверхность, это преимущественно тундро-глеевые и глеевые почвы;
- состав и качественные показатели древесной растительности, преимущественно низкорослая растительность;
- степень заболоченности - более 60% территории заболочено и покрыто сетью мелких озер;
- тип добычи песка (карьерный или гидронамывной), определяющий способ отсыпки полотна внутрипромысловых автодорог. Это является решающим фактором в абсолютной величине нарушенности территории, ее типе (линейная или линейно-площадная);
- вторичные, современные экзогенные процессы, такие как подтопление и термокарст.

Экологическая обстановка на территории нефтегазовых месторождений ухудшается, как в отношении нарушенности земель, так и в отношении их загрязнения. Что касается нарушенности, то площадь возросла незначительно. На месторождениях появилось не более чем по 5-7% новых объектов (как правило, кустовые отсыпки скважин). Увеличилась площадь ряда кустов за счет увеличения площади обваловок при рекультивации разливов нефти. Возросла площадь карьеров общераспространенных полезных ископаемых [3, 4].

Степень нарушенности территории месторождения может быть обусловлена техногенными и природными факторами.

К техногенным факторам относятся:

- размеры месторождения;
- объем нефтедобычи;
- применение ряда особых технологий, в частности - создание «суперкустов»;
- наличие на территории месторождения городов, поселков и т.д. с развитой инфраструктурой;
- наличие магистральных коммуникаций;
- техногенно-индуцированные геодинамические события (сейсмические события, просадки, провалы, разломы земной поверхности), связанные с разработкой месторождений углеводородов.

К природным факторам относятся:

- почвенный покров;
- глубина залегания угле-газоводородов;
- эрозионные процессы (как водные, так и ветровые);
- ледово-морские отложения;
- наличие на территории болот и озер ледникового происхождения.

Анализ структуры техногенной нагрузки на территории месторождений нефти показывает преобладающее количество инженерных коммуникаций (84% от общего количества объектов). Это свидетельствует о преимущественно линейном характере нарушенности земель.

В отношении загрязнения территории месторождения можно отметить:

- произошли новые разливы нефти и пластовых вод;
- увеличилась площадь некоторых старых разливов нефти за счет миграции загрязнителей;
- на некоторых озерах, где была отмечена пленка нефти, отмечены вторичные изменения экологического состояния.

Особо следует отметить динамику развития степени загрязнения озер. На многих озерах, на которых при наблюдении отмечалась пленка нефти, сейчас выявлено отложение тяжелых фракций нефти на берегах и на дне при явной деградации водной растительности, отмечается интенсивное «цветение» воды.

Величина площади нарушенных и загрязненных земель зависит от ряда факторов: интенсивности нефтедобычи, времени эксплуатации месторождения, его размеров, уровня технологии нефтедобычи и транспортировки нефтепродуктов, наличия и способа добычи отсыпчных грунтов, состояния коммуникаций, а также от ландшафтных условий территории. Причем последние влияют на формирование ППТК двояко: с одной стороны разные ПТК имеют совершенно разную устойчивость к техногенному воздействию, а с другой - сама структура ПТК во многом определяет виды и масштабы этих воздействий.

На рис. 1 представлена диаграмма распределения объектов нефтедобычи по фактически занимаемой ими площади [4]:

