

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Сибирская государственная геодезическая академия»

**ВЕСТНИК
СГГА**

**(СИБИРСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ
ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ АКАДЕМИИ)**

Выпуск 1(12)

Новосибирск
СГГА
2010

УДК 528:535:681.7
В387

Главный редактор
Доктор технических наук, профессор *А.П. Карник*

Редакционная коллегия:

Кандидат технических наук, профессор *В.Б. Жарников* – заместитель главного редактора; член-корреспондент РАН, доктор технических наук, профессор, президент МИИГАиК *В.П. Савиных*; доктор технических наук, профессор, ректор МИИГАиК *В.А. Малинников*; доктор технических наук, профессор, проректор МИИГАиК *И.Г. Журкин*; доктор технических наук, профессор, первый проректор МИИГАиК *А.Г. Чибуничев*; доктор технических наук, профессор МИИГАиК *Х.К. Ямбаев*; доктор физико-математических наук, профессор, советник губернатора НСО *Г.А. Сапожников*; член-корреспондент РАН, доктор физико-математических наук, директор института горного дела СО РАН *В.Н. Опарин*; доктор биологических наук, директор института почвоведения и агрохимии СО РАН *К.С. Байков*; кандидат экономических наук, зам. руководителя Территориального управления Росреестра по НСО *Д.А. Ламерт*; кандидат технических наук, директор ФГУ «Земельная кадастровая палата» по НСО *А.Э. Труханов*; доктор физико-математических наук, профессор, зав. лабораторией Института нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН *В.Ю. Тимофеев*; доктор технических наук, профессор *А.И. Каленицкий*; доктор технических наук, профессор *Д.В. Лисицкий*; кандидат технических наук, профессор *И.В. Лесных*; доктор технических наук, профессор *В.Н. Москвин*; кандидат технических наук, профессор *В.А. Середович*; доктор технических наук, профессор *Л.К. Трубина*; доктор технических наук, профессор *В.Я. Черепанов*; доктор технических наук, профессор *В.Б. Шлишевский*

В387 Вестник СГГА (Сибирской государственной геодезической академии) [Текст] : науч.-технич. журн. / учредитель ГОУ ВПО «СГГА». – Вып. 1(12). – Новосибирск: СГГА, 2010. – 202 с. – ISSN 1818-913X

Печатается по решению редакционно-издательского совета СГГА

УДК 528:535:681.7

© ГОУ ВПО «Сибирская государственная геодезическая академия» (СГГА), 2010

Тел. (382) 343-39-37, факс (382) 344-30-60
e-mail: rektorat@ssga.ru

Учредитель – ГОУ ВПО «СГГА».

Научное издание

**ВЕСТНИК
СГГА**
(СИБИРСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ АКАДЕМИИ)

Выпуск 1(12)

Редактор *Е.Н. Ученова*
Компьютерная верстка *Н.Ю. Леоновой*
Перевод на английский язык *И.В. Духаниной*
Библиограф *Л.М. Коурдакова*

Изд. лиц. ЛР № 020461 от 04.03.97.
Подписано в печать 26.08.2010. Формат 70x100 1/16.
Печать цифровая.
Усл. печ. л. 16,29. Тираж 200 экз.
Заказ Цена договорная.
Гигиеническое заключение
№ 54.НК.05.953.П.000147.12.02. от 10.12.2002.

Редакционно-издательский отдел СГГА
630108, Новосибирск, 108, Плахотного, 10.
Тел. (382) 343-12-55, e-mail: rio.ssga@ssga.ru

Отпечатано в картопечатной лаборатории СГГА
630108, Новосибирск, 108, Плахотного, 8.

ГЕОДЕЗИЯ



УДК 528.91
А.П. Карпик
СГГА, Новосибирск

СИСТЕМНАЯ СВЯЗЬ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ С ЕГО ГЕОДЕЗИЧЕСКИМ ИНФОРМАЦИОННЫМ ОБЕСПЕЧЕНИЕМ

Показана важная роль геодезического информационного обеспечения устойчивого развития территорий и их системная связь. Приведена обобщенная схема и схема системной связи геодезического информационного обеспечения с устойчивым развитием территорий.

устойчивое развитие территорий, системный подход, геодезическое информационное обеспечение.

A.P. Karpik
SSGA, Novosibirsk

SYSTEM LINK OF STABLE AREA DEVELOPMENT AND ITS GEODETIC DATAWARE

An important role of stable area development geodetic dataware and their system link are shown. Generalized scheme and the scheme of system link of stable area development and its geodetic dataware are given.

sustainable development of territories, system approach, geodetic dataware.

В текущем исторически коротком периоде осознается необходимость сохранения устойчивого развития и идет поиск путей решения этой глобальной, сложной и противоречивой проблемы на всех уровнях пространственной иерархии.

Место, роль и функции геодезии в решении проблемы устойчивого развития пока недостаточно определены и не представлены в научной литературе. Однако, геодезия неизбежно занимает особое место в решении рассматриваемой проблемы, поскольку только ее методами и средствами осуществляется точный контроль за большинством пространственно-временных изменений, происходящих на поверхности Земли, ведутся наблюдения за современными движениями земной коры, определяются параметры формы и размеров Земли. Геодезические данные представляют собой количественную информацию, на основании которой выявляются объективные закономерности развития различ-

ных наблюдаемых процессов и производится их прогнозирование. Прогнозные оценки позволяют своевременно выполнить управляющие воздействия для ослабления неблагоприятных последствий, нарушающих устойчивое развитие.

В целях определения мест приложения и функций геодезической пространственной информационной системы, предназначенной для обеспечения устойчивого развития, необходимо рассмотреть системно само устойчивое развитие и системную связь с его геодезическим обеспечением. На данном этапе целесообразно ограничиться представлением основных структурно-функциональных связей между устойчивым развитием и геодезией.

Системный подход к проблеме устойчивого развития имеет преимущественно тематическую направленность, относящуюся к различным видам геосистем, хотя его основные структурные составляющие рассматриваются во многих публикациях. На основе общей системной постановки выдвигаются новые перспективные идеи обеспечения устойчивого развития, представляющие синтез естественных и гуманитарных наук [1, 2]. Показывается, что рассмотрение Земли как замкнутой системы приводит к тупиковой геноцидной концепции «пределов роста». При рассмотрении Земли как открытой системы, представляющей космическое явление, устанавливается пространственно-временная универсальная система общих законов природы. Использование найденных законов природы и смена господствующего ныне «хищнического мировоззрения» на максимально нравственное открывает путь к устойчивости развития системы «природа – общество – человек».

Термин «устойчивость системы» заимствован из физико-математических и технических наук. В широком смысле он означает свойство изучаемой системы возвращаться к первоначальному или близкому к нему стационарному состоянию после прекращения действия внешнего возмущения [3].

Представим обобщенно открытую систему устойчивого развития в связи с подсистемой геодезических и других натуральных наблюдений, а также с подсистемой информационного обеспечения, и на их основе – моделирование и регулирование (управление) развития территорий.

Обобщенная схема изображена на рис. 1, а последующее детальное рассмотрение подсистем осуществляется в описательной форме. Построение системы устойчивого развития выполнено с использованием понятийно-терминологического аппарата, введенного в [4, 5].

В основу системы устойчивого развития положен объект исследования, который можно определить как географическую оболочку Земли (геосферу), состоящую из четырех основных сферических слоев: литосферы, гидросферы, атмосферы и биосферы. В пространстве биосферы развивается разумная жизнь человеческого общества, которую относят к социосфере, или, по В.Н. Вернадскому, к ноосфере.

Географическая оболочка состоит из особых территориальных образований – ландшафтов, представляющих собой сочетание абиотических (неживых), биотических (живой природы) и антропогенных (порожденных человеком)

элементов, развивающихся во взаимодействии. Понятия «ландшафтная оболочка» и «геосфера» почти тождественны, но различаются структурно: элементы первой представлены территориальными системами ландшафтов, элементы второй – различными сферами.

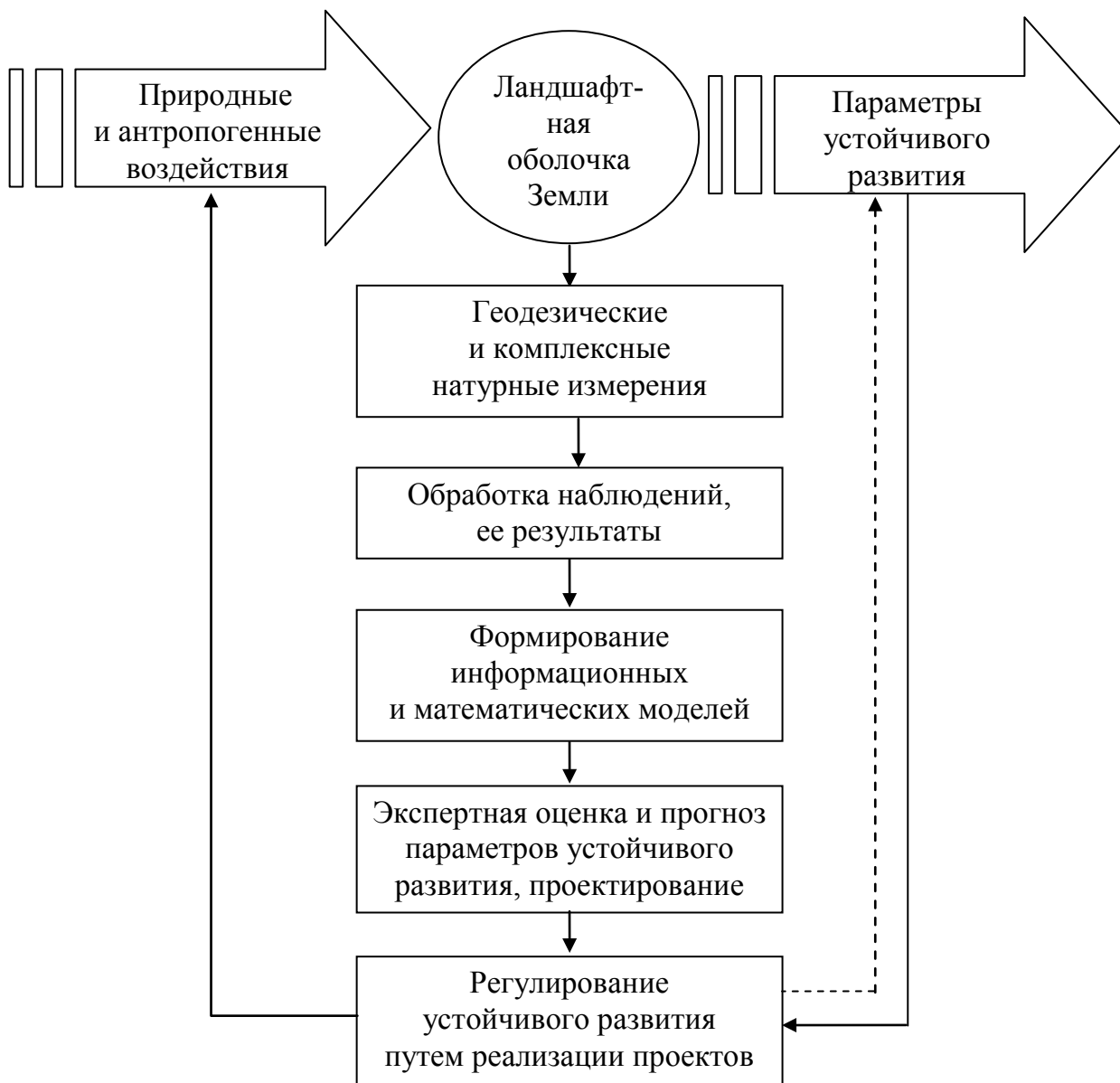


Рис. 1. Обобщенная схема геодезического информационного обеспечения устойчивого развития территории

В геодезической практике используется понятие других территориальных образований – территорий, выделяемых по административному признаку, разграфке листов карты, по географическим объектам или по иному признаку.