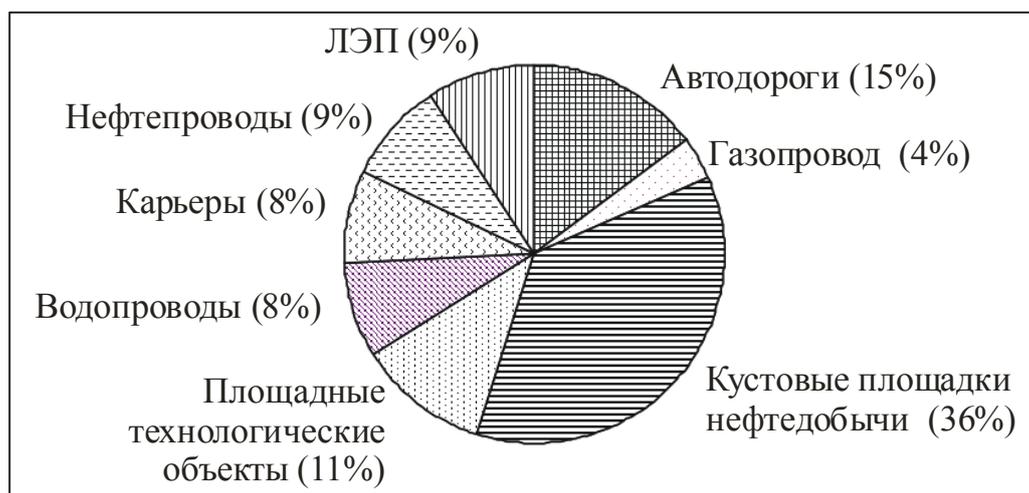


Рис. 1. Диаграмма распределения объектов нефтедобычи по фактически занимаемой ими площади

Из анализа данной диаграммы следует, что больше всего площади земель - 55% занимают кустовые площадки нефтедобычи, разведочные скважины, карьеры и площадные технологические объекты. Далее по занимаемой площади следуют автодороги, нефтепроводы, водопроводы, газопроводы, линии электропередач. Такое распределение площадей связано со структурой месторождения и в первую очередь с перенасыщением территории добывающими скважинами. При этом плотность удельной техногенной нагрузки составляет более 15%.

Общая схема организации системы топографического мониторинга территории нефтегазового месторождения показана на рис. 2.



Рис. 2. Схема организации системы топографического мониторинга территории нефтегазового месторождения

Проблемы повышения надежности и долговечности инженерных объектов, предотвращения аварий и катастроф всегда актуальны. Решение их требует высококачественного топографо-геодезического обеспечения, осуществляемого преимущественно автоматизированными бесконтактными методами с использованием оптимальной фильтрации, моделирования, анализа, интерпретации и прогнозирования. Инструментарием для эффективного использования результатов комплексных натуральных наблюдений за изучаемыми объектами и процессами служат геоинформационные системы (ГИС) и создаваемая на их основе единая геоинформационная основа территории нефтегазового месторождения.

В отечественной и зарубежной практике нет достаточного опыта создания крупномасштабных ГИС, имеющих базы данных результатов наблюдений за сложным пространственно-временным взаимодействием инженерных объектов с геологической и внешней средой, а также соответствующих подсистем управления, математической обработки и моделирования. Создание таких ГИС обусловлено необходимостью своевременного предупреждения возможных аварий и катастроф, оптимизации сроков выполнения регламентных и ремонтных работ, в том числе, программ комплексных натуральных наблюдений. При этом эффективность ГИС повысится, если подсистемы математического моделирования будут дополнены программными средствами для прочностных расчетов несущих конструкций инженерных объектов по прогнозным оценкам ожидаемых деформаций. Математическое моделирование дает возможность определять количественные закономерности развития деформаций однотипных инженерных объектов, возводимых и эксплуатируемых в одинаковых геологических и внешних условиях. Знание общих закономерностей значительно повысит эффективность проектирования, строительства и эксплуатации инженерных объектов. Таким образом, предлагая исследовать в единой системе воздействующие факторы, геологическую среду и инженерные объекты, выдвигается идея комплексного топографического мониторинга, рассматривающего не только создание новых объектов, но и деформационные процессы в экологическом аспекте. С учетом требований к точности инженерных решений возникает необходимость создания крупномасштабных ГИС экологического кадастра и мониторинга природной среды, включающих и инженерные объекты [5-7].

В соответствии с инструкцией «По производству маркшейдерских работ» [8], все текущие изменения, происшедшие на месторождениях, вносят на маркшейдерско-геодезические планы ежеквартально. Если топографическая ситуация на местности изменилась по сравнению с ее изображением на имеющемся плане более чем на 35 %, то производят новую маркшейдерско-геодезическую съемку.

Следующий этап создания ГИС на территорию нефтегазового месторождения заключается в разработке методов и программных средств для совместного межциклового уравнивания мобильных плановых и высотных геодезических сетей и идентификации математических моделей. При этом необходимо использовать аппарат оптимальной фильтрации для повышения точности определения деформаций, оценки адекватности и точности моделей. В ходе построения динамических моделей изучаемых процессов и явлений, по возможности, должна быть проведена аналогичная математическая обработка других видов комплексных натуральных наблюдений. Завершающая часть данного этапа - переход к кинематическим и динамическим моделям прогноза каждой наблюдаемой реализации изучаемого деформационного процесса и оценка их точности.