В данном исследовании территориальные образования целесообразно рассматривать как структурные элементы пространственной иерархии изучаемой системы. Однако при этом следует учитывать, что ограничение территорий может

осуществляться как по ландшафтным признакам геосистем, так и по территориальной организации общества, по отраслевым, производственно-технологическим и другим признакам.

Комплексным изучением природных условий Земли, ее населения, экономических ресурсов, материального производства занимается география, описывающая языком географических карт различного назначения размещение всего перечисленного на земной поверхности. Однако исходную, самую точную и детальную измерительную и графическую информацию о геопространстве получают в результате применения междисциплинарного научно-производственного комплекса геодезии. Крупномасштабные топографические карты и планы масштабного ряда от 1 : 500 до 1 : 5 000 практически не имеют искажений из-за влияния кривизны Земли. Они используются для инженерного проектирования и подготовки данных для выноса проектов на местность, обустройства сложных сооружений и коммуникаций всевозможных видов. На основе топографических карт масштабного ряда от 1 : 10 000 до 1 : 1 000 000 составляют географические карты с существенным искажением геометрических параметров под влиянием кривизны Земли, с большей потерей точности и детальности изображений в связи с использованием мелких масштабов. Очевидно, что только гармоничное сочетание геодезии и географии может повысить эффективность исследования геопространства с целью обеспечения устойчивого развития в территориальном аспекте.

В связи с тем, что нарушение устойчивого развития является в значительной мере результатом конкретных отношений человеческого общества с природой, целесообразно рассматривать природно-технические системы в качестве одного из основных структурных элементов иерархии территориального геопространства.

Очевидно, что природно-технические системы состоят из взаимодействующих элементов природного и технического происхождения. Обобщенно такую систему можно представить как любой вид антропогенной трансформации природных комплексов. При этом следует уточнить, что понимается под природным территориальным комплексом [5]. Прежде всего, это природная часть ландшафта, являющаяся геосистемой, состоящая из взаимно обусловленных природных компонентов, взаимосвязанных в своем размещении и развитии. Иерархия технической составляющей «природно-технические системы» может иметь широкий диапазон распространения, от положения отдельных инженерных объектов до магистральных образований. Иерархия природных комплексов также изменяется в широких пределах географических образований – от фаций до ландшафтной оболочки Земли. Следовательно, имеется возможность согласовывать природные и технические уровни пространственной иерархии природно-технических систем, но делать это нужно глубоко обоснованно.

В процессе проектирования, создания и эксплуатации природно-технических систем получают большой объем геодезической пространственной информации, отражающей различные стороны состояния устойчивого развития территорий во времени. Геодезический мониторинг любой полноты об-

разует информационную базу в виде результатов обновления топографических карт, аэрокосмического зондирования, инженерных изысканий, разбивочных работ, наблюдений за деформациями сооружений и техногенной геодинамикой, за распространением неблагоприятных экологических последствий и другими пространственными явлениями, возникающими на территории «природно-технических систем».

Входные воздействия в системе устойчивого развития (см. рис. 1) представляют собой широкий спектр факторов.

Главным природным фактором является лучистая энергия Солнца, определяющая развитие большинства протекающих на Земле процессов.

От лучистой энергии Солнца зависит климат Земли, который определяет особенности развития биосферы и условия жизни человеческого общества в различных широтах и ландшафтах. Современными исследованиями установлено, что между климатическими изменениями и социально-экономическими условиями, а также историческими событиями в жизни человеческого общества выявляются устойчивые корреляционные зависимости. Существенное влияние на устойчивое развитие Земли могут оказывать тектонические, сейсмические, вулканические воздействия, а также цунами, наводнения, оползневые процессы и другие природные катаклизмы.

Входная переменная системы устойчивого развития (см. рис. 1) должна отражать характер изменений территориальных параметров пространственной плотности в сравнении с допустимыми критериями по площади и концентрации сосредоточения. Очевидно, что признаки устойчивого развития представляют собой уровень проявления неблагоприятных экологических, социально-экономических, политических и других последствий, возникающих в результате антропогенных и природных воздействий на входе системы.

Контроль за состоянием и изменением входных воздействий и выходной переменной в системе устойчивого развития необходимо осуществлять в территориальном геопространстве измерительными и визуальными средствами. Измерительные средства обеспечивают определение количественных параметров изучаемых объектов, а визуальные – их качественных характеристик. Синтезом количественных и качественных характеристик геопространства являются графические и цифровые карты и модели геопространства, которые содержат геодезическую и тематическую информацию, необходимую для оценки устойчивости развития.

Перейдем к рассмотрению основных блоков системного геодезического обеспечения, предназначенного для информационного обеспечения устойчивого развития территорий.

Исходный блок подсистемы представляет геодезические и комплексные натурные наблюдения, необходимые для контроля за состоянием устойчивого развития, особенно в районах интенсивной деятельности или сложной сейсмо-тектонической обстановки. Наблюдения должны выполняться на территориальных образованиях ландшафтной оболочки Земли и охватывать параметры входа и выхода системы устойчивого развития.

Ко второму блоку отнесены обработка результатов наблюдений и представление получаемой исходной информационной продукции.

Третий блок охватывает комплекс геодезического информационного и математического моделирования, реализуемый на основе геоинформационных технологий и предназначенный для формирования и использования геопространства.

В соответствии с рис. 1, три вышеуказанных блока геодезической подсистемы дополняются еще двумя – проектирования и регулирования, обеспечивающими обратную связь системного геодезического обеспечения с системой устойчивого развития.

Приведем подробное содержание представленных выше блоков. Наблюдения, охватываемые первым блоком, должны быть пространственно-временными, обеспечивающими контроль за изменением состояния устойчивого развития. В простейшем случае интервалы времени между циклами наблюдений задаются регламентом обновления цифровых моделей территорий (их мониторингом).

Содержание блока наблюдений представлено в виде работ по созданию систем координат, опорных геодезических сетей (закрепляющих системы координат на поверхности Земли), производства различных съемок геопространства и выполнения комплексных натуральных наблюдений (исследований). К опорным геодезическим сетям здесь отнесено развитие государственных геодезических сетей – плановых, высотных, гравиметрических, геодезических сетей специального назначения и съемочного обоснования. Съемка геопространства включает в себя создание цифровых (топографических) моделей территорий, геодезическое обеспечение различных инженерных работ, тематические съемки всевозможных направлений, дистанционное зондирование Земли. Перечисленные виды работ представляют широкие оперативные возможности мониторинга состояния устойчивого развития. В результате комплексных натуральных наблюдений получают ключевые физические и социальные параметры факторов, определяющих характер изменения различных показателей устойчивого развития. Результаты натурального контроля указанных параметров должны увязываться с геодезическими данными и относиться к изучаемым объектам геопространства.

В блок обработки наблюдений и представления информации отнесены математическая и первичная технологическая обработка измерительной и описательной информации по всем составляющим геодезических и комплексных натуральных наблюдений. В результате этой обработки получают параметры Земли, каталоги плановых координат, нормальных и геодезических высот точек геопространства, его исходное топографическое и тематическое представление в аналоговой и цифровой формах в зависимости от методов получения первичной информации, пространственно-временные характеристики параметров политической, социально-экономической, экологической и другой обстановки, разнообразные физические параметры территорий и отдельных объектов.

Необходимо еще раз подчеркнуть особую ценность синтеза измерительной количественной и описательной качественной информации, представляемой

в виде моделей геопространства. Измерительная информация служит базой для выявления общих закономерностей развития процессов, возникающих в результате взаимодействия человеческого общества с природной средой. В работе [1] показано, что отсутствие устойчивого измерителя и процедуры измерения является главным источником потерь в обществе. Устойчивый уровень и высокая точность геодезических методов и средств измерений обеспечивают надежный контроль за изменением показателей устойчивого развития. При этом конкретная детальная реализация рассматриваемой геодезической подсистемы должна опираться на критерии оптимальной измерительной точности, являющейся в ней связующим звеном.

Системное рассмотрение блока геодезического информационного обеспечения устойчивого развития охватывает все процессы дальнейшей обработки результатов наблюдений, реализуемые с использованием геоинформационных технологий. К ним относятся сбор и системное формирование исходной топографо-геодезической и тематической информации, преобразование аналоговых изображений территорий в цифровые, моделирование территорий, пространственный анализ и др. По существу, практически все указанные процессы входят составной частью в блок моделирования геопространства и параметров устойчивого развития территории.

Особого внимания требует структуризация моделирования в геодезической подсистеме, поскольку его формы и содержание неоднозначны. Суть математического моделирования определяется абстрактным, упрощенным отображением действительности логико-математическими формулами, передающими в концентрированном виде сведения о структуре, взаимосвязях и динамике исследуемых географических явлений. Обсуждаются существенные недостатки математического моделирования, но делается вывод о целесообразности комплексирования картографических и математических моделей и неприемлемости их противопоставления.

С целью развития результатов анализа, выполненного в [6], предлагается разделять при структурировании два взаимосвязанных вида моделирования, выполняемого на основе геодезических данных, на информационное и математическое. К информационному относится построение различных видов моделей территориального геопространства в аналоговой и цифровой формах. К математическому моделированию относится определение пространственных и пространственно-временных закономерностей развития изучаемых процессов (явлений) по результатам геодезических и комплексных натурных наблюдений. Необходимо при этом подчеркнуть, что в отличие, например, от разведочной геофизики, многие недостатки математического моделирования, как отмечено в [6], относятся к абстрактным моделям, структура которых выбирается недостаточно обоснованно, а параметры не оцениваются по результатам натурных наблюдений.

В широком понимании любой вид моделирования, особенно математическое, должен содержать структурную и параметрическую идентификацию, проверку адекватности модели, прогнозирование и верификацию прогнозов. Структурная идентификация должна осуществляться на основе анализа физической природы

изучаемого процесса и результатов геодезических наблюдений за ним. Параметрическая идентификация количественно синтезирует основные закономерности развития процесса, анализ которых может быть содержательно интерпретирован.

В связи с вышеизложенным, структуризацию моделирования в геодезической подсистеме целесообразно осуществлять условно, исходя из следующих соображений. По существу, информационное моделирование территориального геопространства начинается при производстве топографических и тематических съемок, в результате которых получают аналоговую топографическую основу и ее тематическое содержание, а при использовании электронных тахеометров – представление в цифровой форме. Однако, эта составляющая информационного моделирования правомерно включена в блоки геодезических наблюдений и обработки результатов. Аналогично структурируется аэрокосмическое зондирование и его первичные результаты.

Другие виды информационного моделирования относятся к блоку геодезического пространственного информационного обеспечения устойчивого развития, выполняемого с использованием геоинформационных технологий. Однако, в некоторых организациях, в силу технологических особенностей их производства, могут выполняться без применения ГИС такие виды моделирования, как получение растровых изображений с аналоговых оригиналов и их последующая векторизация.

Математическое моделирование, в том числе прогнозирование, отнесены к блоку экспертной оценки устойчивого развития и разработки проектов. Проектирование должно производиться на основе экспертной оценки и прогноза и быть направленным на регулирование входных воздействий с целью ослабления их неблагоприятного влияния, а также на устранение возникших на выходе системы нарушений устойчивого развития. Следует отметить, что в ГИС пока недостаточно разработан инструментарий математического моделирования.

На основе результатов системного геодезического обеспечения осуществляются последующие процессы и, в частности, последующая экспертная оценка устойчивого развития и проектирования, которое также реализуется на основе геоинформационных технологий.

Экспертная оценка экологической обстановки территорий начинает частично производиться в процессе создания информационного пространства и продолжается при разработке пространственных решений различного уровня и назначения. Пространственные решения являются, по сути, проектированием, которое нужно разделять на текущее (в пределах десятилетий) и перспективное (на далекое будущее). В рамках последнего должны закладываться фундаментальные решения по обеспечению устойчивого развития.

Экспертная оценка далекого будущего представляет собой чрезвычайно сложную проблему, связанную с характером космических явлений, в том числе, с изменением параметров Земли, информацию о которых дает геодезия. В работах [1, 2] выдвигается идея проектологии будущего мира, которая должна иметь нравственное и научно-техническое содержание. Подчеркивается, что практическую деятельность человеческого общества нужно согласовывать с законами

природы. Управление миром без знания законов природы, в противоречии с ними приведет к системному кризису устойчивого развития. Геодезическая информация дает возможность выявлять на эмпирической основе количественные закономерности развития геопространства, анализировать и оценивать его возможное будущее состояние.

Регулирование состояния устойчивого развития (см. рис. 1) делает возможной обратную связь системного геодезического информационного обеспечения с входными воздействиями и выходной переменной системы устойчивого развития. Эта связь осуществляется, как уже отмечалось, путем разработки и реализации гуманитарных научно-технических проектов с опорой на творческий потенциал человеческого общества. Научно-техническое инженерное проектирование должно быть направлено на снижение уровня опасных природных и антропогенных воздействий на входе системы устойчивого развития и регулирование до допустимых норм или до полного устранения неблагоприятных экологических последствий на выходе системы.

В результате фундаментальных научно-технических решений, ориентированных на далекое будущее, должна быть открыта универсальная система общих законов природы и разработаны технологии их использования для сохранения устойчивого развития [1, 2].

Ученые и практики различных областей знаний ведут активную деятельность, направленную на решение разнообразных общих и конкретных задач регулирования процесса устойчивого развития. Геодезическая информация при этом является основой, позволяющей осуществлять контроль за пространственно-временными изменениями показателей устойчивого развития. Вместе с тем, топографо-геодезическая информация, как геопространство, служит основой для проектирования, выноса проектов в природу. Она также обеспечивает и позволяет контролировать заданную проектами геометрию при возведении и эксплуатации объектов геопространства и выявлять закономерности развития процессов по результатам геодезических и комплексных природных наблюдений. Системное осознание роли и задач геодезии в решении проблемы устойчивого развития повышает эффективность применения этого междисциплинарного научно-производственного комплекса.

Анализ вышеизложенного позволяет предложить схему системной связи геодезического информационного обеспечения с устойчивым развитием территории (рис. 2). В верхней части рис. 2 изображена некая территория в эпохи $N - 1$, N , $N + 1$, в которые фиксируется состояние ее устойчивости развития. В эпоху N экономика и общество оказывают на территорию физическое воздействие (сплошные стрелки), влияющее на устойчивость её развития. Воздействие может осуществляться как неорганизованно (браконьерство, несанкционированные свалки и пр.), так и организовано (посредством отраслей народного хозяйства). Далее будем рассматривать только организованные взаимодействия отраслей с устойчивым развитием территории, которые, кроме физического воздействия, осуществляют сбор информации о территории и ее устойчивом развитии (пунктирные стрелки).

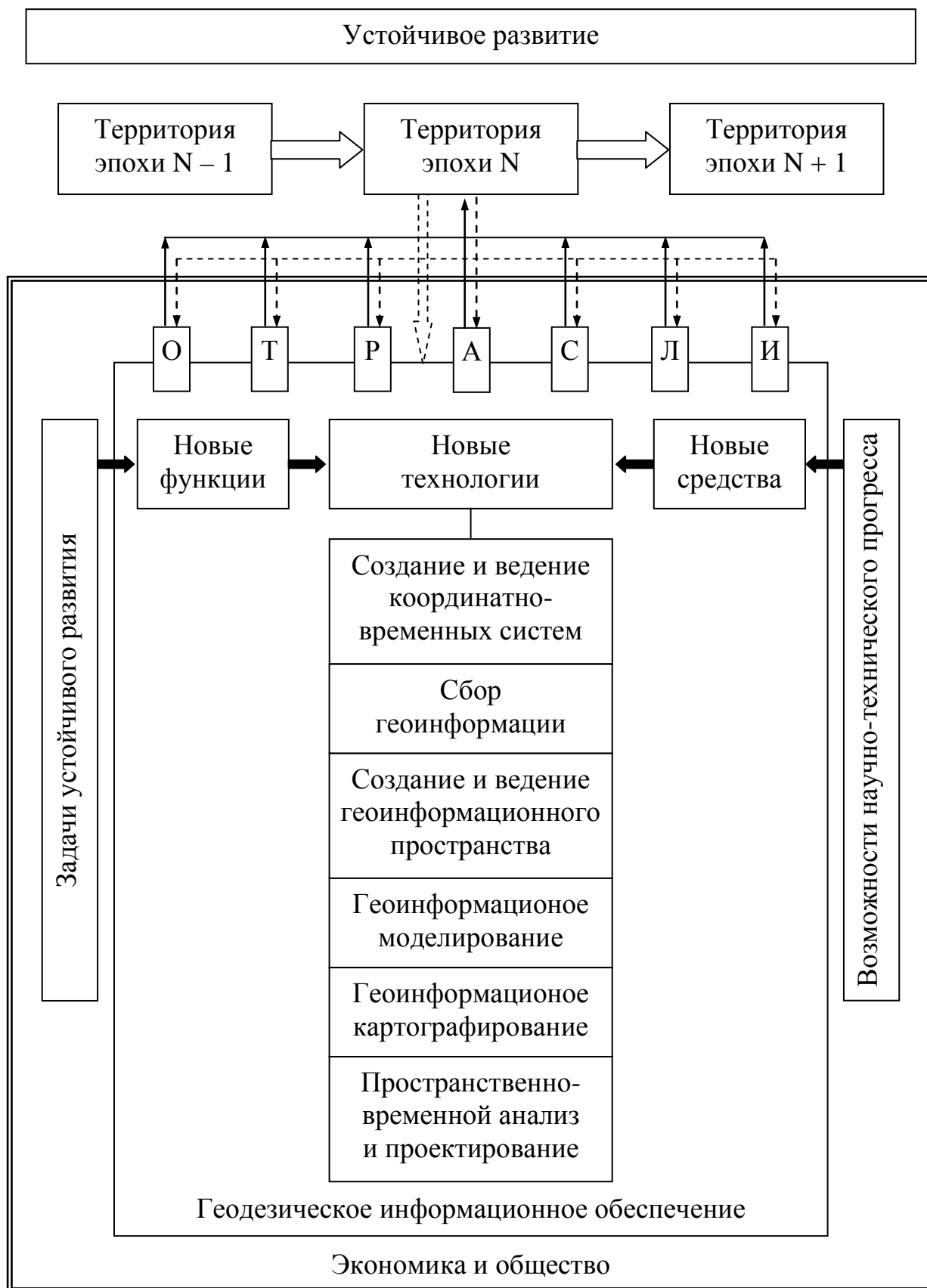


Рис. 2. Схема системной связи геодезического информационного обеспечения с устойчивым развитием территории

Геодезическое информационное обеспечение осуществляется геодезической отраслью, которая непосредственно не оказывает физическое воздействие ни на территорию (за исключением, пожалуй, установки геодезических знаков), ни на устойчивость ее развития. Геодезическое информационное обеспечение осуществляет сбор геоинформации о территории и ее устойчивом развитии непосредственно (двойная пунктирная стрелка) и в составе отраслей.

Устойчивое развитие ставит перед геодезическим обеспечением задачи, которые обуславливают необходимость новых функций в составе геодезического информационного обеспечения. С другой стороны, современные возможности научно-технического прогресса предоставляют новые средства для осуществления геодезического информационного обеспечения. К ним относятся: компьютеры, спутниковое определение пространственного положения, дистанционное зондирование Земли, сканерное изучение пространства, ГИС, СУБД и др.