На завершающем этапе решения научно-методических задач необходимо разработать конфигурацию технических средств и структуру взаимодействия

подсистем программно-технического комплекса ГИС. Очевидно, что разработка должна выполняться исходя из имеющихся технико-экономических возможностей, но с обязательным учетом результатов решения предыдущих задач. Создание ГИС геоэкологического и деформационного мониторинга представляет собой проблему, решить которую можно только с участием специалистов разного профиля. Однако, при этом будут преобладать геодезические методы математической обработки и моделирования. Следовательно, научно-техническая роль специалистов топографо-геодезического профиля в создании ГИС будет ведущей.

Важно отметить, что в зарубежной и отечественной практике нефтедобычи большое внимание уделяется техногенно-индуцированным геодинамическим событиям: просадкам, разломам земной коры, а также аномальным землетрясениям на территориях нефтепромыслов. В связи с этим актуальной задачей является построение экспертно-моделирующих геоинформационных систем, представляющих собой объединение общим пользовательским интерфейсом обычной геоинформационной системы с оболочкой экспертной системы и блоком математического моделирования. При этом речь идет не только о создании единой универсальной системы, а о возможности использования комплекса существующих программных продуктов, реализующих ряд алгоритмов по организации топографического и геоэкологического мониторинга территории. При этом, геоинформационной основой подобных исследований могут служить материалы инвентаризации земель нефтекомплекса, в первую очередь крупномасштабные цифровые топографические планы и карты, комбинированные растрово-векторные модели территории, проекты территориального землеустройства, кадастровые планы территории, реестры недвижимого и движимого имущества нефтегазодобывающих предприятий, а также созданные на их основе цифровые карты техногенной нагрузки на территорию [9, 10].

Наряду с традиционными геодезическими методами необходимо особо отметить возрастающие возможности использования высокоточной гравиметрии. В комплексе с другими методами исследований гравиметрия дает возможность решать задачи геодинамического мониторинга. Это - выявление разломов, карстовых пустот, оползней, трещин отрыва, регистрация изменений режимов фильтрации подземных вод, классификация геологических структур. На основе результатов высокоточных гравиметрических измерений можно выделять малоамплитудные локальные аномалии силы тяжести и определять динамику их изменений, что позволяет получать детальные геолого-плотностные характеристики оснований инженерных объектов и оценивать последствия техногенных воздействий на них [11].

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федерального закона от 26 декабря 1995 года № 209-ФЗ «О геодезии и картографии» [Текст] – «Российская газета», № 7, 13.01.1996.

2. Дубровский А. В. Формирование техногенных природно-территориальных комплексов нефтегазовых месторождений севера Сибири // Сборник научных трудов аспирантов и молодых ученых Сибирской государственной геодезической академии / под общ. ред. Т. А. Широковой. – Новосибирск, 2004. – С. 19–24.
3. Математическое моделирование и идентификация сложных самоорганизующихся геодинамических систем. Отчет о НИР (промежуточный) / СГГА; Рук. В. А. Середович. – № ГР 012001.15981. – Новосибирск: СГГА, 2003. – 180 с.
4. Дубровский А. В. Картирование техногенной нагрузки территории нефтекомплекса. – Материалы конф. Иркутск, 12–13 марта 2004 г. – Иркутск: ИрГТУ, 2004. – в печати.
5. Дубровский А. В. Разработка и внедрение новых методов геоинформационных технологий для автоматизации процесса инвентаризации земель нефтегазовых комплексов и организации информационной основы ведения геомониторинга территории // Тезисы докладов 9-й Всероссийской учебно-практической конференции «Организация, технология и опыт ведения кадастровых работ», 2–4 ноября 2004 г., Москва. – М.: ГИС-Ассоциация, 2004. – С. 16–18.
6. Дубровский А. В. Картирование техногенной нагрузки территории нефтекомплекса // Материалы конф. «Геодезия, картография, кадастр земель Прибайкалья», Иркутск, 15 февраля 2004 г. – Иркутск: ИрГТУ, 2004. – С. 30–35.
7. Середович В. А., Калюжин В. А., Дубровский А. В. Разработка технологии инвентаризации земель нефтегазодобывающих предприятий на основе комплексной обработки данных // Тезисы Междунар. пром. форума Geofom+, Москва, 14–17 марта 2005 г. – М.: Проспект, 2005. – С. 28–29.
8. РД 07-603-03 Инструкция по производству маркшейдерских работ (утв. постановлением Госгортехнадзора РФ от 6 июня 2003 г. N 73) Срок введения в действие с 29 июня 2003 г. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.iscgroup.ru/index.php?go=Files&in=view&id=346>.
9. Хоружая Т. А. Оценка экологической опасности. – М.: «Книга сервис», 2002. – 200 с.
10. Середович В. А., Калюжин В. А., Дубровский А. В. Разработка геоинформационной системы на территорию техногенных природно-территориальных комплексов нефтегазовых месторождений // Материалы междунар. науч.-техн. конф. посвящ. 225-летию МИИГАиК, Москва, 24–27 мая, 2004 г. – М.: МИГАиК, 2004. – С. 133–138.
11. Бударова В. А., Дубровский А. В., Каленицкий А. И. Технология обработки результатов геодезического обеспечения 3D сейсморазведки на территории месторождений нефти и газа // Вестник СГГА. – 2010. – Вып. 1 (12). – С. 21–27.