Новые функции и средства обуславливают разработку новых технологий геодезического информационного обеспечения: создания и ведения координатно-временных систем; сбора геоинформации; создания и ведения геоинформационного пространства; геоинформационного моделирования; геоинформационного картографирования; пространственно-временного анализа и проектирования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кузнецов, П.Г. Система природа-общество-человек: устойчивое развитие [Текст] / П.Г. Кузнецов, Б.Е. Большаков, О.Л. Кузнецов. – М.: Ноосфера, 2000. – 390 с.
2. Кузнецов, П.Г. Устойчивое развитие: синтез естественных и гуманитарных наук [Текст] / П.Г. Кузнецов, Б.Е. Большаков, О.Л. Кузнецов. – Дубна: РАЕН, 2001. – 280 с.
3. Математические основы теории автоматического регулирования [Текст] / Под общ. ред. Б.К. Чемоданова. – М.: Высш. шк., 1971. – 808 с.
4. Алаев, Э.Б. Социально-экономическая география [Текст]: понятийно-терминологический словарь / Э.Б. Алаев. – М.: Мысль, 1983. – 350 с.
5. Реймерс, Н.С. Природопользование [Текст]: словарь-справочник / Н.С. Реймерс. – М.: Мысль, 1990. – 640 с.
6. Тикунов, В.С. Моделирование в картографии [Текст] / В.С. Тикунов. – М.: Изд-во МГУ, 1997. – 405 с.

Получено 07.06.2010

© А.П. Картик, 2010

УДК 551.2/3

А.И. Каленицкий, Э.Л. Ким, М.Д. Козориз, В.А. Середович

СГГА, Новосибирск

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ГРАВИМЕТРИИ И ВЫСОКОТОЧНОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ЛОКАЛИЗАЦИИ УЧАСТКОВ ПОВЫШЕННОГО ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО РИСКА НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ УГЛЕВОДОРОДОВ

Излагаются результаты натуральных геодезическо-гравиметрических наблюдений на примере Спорышевского геодинамического полигона. Даны предложения по совершенствованию технологии проведения работ.

гравиметрия, высокоточное нивелирование, геодинамический полигон, локализации участков повышенного промышленного риска.

A.I. Kalenitsky, E.L. Kim, M.D. Kozoriz, V.A. Seredovich

SSGA, Novosibirsk

THE RESULTS OF GRAVIMETRY AND HIGHLY-ACCURATE LEVELING APPLICATION FOR HIGH GEODINAMIC RISK AREAS LOCALIZATION ON HYDROCARBON DEPOSITS

The article presents the results of natural geodetic and gravimetric observations on an example of Sporyshevsky geodynamic site. Recommendations on the perfection of technology of work are given.

gravimetry, precise leveling, aerodynamic ground, bad risk area localization.

Одним из требований по обеспечению промышленной безопасности и охраны недр на месторождениях нефти и газа является создание и функционирование геодинамических полигонов (ГДП).

Обобщенный опыт проведенных работ на различных ГДП в нашей стране и за рубежом позволил сформулировать общие требования по составу, точности работ и регламенту наблюдений при проведении геодинамического мониторинга [1]. При этом выявлено, что места проявления геодинамических движений, а, следовательно, и места проявления аварий и катастроф в большей мере тяготеют к активным тектоническим структурам и непосредственно прилегающим к ним объемам пород и участкам земной поверхности. В ряде разломов различного типа были обнаружены аномальные вертикальные и горизонтальные движения. Эти аномальные события, названные суперинтенсивными геодинамическими движениями, амплитудны (до 50–70 мм/год), короткопериодичны (0,1–1,0 год), пространственно локализованы (0,1–1,0 км) и обладают пульсационной и знакопеременной направленностью [1]. Коллективом ученых ИГД УрО РАН выявлен новый класс геодинамических движений в разломных зонах с амплитудами до 60–110 мм, периодами 30–60 с, 40–60 мин и подтверждены движения с периодами до года и более. Всем этим движениям, наряду

с трендовой составляющей, свойственны пульсационный характер и знакопеременная направленность [2, 3].

Исходя из этого, изучение геодинамических процессов в первую очередь необходимо начинать с уточнения геолого-тектонической структуры ГДП.

Изучение геодинамических процессов на Спорышевском ГДП, выполняемых СГГА совместно с ОАО «Газпромнефть-ННГ» в период с 2005 г. до настоящего времени, проводится с учетом вышеизложенного.

Для уточнения геолого-тектонической структуры ГДП в первом цикле изучения геодинамических процессов была применена площадная высокоточная гравиметрическая съемка. Выбор методики обработки осуществлялся, исходя из поставленной задачи с привлечением данных сейсмометрии и морфометрии на территорию месторождений.

В гравиметрии, в отличие от геодезических натуральных наблюдений, к процедурам собственно обработки и уравнивания результатов дополнительно добавляется наиболее трудоемкий процесс определения аномалий силы тяжести и их разделение на составляющие – процессы редуцирования гравитационного поля и редуцирования его аномалий. При изучении геодинамических процессов, как и при геологоразведочных работах, определение аномалий силы тяжести требуется выполнять не только с нормативно принятыми значениями плотности промежуточного слоя, но и с плотностью горных пород, слагающих топографические массы, наиболее приближенной к ее среднему значению на территории работ [4, 5, 6].

Процедура определения аномалий силы тяжести (редуцирования исходного измеренного гравиметрического поля) на участке работ включала вычисление значений нормального поля Земли (уровень отсчета – условный) с учетом в них поправок за высоту, влияние промежуточного слоя топографических масс (редукция Буге) в двух вариантах:

- 1) с нормативным значением плотности $\sigma_0 = 2,67 \text{ г/см}^3$,
- 2) с принятой для территории работ плотностью $\sigma_0 = 2,0 \text{ г/см}^3$.

В свою очередь, поправки за влияние промежуточного слоя топографических масс определялись, как сумма двух поправок:

- 1) за притяжение параллельного слоя,
- 2) за отклонение реальной поверхности от параллельного слоя (поправки за рельеф).

Было выполнено качественное редуцирование аномалий силы тяжести с целью использования их региональных и локальных значений для интерпретации сейсмо-тектонической обстановки на территории ГДП, так как количественное решение задачи было затруднено из-за дефицита сведений об особенностях изменения физических свойств горных пород.

Для выполнения качественного редуцирования, исходя из теоремы Фишера о предельных глубинах залегания источников аномалий, был определен размер контура палетки осреднения аномального поля так, чтобы в локальных аномалиях наиболее полно отразились плотностные неоднородности верхней

части разреза в пределах глубин от 0 до 1,0–1,5 км. Размер стороны контура квадрата осреднения был принят равным 6 км. Цифровая модель аномального гравитационного поля при этом была задана с шагом 1 км.

В связи с тем, что рабочим полем для интерпретации являлись значения силы тяжести в редукции Буге с $\sigma_0 = 2,0 \text{ г/см}^3$ и общая средняя квадратическая погрешность составила величину $m_{\Delta g} = \pm 0,045 \text{ мГал}$, сечение изоаномал, принятое для схемы регионального фона – 0,2 мГал, а для схемы локальных аномалий – 0,1 мГал.

Схемы значений аномального регионального и локального полей силы тяжести представлены соответственно рис. 1, 2.

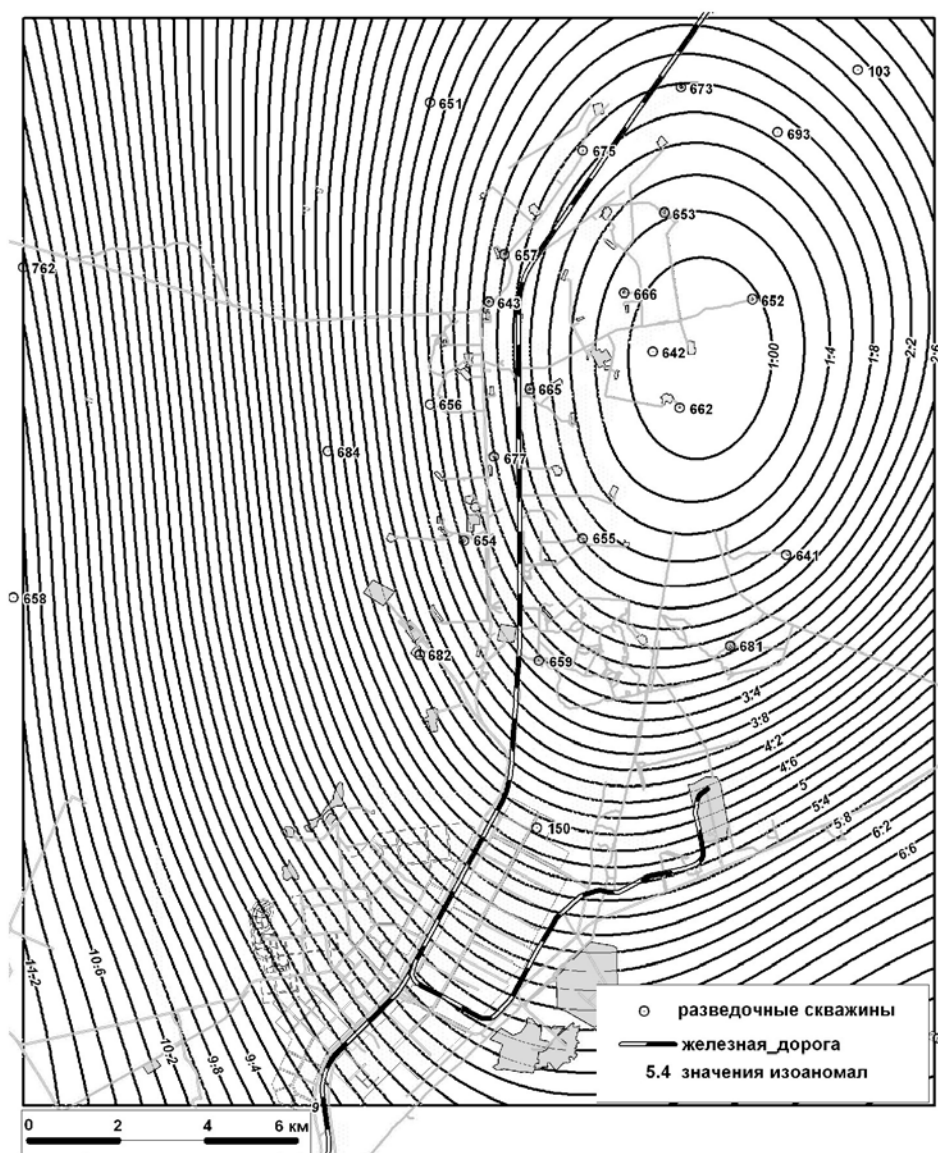


Рис. 1. Схема аномального регионального фона в редукции Буге (уровень отсчета – условный)

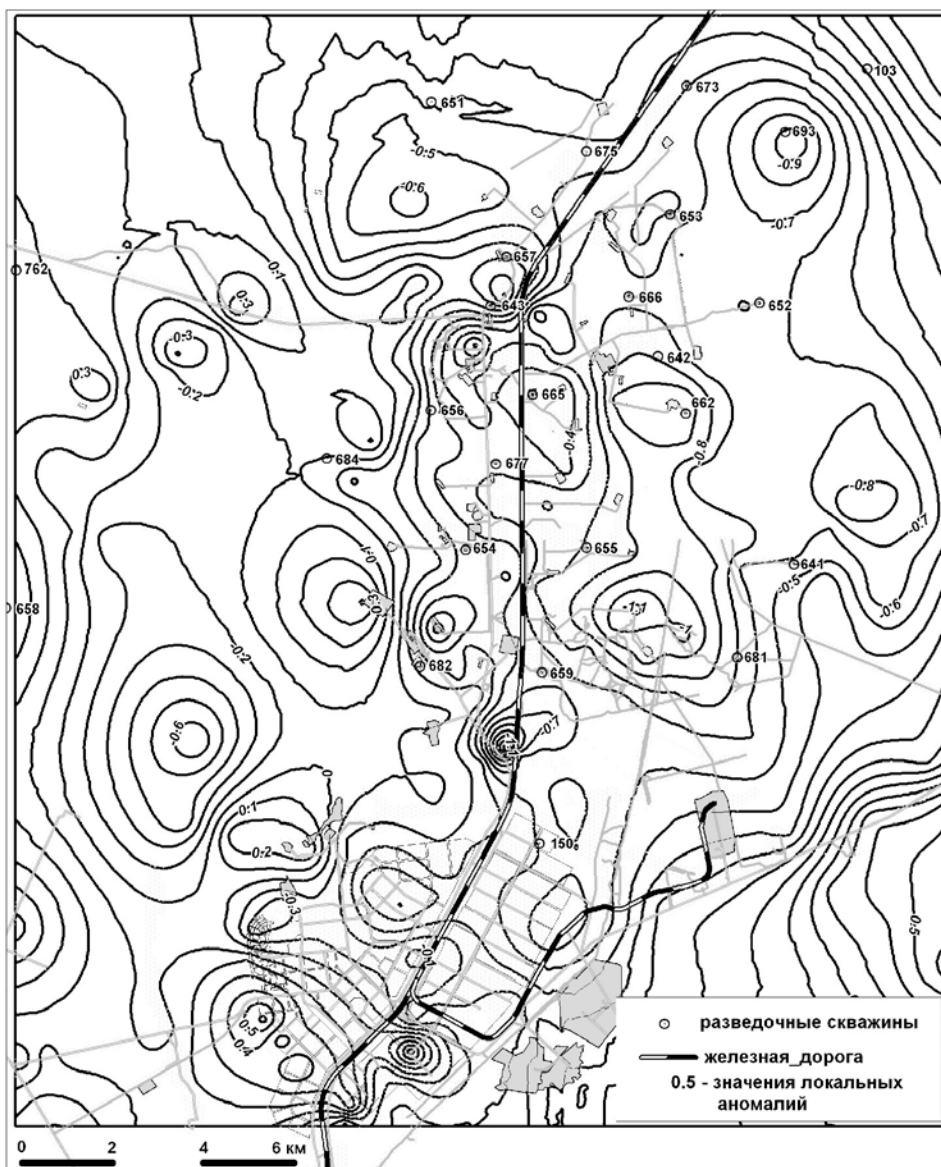


Рис. 2. Схема локальных аномалий силы тяжести (уровень отсчета – условный)

На основе качественного анализа поля локальных аномалий были выявлены зоны повышенных значений горизонтального градиента их изменения, а также направления линейного простираения этих зон, свидетельствующих о возможности приуроченности к ним дизъюнктивных элементов в верхней части геологического разреза с возможным проникновением в нижние горизонты осадочного чехла.

С учетом таких зон, данных линейamentного анализа форм рельефа на территории ГДП (выполнен в ОАО «Газпромнефть – ННГ») и результатов сейсморазведки (ОАО «Центральная геофизическая экспедиция», 2001 г.) построена схема комплексной интерпретации гравиметрическо-геофизических данных (рис. 3).

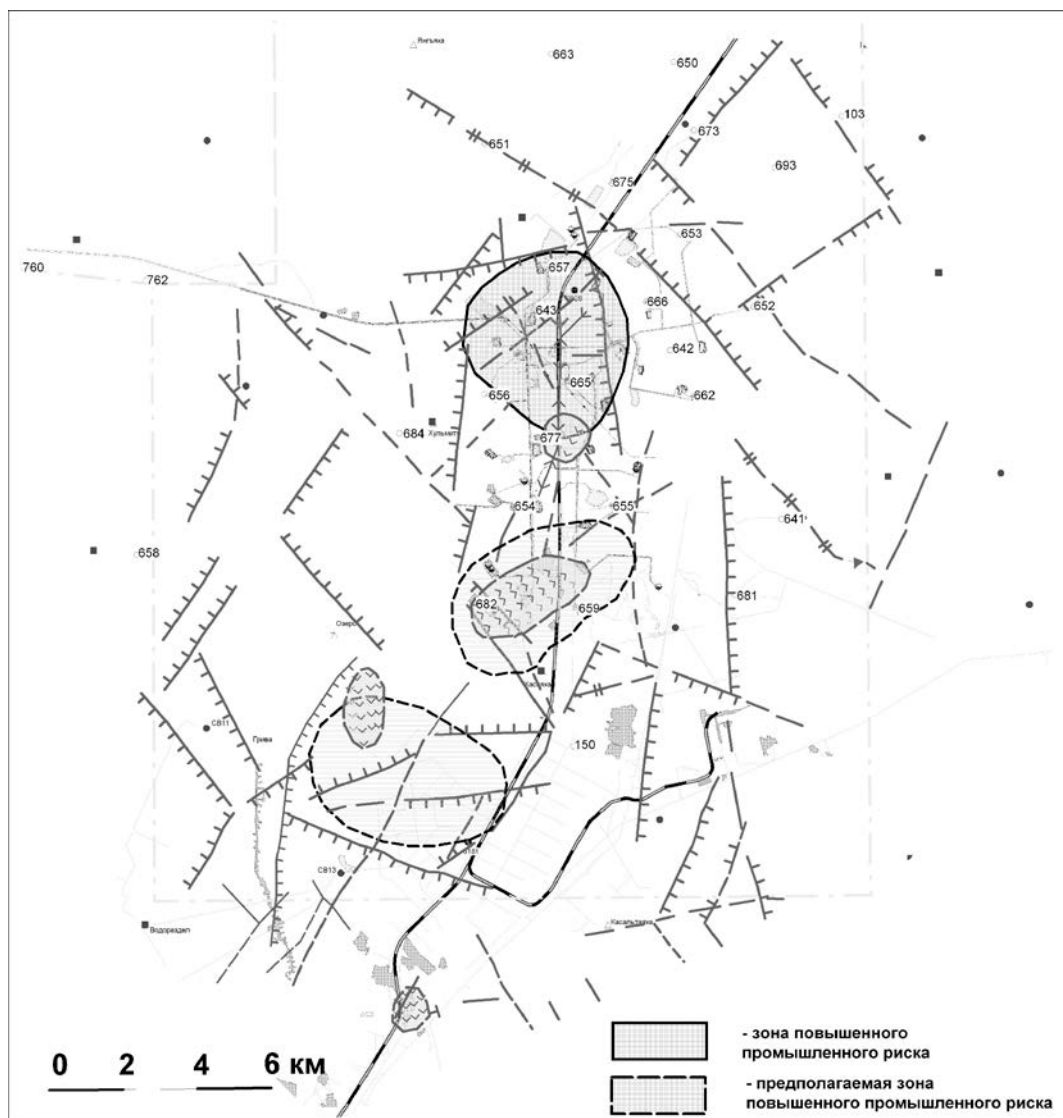


Рис. 3. Схема результатов комплексной интерпретации гравиметрическо-геофизических данных

По комплексу данных на схеме оконтурены зоны повышенного промышленного риска: одна – выделяемая уверенно, две другие – предполагаемые. Кроме того, выявлена диффузионная картина локального сквозного нарушения согласия залегания горизонтов от фундамента до поверхности дневного рельефа, отражаемого на временных сейсмических разрезах и частично подтверждаемых гравиметрией. Не исключено, что это связано с проявлением вибрации промышленного характера.

При планировании натуральных геодезическо-гравиметрических наблюдений второго цикла были учтены результаты комплексной интерпретации первого цикла. Была проведена докладка пунктов сети. Сведены по возможности к минимуму расстояния между пунктами на локализованных участках, уточнена программа наблюдений за смещениями земной поверхности.

Полученные данные о вертикальных смещениях поверхности на локализованной территории ГДП в целом подтвердили результаты комплексной интерпретации данных гравиметрии 1-го цикла наблюдений.

Выводы

Анализ выполненных и выполняемых работ на Спорышевском и других ГДП показал необходимость (при предварительном изучении имеющихся физико-геологических данных) упреждающего проведения гравиметрической съемки территории ГДП, результаты которой обеспечивают выявление особенностей ее геолого-тектонического строения.

Это позволяет произвести предварительную локализацию участков повышенного промышленного риска и конкретизировать выбор места закрепления долговременных пунктов-реперов высокоточных геодезических натуральных измерений (нивелирования, координирования).

Подобный порядок выполнения работ на ГДП может существенно сократить затраты на проведение натуральных геодезическо-гравиметрических наблюдений в последующих циклах. При этом появляется возможность увеличения частоты проведения последующих циклов с целью выявления короткопериодичных знакопеременных деформационных смещений поверхности исследуемой территории, которые в большинстве случаев проявляют себя как локальные разрывы в осадочном чехле и могут служить предпосылкой большинства аварий на трубопроводах и технических системах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кузьмин, Ю.О. Геодинамические полигоны – эффективный инструмент обеспечения эколого-промышленной безопасности объектов нефтегазового комплекса [Текст] / Ю.О. Кузьмин // Сб. материалов IV Междунар. науч. конгр. «ГЕО-Сибирь-2008». Т. 1, ч. 2, Новосибирск. 22–24 апр. 2008 г. – Новосибирск: СГГА, 2008. – С. 22–26.
2. Сашурин, А.Д. Современная геодинамика и развитие катастроф на объектах недропользования катастрофы [Текст] / А.Д. Сашурин // Тр. междунар. конф. «Геодинамика и напряженное состояние недр Земли», Новосибирск. 6–9 окт. 2003 г. – Новосибирск: ИГД СОРАН, 2003.
3. Кострюкова, Н.К. Локальные разломы земной коры – факторы риска [Текст] / Н.К. Кострюкова, О.М. Кострюков. – М.: АГН, 2002.
4. Каленицкий, А.И. Технология прикладной высокоточной гравиметрии [Текст]: дисс. на соиск. учен. степ. д-ра техн. наук / Каленицкий Анатолий Иванович. – Новосибирск, 1994. – 73 с.
5. Инструкция по гравиразведке [Текст]. – М.: Недра, 1988.
6. Каленицкий, А.И. Методические рекомендации по учету влияния рельефа местности в гравиразведке [Текст] / А.И. Каленицкий, В.П. Смирнов. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 1980. – 138 с.