© А. В. Дубровский, О. И. Малыгина, 2015

## СОДЕРЖАНИЕ

1. П. Ю. Бугаков. Разработка и программная реализация способа определения оптимального положения центра проекции при создании перспективных картографических произведений.....	3
2. С. С. Дышлюк, О. Н. Николаева, Л. А. Ромашова. Формализация процесса создания тематических карт для широкого круга пользователей.....	10
3. А. Б. Женибекова. Первый шаг к формализации картографических процессов в среде ГИС.....	17
4. Г. И. Загребин. Исследование по геопривязке картографического изображения в геоинформационной системе.....	26
5. А. А. Колесников, Е. В. Комиссарова, М. Н. Шарыпова. К вопросу о способе хранения пространственных объектов для анимационных карт.....	29
6. С. А. Крылов, И. В. Плотников. Формирование и редактирование таблиц отбора картографических объектов при создании общегеографических основ масштаба мельче 1 : 200 000.....	33
7. Т. С. Молокина, А. А. Колесников, Е. В. Комиссарова. Современная интерактивная карта для учебных целей и ее место в классификации электронно-цифровых карт.....	37
8. Нгуен Ань Тай. Стандартизация географических названий для составления карт во Вьетнаме.....	41
9. Б. Н. Олзоев, Н. В. Котельникова. Геоинформационное картографирование обеспеченности туристическими объектами территории Иркутской области.....	46
10. Л. А. Пластинин, Хоанг Зьонг Хуан. Геоинформационное картографирование сельскохозяйственных угодий на территории Вьетнама с использованием данных ДЗЗ.....	50
11. Л. К. Радченко, А. В. Шнайдер. Обновление пространственных данных при геоинформационном картографировании нефтегазового комплекса.....	55
12. В. П. Ступин. Особенности картографического моделирования морфосистем равнинных территорий.....	59
13. Хоанг Зьонг Хуан. Создание карты использования земель на территорию Вьетнама на основе ГИС и ДЗЗ из космоса.....	63
14. Д. В. Лисицкий, С. С. Дышлюк. Обоснование и разработка новой цифровой картографической продукции: многоцелевой картографический ресурс.....	68
15. В. П. Ступин. Картографирование литодинамических поясов и сегментов морфосистем.....	75