Получено 21.04.2010

© А.И. Каленицкий, Э.Л. Ким, М.Д. Козориз, В.А. Середович, 2010

УДК 528.004

А.И. Каленицкий, А.В. Дубровский

СГГА, Новосибирск

В.А. Бударова

ТюмГАСУ, Тюмень

ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ 3D СЕЙСМОРАЗВЕДКИ НА ТЕРРИТОРИЯХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА

Рассматривается автоматизированная «сквозная» технология обработки результатов геодезического обеспечения сейсморазведочных работ на единой геоинформационной основе.

геодезическое обеспечение, сейсморазведка, единогоформатная методика, автоматизированная технология.

A.I. Kalenickii, A.V. Dubrovskii

SSGA, Novosibirsk

V.A. Budarova

TSABU, Tyumen

TECHNOLOGY OF PROCESSING OF RESULTS OF GEODETIC MAINTENANCE 3D SEISMIC PROSPECTING IN TERRITORIES OF OIL FIELDS AND GAS

Is considered the automated "through" technology of processing of results of geodetic maintenance seismic and Prospecting works on a uniform information basis.

geodetic maintenance, seismic prospecting, a technique, the automated technology.

При создании информационного геолого-геофизического пространства территории нефти и газа основными параметрами служат результаты геодезического обеспечения наземных геофизических работ, в том числе пространственной 3D сейсморазведки. При этом обязательным условием является использование современных средств обработки и интерпретации.

Многообразие методов и модификаций геофизических исследований, ландшафтных и климатических условий, в которых они выполняются, вызывает необходимость использовать для их геодезического и навигационного обеспечения широкий круг технических средств, способов и технологий, включая комплексное их применение [1].

Более проблемной является автоматизированная обработка разнородных результатов геодезического и навигационного обеспечения профильной и площадной сейсморазведки, представленная известными комплексами соответствующих методик и технологий, в частности, разработанных и на научно-производственной базе ЗАО «ГЕОТЕК» холдинга ОАО «Хантымансийскгеофизика».

В современных условиях развития геоинформационных технологий появилась возможность автоматизированной обработки геофизических данных и создания «сквозной» технологии на единой геоинформационной основе, предусматривающей полное совмещение форматов промежуточных и конечных результатов.

Поэтому требовалась разработка единого формата методики и технологии геодезического обеспечения территорий с целью создания и построения высокоинформативных карт расположения пунктов геофизических наблюдений (ПГН) объемной 3D сейсморазведки. Для этого нами были решены следующие задачи:

- выполнен обзор и анализ методик и технологий автоматизированной обработки результатов геодезического обеспечения продольной и площадной сейсморазведки в сопоставлении с геодезическим обеспечением других геофизических методов поисков и разведки месторождений полезных ископаемых;

- обоснованы требования к повышению качества и производительности автоматизированной обработки результатов геодезического обеспечения сейсморазведки;

- выполнен сравнительный анализ существующих методик обработки результатов планово-высотного обеспечения объемной 3D сейсморазведки на территории разведки и эксплуатации месторождений нефти и газа;

- разработана методика и автоматизированная технология обработки результатов геодезического обеспечения сейсморазведки на основе использования геоинформационных систем;

- обоснована «сквозная» автоматизированная технология координирования и создания карт расположения пунктов объемной 3D сейсморазведки.

Таким образом, объектом наших исследований являлся комплекс геофизических и геодезических натуральных наблюдений, выполняемых на территориях месторождений нефти и газа, предмет исследования – технология обработки результатов планово-высотного обеспечения объемной 3D сейсморазведки на основе использования геоинформационных систем.

Технология координирования пунктов геофизических наблюдений (ПГН), создания карт их расположения при объемной 3D сейсморазведке призвана:

- обеспечить исключение совмещения разных входных и выходных форматов данных, особенно при экспорте результатов геофизической службе для расчета и построения выходных документов, необходимых в процессе обработки и интерпретации геофизических измерений;

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

- обеспечить экономический эффект процесса обработки данных и формирования выходных и отчетных материалов.

Разработанная нами технология координирования ПГН и создания карт их расположения при объемной 3D сейсморазведке представлена в общей техно-

логической схеме процессов формирования и создания выходных материалов геодезического обеспечения объемной сейсморазведки на рис. 1.

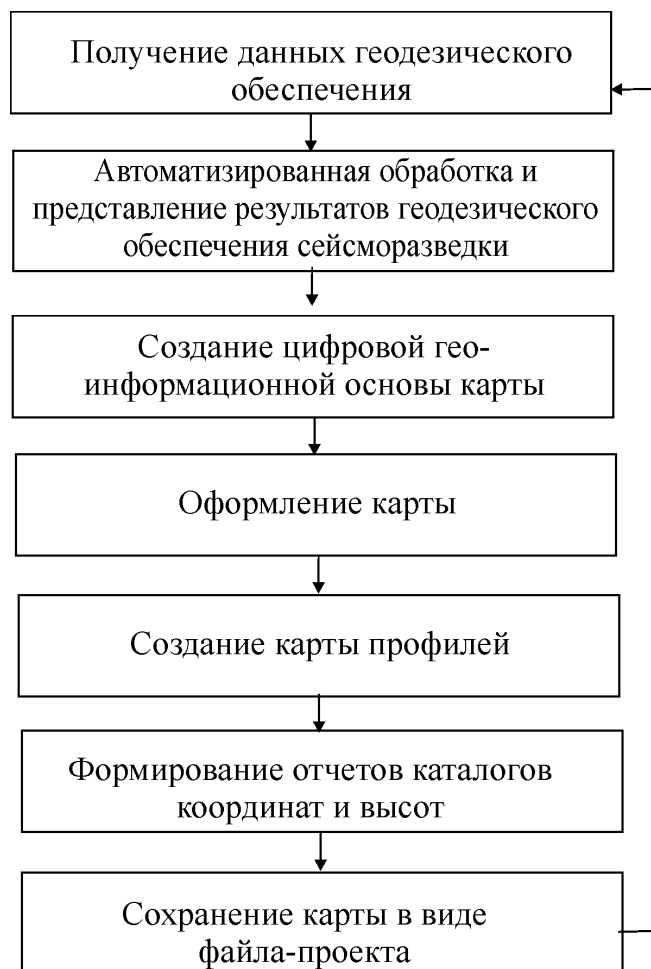


Рис. 1. Общая технологическая схема процессов формирования и создания выходных материалов геодезического обеспечения сейсморазведки

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

С целью разработки автоматизированной технологии обработки результатов геодезического обеспечения и создания выходных и отчетных материалов сейсморазведки были исследованы возможности программных продуктов CREDO: модулей CREDO_DAT, CREDO_TER, CREDO_SR и графического редактора Corel Draw. Функционирование модулей программы CREDO и графического редактора Corel Draw реализовано в алгоритме технологического процесса, представленного на рис. 2.

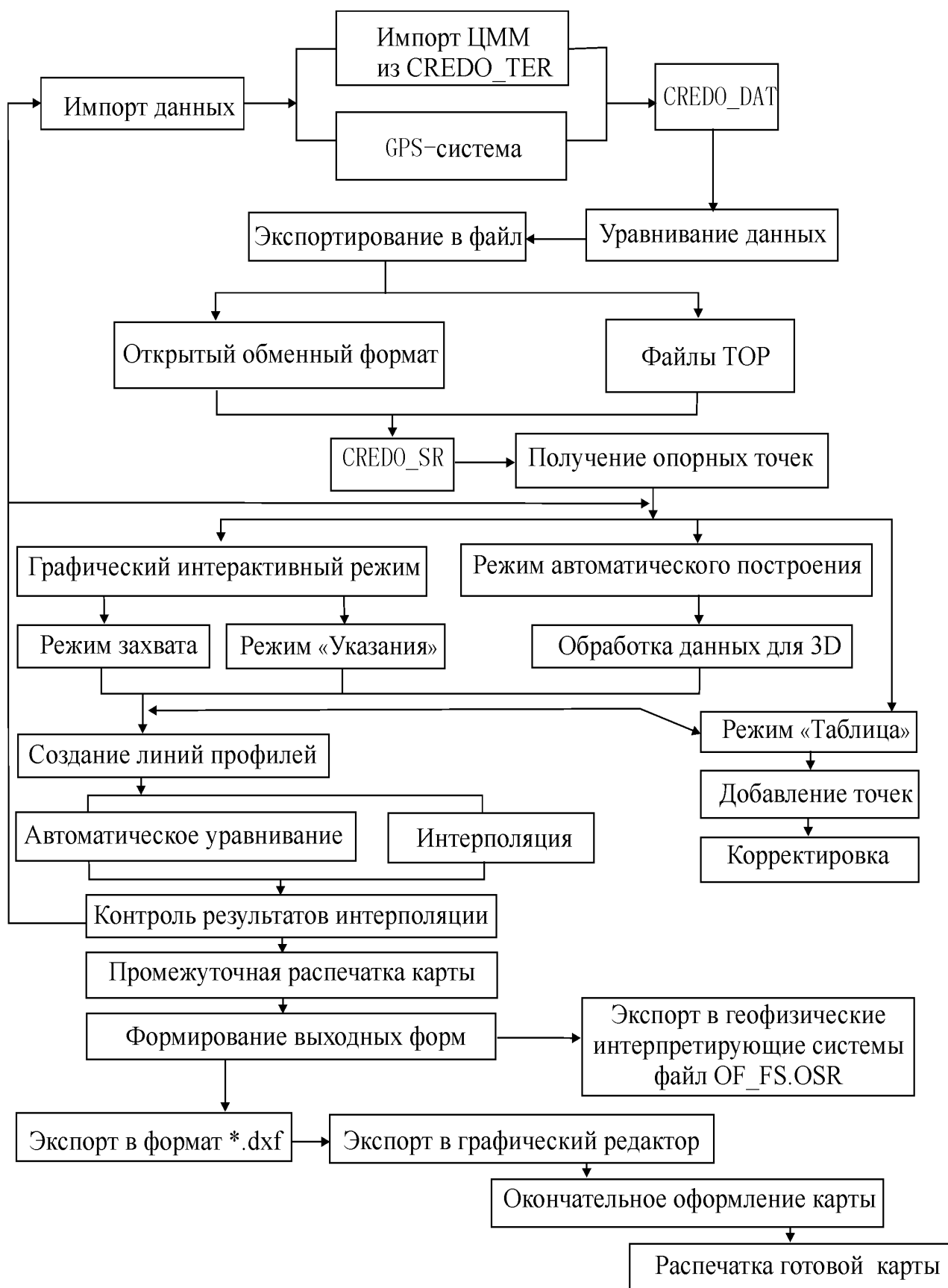


Рис. 2. Алгоритм технологического процесса создания выходных и отчетных материалов геодезического обеспечения 3D сейсморазведки

В предложенной технологии имеется ряд специфических особенностей, которые влияют на производительность работ при выполнении следующих процедур:

- формирование файлов с промежуточными форматами;
- их экспорт в последующие модули программы CREDO;
- их экспорт в графический редактор Corel Draw;
- операция масштабирования в графическом редакторе Corel Draw, особенно в ранних версиях.