16. <i>В. В. Щербаков, А. Г. Фомин, О. Н. Лыско, Г. В. Попов, А. П. Могилевич.</i> Автоматизация геодезического обеспечения ремонта железных дорог.....	80
17. <i>С. О. Шевчук, Ю. М. Зюзин.</i> Применение измерений геодезической сети АБС НСО и метода PPP при геодезическом обеспечении геолого-геофизических работ.....	85
18. <i>Д. Ш. Фазилова, А. Ш. Фазил.</i> К вопросу создания геодезической основы для современной ГНСС-сети Республики Узбекистан .....	93
19. <i>А. П. Карник, Л. А. Липатников.</i> О возможности контроля положения опорных пунктов в системах геодезического мониторинга .....	98
20. <i>К. М. Антонович, Н. С. Косарев, С. О. Шевчук, А. С. Щербаков.</i> Учет дифференциального влияния ионосферы при контроле фазовых двухчастотных ГНСС-измерений приемника с атомными часами .....	103
21. <i>В. М. Жидов.</i> Проблемы обеспечения нормативной литературой ГНСС-измерений на железной дороге .....	110
22. <i>В. В. Щербаков, И. А. Бунцев, И. В. Щербаков, О. В. Ковалева, А. И. Пименов.</i> Разработка систем автоматизированного управления выправкой пути на базе ГНСС.....	113
23. <i>В. В. Щербаков, И. А. Бунцев, О. В. Ковалева, И. В. Щербаков, А. И. Пименов.</i> Опыт эксплуатации систем автоматизированного управления выправкой пути на ЗСЖД ОАО «РЖД» .....	119
24. <i>А. П. Карник, О. В. Твердовский, С. В. Середович, А. А. Струков, А. П. Решетов.</i> Результаты исследований спутниковой геодезической аппаратуры по измерениям ГЛОНАСС .....	125
25. <i>В. А. Середович, В. П. Лаврусъ.</i> Задачи системы инженерно-геодезического обеспечения навигации на потенциально опасном объекте .....	135
26. <i>А. И. Шушпанов, О. Г. Бесимбаева, Г. Е. Жунусова, М. Б. Игемберлина.</i> Исследование возможности 3D системы автоматического контроля при выполнении дорожно-строительных работ .....	139
27. <i>В. А. Середович, А. К. Егоров.</i> Обоснование возможности использования лазерного сканирования для решения проблем в транспортной сфере .....	144
28. <i>Л. А. Максименко.</i> Применение команды Rectang для создания трехмерных моделей в AutoCAD .....	149
29. <i>В. А. Середович, И. С. Камнев.</i> Обоснование возможности использования лазерного сканирования в инженерных изысканиях линейных сооружений .....	153
30. <i>Т. А. Хлебникова.</i> Анализ методов создания трехмерных моделей объектов в ЦФС и ГИС .....	157
31. <i>С. А. Третьяков.</i> Применение цифровых моделей пути для создания электронных проектов для щебнеочистительных машин .....	163
32. <i>К. А. Ыстыкул, Ж. Д. Байгурун.</i> Геодезические исследования по созданию цифровой модели лавиноопасных зон на территории Иле Алатау.....	167

33. <i>Т. Е. Елишина, М. А. Нольфина.</i> Отображение рельефа светотенью на топографических картах средствами ГИС .....	172
34. <i>Е. Н. Хмырова, О. Г. Бесимбаева, Е. А. Олейникова, Н. А. Имранова, Р. В. Синяк.</i> Решение горно-геометрических задач с использованием программ 3D-моделирования на месторождениях Казахстана.....	175
35. <i>В. Е. Коновалов, Д. А. Шихлаев.</i> Методы и средства мониторинговых наблюдений за состоянием земной поверхности в горно-промышленных ландшафтах.....	181
36. <i>О. Г. Бесимбаева, Е. Н. Хмырова, В. В. Ефимова, Ж. Алданыш, В. Ф. Ярцева.</i> Мониторинг состояния земной поверхности на подрабатываемых территориях .....	187
37. <i>А. И. Каленицкий, Э. Л. Ким.</i> Об использовании гравиметрии в комплексе с высокоточным нивелированием и координированием при создании геодезической основы с целью мониторинга природной и техногенной геодинамики месторождений нефти и газа.....	193
38. <i>Ф. К. Низаметдинов, Р. Ф. Низаметдинов, А. А. Нагибин, А. Е. Касымжанова, Р. Н. Джамантыкова.</i> Натурно-полевые методы исследования прочностных свойств горных пород и породных контактов.....	199
39. <i>С. К. Люфт, О. Г. Бесимбаева, Н. Г. Бесимбаев, А. З. Капасова.</i> Использование метода лазерного сканирования для выполнения маркшейдерских работ в шахтном стволе.....	204
40. <i>С. Б. Ожигина, Р. А. Урдубаев, Д. С. Ожигин, С. Г. Ожигин.</i> Мониторинг состояния бортов глубоких карьеров АО «ССГПО» .....	210
41. <i>Р. И. Тимшанов, С. А. Шешуков, О. С. Мартынов.</i> Выделение геодинамически-активных зон путем геоморфологического анализа дневной поверхности и оценка их флюидопроводимости по геохимическим данным.....	216
42. <i>К. Б. Хасенов, А. Ж. Алпаева, Т. А. Домовец.</i> Построение прогнозной кинематической модели деформаций моста в створе улиц Крылова – Астаны в городе Усть-Каменогорск.....	222
43. <i>А. В. Дубровский, О. И. Малыгина.</i> Топографический мониторинг территории нефтегазового месторождения .....	226