Важным фактором являются и финансовые показатели при выборе одного или нескольких конкретных программных продуктов, и, как следствие – затраты на обучение специалистов.

После перехода на полностью автоматизированный режим сбора информации с геодезического оборудования (электронные тахеометры и GPS-оборудование) и появления на рынке программного обеспечения инструментальных геоинформационных систем, в особенности ГИС MapInfo Profesional (США), представилась возможность использовать одну программу вместо четырех ранее используемых. При этом на этапе создания карт профилей и ПГН применяются существующие технологии профильного представления данных сейсмической разведки.

Было предложено выполнять интеграцию карт профилей с общей обзорной картой территории возможного освоения месторождения. Это позволяло реализовать техническое решение, обеспечивающее возможность осуществить переход от одного профиля к другому с помощью интегрированного в среду ГИС языка запросов. Организованный таким образом технологический процесс создания выходных материалов, в том числе карт расположения ПГН объемной сейсморазведки 3D, на основе предложенной последовательности действий позволяет реализовать сквозной режим автоматизированной обработки результатов геодезического обеспечения территорий, используя один программный продукт ГИС – MapInfo Profesional.

Алгоритм этого процесса представлен на рис. 3 технологической схемой формирования выходных форм информации по данным геодезического обеспечения объемной 3D сейсморазведки с применением ГИС MapInfo.

Представленная технология формирования выходных форм и создания карт 3D сейсморазведки адаптирована и внедрена в производство с использованием различных программных продуктов. При этом пользователь, исходя из конкретных потребностей, может регулировать последовательность действий, обеспечивая ресурсосберегающий режим технологических процессов, и выполнять работы на том программном обеспечении, которое используется в предприятии.

Таким образом, появилась возможность уменьшить финансовые затраты на покупку лицензионного программного обеспечения, а также затраты, связанные с подготовкой и переподготовкой сотрудников организации.

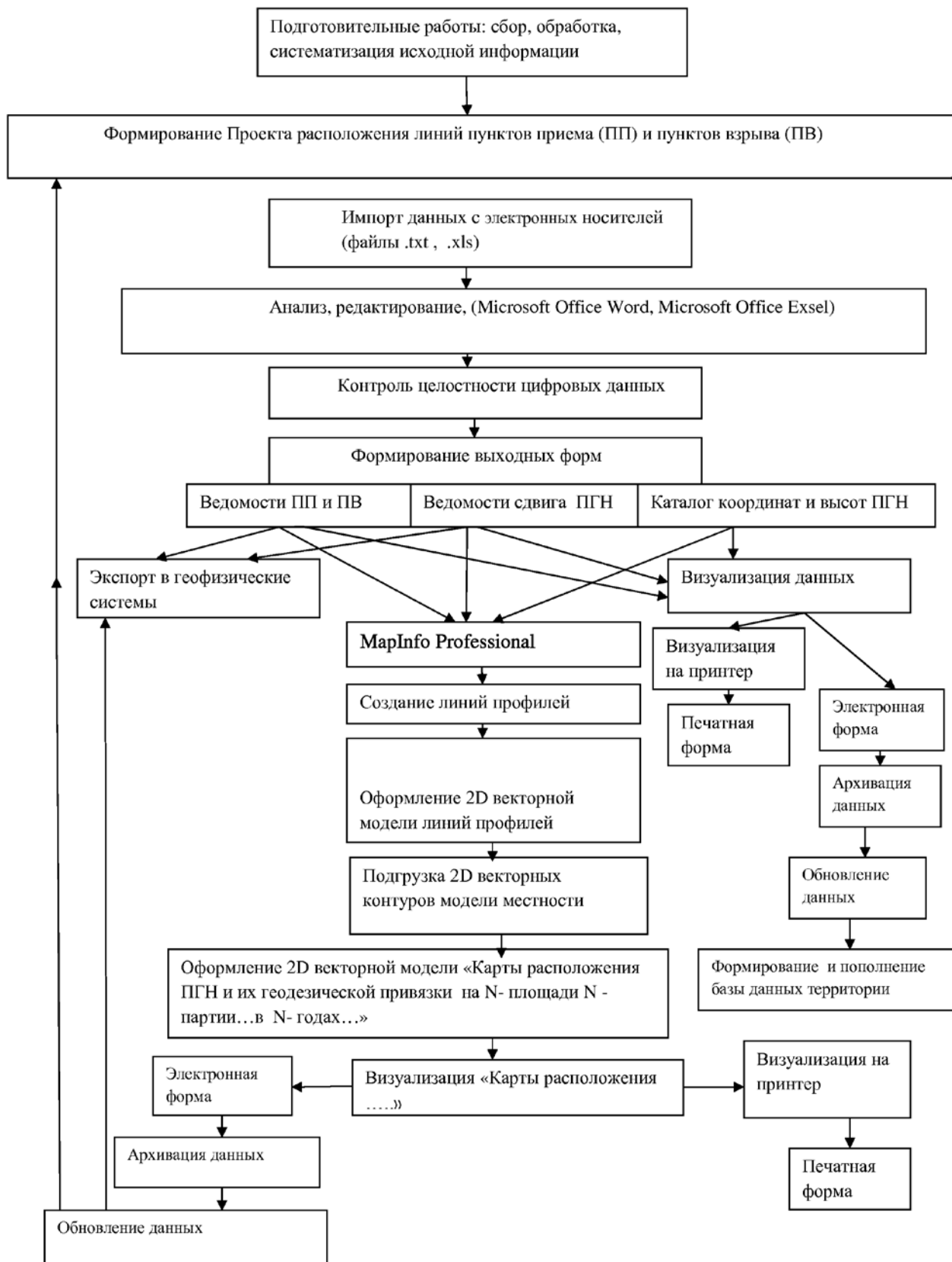


Рис. 3. Технологическая схема формирования выходных форм по данным геодезического обеспечения объемной 3D сейсморазведки с применением ГИС MapInfo

Выводы

Технология координирования ПГН, создания карт их расположения при объемной 3D сейсморазведке на основе использования геоинформационных систем позволяет:

- реализовать «сквозной» автоматизированный технологический процесс координирования и создания карт расположения пунктов объемной 3D сейсморазведки, исключая совмещение разных входных и выходных форматов данных, необходимых в процессе обработки и интерпретации геодезических и геофизических измерений;
- повысить возможность оперативного проведения исправлений и дополнений при последующих геодезических работах, проектировании, компьютерном анализе, геоинформационной обработке, архивации и хранении данных;
- повысить производительность работ с обеспечением экономического эффекта процесса обработки данных;
- регулировать финансовые затраты при выборе программных продуктов;
- сократить затраты на обучение специалистов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Прихода, А.Г. Навигационно-геодезическое обеспечение геолого-геофизических исследований [Текст] / А.Г. Прихода // Геофизика. – 2008. – № 4. – С. 44–51.
2. Бударова, В.А. Опыт создания карт 3D сейсморазведки с использованием геоинформационных технологий [Текст] / В.А. Бударова // ГЕО-Сибирь-2009. Т. 1. Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия. Ч. 2: сб. материалов V междунар. науч. конгр. «ГЕО-Сибирь-2009», 20–24 апр. 2009 г., Новосибирск. – Новосибирск: СГГА, 2009. – С. 41–44.

Получено 17.05.2010

© А.И. Каленицкий, А.В. Дубровский, В.А. Бударова, 2010

УДК 528:629.783

А.В. Середович, А.В. Иванов, Т.А. Широкова, А.В. Антипов, А.В. Комиссаров
СГГА, Новосибирск

ОСОБЕННОСТИ НАЗЕМНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ТОННЕЛЕЙ

В статье рассматриваются особенности наземной лазерной съемки железнодорожных тоннелей с целью мониторинга деформаций их внутренней обкладки.

железнодорожный тоннель, наземный лазерный сканер, технология, цифровая модель, внутреннее очертание тоннеля, оценка состояния тоннеля.

A.V. Seredovich, A.V. Ivanov, T.A. Shirokova, A.V. Antipov, A.V. Komissarov
SSGA, Novosibirsk

FEAFURES OF THE TERRESTRIAL LASER SCANNING FOR THE PURPOSES OF MONITORING OF RAILWAY TUNNELS

The article describes the principles of investigation of railway tunnels deformations by means of terrestrial laser scanning facilities.

railway tunnel, terrestrial laser scanner, technology, digital model, inside tunnel sketch, tunnel state estimation.

Железнодорожный транспорт и виды услуг, связанные с ним, пользуются большим спросом. Неотъемлемой частью железнодорожных путей являются тоннели. Тоннели – сложный и дорогой вид инженерно-технических сооружений, испытывающих различного вида деформации.

На сегодняшний день для целей мониторинга тоннелей железнодорожного транспорта используются традиционные геодезические приборы [1]: нивелиры, тахеометры и другие измерительные средства, которые обладают рядом недостатков: низкий уровень автоматизации различных процессов, низкая скорость измерений, малая информативность данных, а также необходимость обеспечения постоянного хорошего освещения тоннелей в процессе выполнения измерений. Этим недостаткам лишен наземный лазерный сканер.

В настоящее время разработаны технологии наземной лазерной съемки и методики обработки сканерных данных с целью построения цифровых моделей объектов для решения различных инженерных задач. На основе этих разработок предлагается обобщенная технологическая схема лазерной съемки для мониторинга железнодорожных тоннелей, включающая процессы, приведенные на рис. 1.

В соответствии с данной технологией Региональным центром лазерного сканирования выполнено лазерное сканирование внутренней поверхности железнодорожного тоннеля 106–107 км участка Артышта-Томусинской Западно-Сибирской железной дороги и обработка сканерных данных с целью определения деформаций обкладки тоннеля.