## CONTENTS

1. <i>P. Yu. Bugakov</i> . Development and software implementation of the method of determining the optimum position of the projection centre when creating of perspective cartographic representations .....	3
2. <i>S. S. Dyshlyuk, O. N. Nikolayeva, L. A. Romashova</i> . Formalization of thematic map-making for public at large .....	10
3. <i>A. B. Zhenibekova</i> . The first stage to formalization of cartographical processes in the environment of GIS .....	17
4. <i>G. I. Zagrebin</i> . Study georeferenced raster map in geographic information systems .....	26
5. <i>A. A. Kolesnikov, E. V. Komissarova, M. N. Sharypova</i> . Techniques for storing spatial objects for animated maps .....	29
6. <i>S. A. Krylov, I. V. Plotnikov</i> . Formation and editing of selection tables of cartographic objects for general geographic basemaps scale 1 : 200 000 and smaller .....	33
7. <i>T. S. Molokina, A. A. Kolesnikov, E. V. Komissarova</i> . Modern interactive map for educational purposes and its place in the classification of electronic-digital maps .....	37
8. <i>Nguyen Anh Tai</i> . Standardization of geographical names for mapping in Vietnam .....	41
9. <i>B. N. Olzoev, N. V. Kotelnikova</i> . Gis mapping provision tourist objects in the Irkutsk region .....	46
10. <i>L. A. Plastinin, Hoang Duong Huan</i> . Geoinfomation mapping of agricultural crops in territory of Vietnam using remote sensing data .....	50
11. <i>L. K. Radchenko, A. V. Shnaider</i> . Recovery of spatial data at geoinformation mapping of oil and gas complex .....	55
12. <i>V. P. Stupin</i> . Principles of cartographic modeling and morphodynamical analysis of the plains morphosystems .....	59
13. <i>Hoang Duong Huan</i> . Creating a map land use in territory of Vietnam based on GIS and remote sensing from space .....	63
14. <i>D. V. Lisitsky, S. S. Dyshlyuk</i> . Substantiation and development of new cartographic product: multipurpose cartographic resource .....	68
15. <i>V. P. Stupin</i> . Mapping of lithodynamic belts and segments of morphosystems .....	75
16. <i>V. V. Scherbakov, A. G. Fomin, O. N. Lysko, G. V. Popov, A. P. Mogilevich</i> . Geodetic support repair of railways .....	80
17. <i>S. O. Shevchuck, Yu. M. Zyuzin</i> . Geodetic support of geological prospecting work using of geodetic network CORS NSO and PPP method .....	85
18. <i>D. Sh. Fazilova, A. Sh. Fazilov</i> . About improving of geodetic GNSS-base of the Republik of Uzbekistan .....	93

19. A. P. Karpik, L. A. Lipatnikov. An opportunity for reference point displacement estimation in geodetic monitoring systems.....	98
20. K. M. Antonovich, N. S. Kosarev, S. O. Shevchuck, A. S. Scherbakov. The accounting of differential influence of an ionosphere at control of phase two-frequency GNSS-measurements of the receiver with an atomic clock.....	103
21. V. M. Zhidov. Problem of ensuring normative literature GNSS-measurements on the railroad.....	110
22. V. V. Shcherbakov, I. A. Buntsev, I. V. Shcherbakov, O. V. Kovalyova, A. I. Pimenov. Development of automated control systems by setting up the rails based on GNSS.....	113
23. V. V. Shcherbakov, I. A. Buntsev, O. V. Kovalyova, I. V. Shcherbakov, A. I. Pimenov. Experience of operating the automated control systems by setting up the rails on the basis of West Siberian railway .....	119
24. A. P. Karpik, O. V. Tverdovsky, S. V. Sereдович, A. A. Strukov, A. P. Reshetov. Satellite geodetic equipment: GLONASS measurements research results .....	125
25. V. A. Sereдович, V. P. Lavrus. The problems of systems engineering and geodetic navigation support on potentially emergency object.....	135
26. A. I. Shushpanov, O. G. Besimbaeva, G. E. Jhunosova, M. B. Igemberlina. Research of the opportunities of 3D system of automatic control for a motorgrader.....	139
27. V. A. Sereдович, A. K. Egorov. Justification of possibility of application of lidar for the solution of problems in transportation industry .....	144
28. L. A. Maksimenko. Application of Rectang command for 3D modeling in AutoCAD .....	149
29. V. A. Sereдович, I. S. Kamnev. Justification of use laser scanning in engineering survey of linear structures.....	153
30. T. A. Khlebnikova. Analysis of methods for creating 3D object models in digital photogrammetric system and GIS .....	157
31. S. A. Tretyakov. Application of digital models ways to create electronic projects for ballast cleaner machines.....	163
32. K. A. Ystykul, Zh. D. Baigurin. Geodesic researches on creation of digital model of avalanche zones on territory Ile Alatau.....	167
33. T. Ye. Yelshina, M. A. Nolfina. Representation of the relief shading on topographic maps by a GIS .....	172
34. E. N. Hmyrova, O. G. Besimbaeva, E. A. Oleynikova, N. A. Imranova, R. V. Sinjak. Solution of mining geometric problems using 3D-modelling programs in the mineral deposits of Kazakhstan .....	175
35. V. E. Konovalov, D. A. Shihlaev. Methods and means of monitoring observations of the state earth's surface mining landscape.....	181
36. O. G. Besimbaeva, E. N. Khmyrova, V. V. Efimova, Zh. Aldanysh, V. F. Yartseva. System of geomonitoring of the earth surface on undermined territories .....	187

37. <i>A. I. Kalenitsky, E. L. Kim.</i> Joint application of gravimetry, precise leveling and coordination in process of geodetic base establishment for monitoring of natural and anthropogenic geodynamics of oil and gas fields .....	193
38. <i>F. K. Nizametdinov, R. F. Nizametdinov, A. A. Nagibin, A. Ye. Kasymzhanova, R. N. Dzhamantykova.</i> In-situ techniques of rock and rock contacts strength properties testing .....	199
39. <i>S. K. Lyuft, O. G. Besimbaeva, N. G. Besimbaev, A. Z. Kapasova.</i> Application of laser scanning method for execution of mine survey works in mine shaft.....	204
40. <i>S. B. Ozhigina, R. A. Urdubayev, D. S. Ozhigin, S. G. Ozhigin.</i> Monitoring stability boards of deep open pit JSC «SSGPO» .....	210
41. <i>R. I. Timshanov, S. A. Sheshukov, O. S. Martynov.</i> Identification of geodynamic active zones by geomorphological analysis of the earth's surface and evaluation of their conductivity based on geochemical data .....	216
42. <i>K. B. Khasenov, A. Zh. Alpaeva, T. A. Domovets.</i> Making of prognostic kinematic model of bridge's deformation on range of streets Krylov – Astana in Ust-Kamenogorsk city .....	222
43. <i>A. V. Dubrovsky, O. I. Malygina.</i> Topographic monitoring on oil-and-gas fields .....	226

Научное издание

XI Международные научный конгресс и выставка

# ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ-2015

Международная научная конференция

**ГЕОДЕЗИЯ, ГЕОИНФОРМАТИКА, КАРТОГРАФИЯ,  
МАРКШЕЙДЕРИЯ**

Т. 2

Сборник материалов

Материалы публикуются в авторской редакции

Компьютерная верстка *К. В. Ионко*

Изд. лиц. ЛР № 020461 от 04.03.1997.

Подписано в печать 14.04.2015. Формат 60 × 84 1/16

Печать цифровая.

Усл. печ. л. 13,95. Тираж 100 экз. Заказ .

Редакционно-издательский отдел СГУГиТ  
630108, Новосибирск, 108, ул. Плахотного, 10.

Отпечатано в картопечатной лаборатории СГУГиТ  
630108, Новосибирск, 108, ул. Плахотного, 8.