Рис. 1. Обобщенная технологическая схема наземной сканерной съемки для мониторинга железнодорожных тоннелей

В процессе полевых и камеральных работ выявлены особенности объекта и условий съемки, решаемой задачи, которые следует учитывать при проектировании работ, выполнении самой съемки и обработке данных сканирования тоннелей.

На начальном этапе съемочных работ производилась рекогносцировка тоннеля, в результате чего было выявлено приблизительное количество станций сканирования и точек рабочего съемочного обоснования, необходимых для внешнего ориентирования сканов.

Тоннель является протяженным объектом, поэтому сканерные станции располагались практически на одной линии друг за другом через определенное расстояние. Железнодорожный тоннель условно разбит на три участка, имеющие одинаковые внутренние габариты, в зависимости от которых задавалось расстояние между точками стояния сканера.

Железнодорожные тоннели являются объектами стратегического назначения, следовательно, останавливать движение внутри них на длительный период невозможно. В связи с этим большое значение уделялось безопасности и оперативности проведения работ. Конструкцией данного железнодорожного тоннеля на первом и третьем участках предусмотрено наличие специальных ниш, расположенных через 25 м. Для обеспечения повышенных мер безопасности сканерные станции в тоннеле располагались напротив специальных ниш, в которых при движении железнодорожного состава можно было укрыться исполнителям и разместить оборудование. Кроме того, такое расположение сканера обеспечивало отображение на сканах всей внутренней поверхности тоннеля. На втором участке на основании практического опыта расстояние между сканерными станциями было принято 50 м. Наземный лазерный сканер был размещен на железнодорожной тележке типа дрезина, что позволило ускорить процесс сканирования примерно в 2,5 раза. Такое повышение производительности съемки обеспечивалось за счет того, что сканер не нужно было заново устанавливать на штатив и производить его инициализацию, и при этом обеспечивался большой захват объекта съемки с одной сканерной станции, так как чем выше расположен сканер, тем более обширную область он может снять. С учетом особенностей габаритов и формы объекта сканирования для полного отображения его внутренней обкладки предпочтительнее размещать сканер на высоте, примерно равной половине высоты тоннеля. В данном тоннеле высота стояния сканера над железнодорожным полотном составляла 2,4 м.

Из-за того, что внутри железнодорожных тоннелей слабое освещение, получать данные о их внутреннем состоянии при помощи традиционных геодезических средств измерения затруднительно. Однако это не является проблемой при использовании наземных лазерных сканеров, так как они относятся к активным съемочным системам.

Для сканирования внутренней поверхности тоннеля использовался сканер Riegl LMS-Z420i [2]. Поскольку он не имеет устройства для горизонтирования и ориентирования, то внешнее ориентирование сканов производилось с помощью координат точек рабочего планово-высотного обоснования (ПВО), в качестве которых использовались специальные сканерные марки [3].

Точками основного ПВО в железнодорожном тоннеле являлись специальные пикеты, расположенные через каждые 50 м. Их координаты были определены с высокой точностью в местной системе координат.

Для создания рабочего ПВО на каждой сканерной станции вдоль стен тоннеля устанавливалось 8 светоотражающих марок (четыре марки на расстоянии 20 м и четыре – на расстоянии 40 м от сканера). Для оперативности проведения работ марки были расположены таким образом, чтобы 4 из них были отображены на соседних сканах и применялись для их внешнего ориентирования. Определение координат центров марок выполнено с точек основного ПВО при помощи электронного тахеометра Leica TCR1205 в безотражательном режиме. Для лучшего освещения марок в некоторых местах приходилось их подсвечивать.

Для обеспечения необходимой детальности и точности построения цифровой модели тоннеля перед его съемкой был рассчитан угловой шаг сканирования с использованием формулы [4]:

$$\Delta\varphi(\Delta\theta) = \frac{180 \cdot d}{1,41 \cdot \pi \cdot S}, \quad (1)$$

где $\Delta\varphi, \Delta\theta$ – разрешение сканирования по горизонтали и вертикали;

d – минимальный размер элементов объекта, которые должны быть отображены на трехмерной модели тоннеля;

S – расстояние от точки стояния сканера до объекта съемки.

Минимальный размер деталей железнодорожного тоннеля, которые необходимо было отобразить на его трехмерной модели в соответствии с техническим заданием, составляет 20 мм. Расстояние от точки стояния сканера до объекта съемки при расстановке сканерных станций через 50 м было задано 25 м. Тогда угловое разрешение для сканирования второго однородного участка тоннеля, рассчитанное по формуле (1), составило 0,03°.

На первом и третьем участках тоннеля, где имеются ниши, сканерные станции расположены через 25 м. В этом случае расстояние от сканера до снимаемого объекта составляло 12,5 м, а рассчитанный угловой шаг сканирования – 0,06°.

В соответствии с требованием технического задания работы по съемке тоннеля необходимо было выполнить оперативно (в течение трех дней по два рабочих часа). Для повышения производительности работ можно было либо увеличить расстояние между сканерными станциями, либо уменьшить угловое разрешение для сканирования объекта. Однако из-за требования расположения сканерных станций напротив ниш увеличить расстояние между точками стояния сканера не представлялось возможным. Так как дальность действия сканера Riegl LMS-Z420i в 20 раз превышала расстояние между сканерными позициями, то одна и та же область съемки отображалась не менее чем на восьми сканах, что позволило в $\sqrt{8}$ раз уменьшить угловое разрешение. Таким образом, лазерная съемка тоннеля была произведена с 38 сканерных станций в пределах всего поля зрения сканера (360° по горизонтали и 80° по вертикали) с угловым разрешением от 0,18 до 0,12°. В результате вся внутренняя поверхность тоннеля длиной 1 169 м была отсканирована за 3 дня в течение 5,5 часов одной бригадой, состоящей из двух человек.

На первом этапе камеральных работ по обработке результатов наземной лазерной съемки железнодорожного тоннеля выполнялось внешнее ориентирование сканов, в результате которого была получена единая точечная модель тоннеля (рис. 2) во внешней системе координат. Затем эта модель экспортировалась в программный продукт ПП Leica Cyclone 5.8.



Рис. 2. Точечная модель тоннеля и окружающей местности

Одним из важных моментов обработки сканерных данных является сегментирование точечной модели. Так как количество точек модели исчислялось не в тысячах, а в десятках миллионов, то даже современные персональные компьютеры не способны обрабатывать такой объем информации одновременно. Поэтому для последующей работы с единой точечной моделью она была разбита на участки протяженностью 100 м.

Железнодорожные тоннели помимо внутренней обкладки и ниш содержат различного назначения кабели, рельсы, шпалы и т. д. Поэтому в ПП Cyclone производилась фильтрация точечной модели с целью дальнейшего правильного отображения только внутренней обкладки тоннеля при помощи триангуляционной поверхности. В процессе фильтрации модели исключались точки, не несущие полезной информации для решаемой задачи, а также псевдоизмерения (шумы), возникающие при неправильном или повторном отражении сигнала.

К информации, не несущей смысловой нагрузки, в данном случае относятся точки точечной модели, принадлежащие проводам, идущим вдоль стен с обеих сторон; проводам контактной сети, подвешенным при помощи специальных креплений к потолку; местности вне тоннеля; членам бригады исполнителей. Неправильное отражение сигнала возникает из-за пологости угла падающего лазерного луча или особенности отражающей способности некоторых материалов объектов сканирования (например, гладко отшлифованных металлических поверхностей головок рельсов, болтов, гаек и др.).

После фильтрации точечная модель экспортировалась в ПП RealWorks Survey, где выполнялось разряжение ее плотности и построение Mesh-поверхности обкладки тоннеля.

Одна из особенностей камеральной обработки сканерных данных железнодорожного тоннеля, представляющего собой протяженный объект практически цилиндрической формы, состояла в проведении операции разряжения точечной

модели, вызванной следующим обстоятельством. При обеспечении достаточной плотности точек модели на краях участка тоннеля, отобразившегося в пределах скана, происходит утяжеление ее из-за того, что при заданном разрешении сканирования с уменьшением расстояния до объекта возрастает уровень дискретизации, а следовательно, плотность точечной модели в этих областях сканирования становится выше заданной. После разряжения плотность точечной модели составила 1 точку на $1,9 \text{ см}^2$, что соответствовало требованиям технического задания (1 точка на 2 см^2). Данная операция позволила облегчить точечную модель внутреннего очертания тоннеля для последующей обработки и в то же время сохранить необходимую ее дискретизацию.

Построение трехмерной модели тоннеля производилось для каждого стометрового участка в отдельности. Для моделирования Mesh-поверхности внутренней обкладки тоннеля, в большей степени соответствующей цилиндрической форме, использовалась функция Mesh Editing Tools, с помощью которой по оси точечной модели тоннеля задавался цилиндр, на который проектировались точки. Созданная трехмерная Mesh-поверхность обкладки тоннеля затем экспортировалась в программный продукт RapidForm, где при помощи функции Mesh Buildup Wizard были устранены грубые погрешности в построении векторной модели и выполнено ее сглаживание. Трехмерная векторная модель внутренней обкладки тоннеля позволяет определить деформацию в любой точке тоннеля, что не представляется возможным при использовании точечной модели, так как она дискретна.

Для оценки точности создания цифровой модели тоннеля в интерактивном режиме в ПП Cyclone измерены расхождения пространственного положения 120 соответственных точек на трехмерной модели поверхности тоннеля и его точечной модели. Максимальное расхождение пространственного положения точек моделей составило 0,011 м, а средняя квадратическая погрешность – 0,008 м.

Для исследования технического состояния тоннеля использовался метод сравнения проектного и действительных K -х сечений тоннеля (полученных по данным наземного лазерного сканирования через каждые 10 м) на однородном участке тоннеля. Сравнение сечений производилось в ПП RealWorks Survey в интерактивном режиме. Расхождение в поперечных сечениях тоннеля оценивалось в трех местах (рис. 3), наиболее подверженных нагрузкам [5]. Для этого в исследуемой точке проводилась касательная к проектному сечению. Из этой точки восстанавливался перпендикуляр к касательной до пересечения его с действительным (K -м) сечением тоннеля. Затем с помощью функции Measure distance измерялись длины перпендикуляров в точках 1, 2, 3, свидетельствующие об отклонении K -го сечения от проектного, и производился переход к оценке следующего сечения. В результате выполнено 341 измерение на протяжении всей модели тоннеля. Максимальное отклонение геометрии внутреннего очертания тоннеля от проектного составило 22 мм, а среднее – 11 мм.

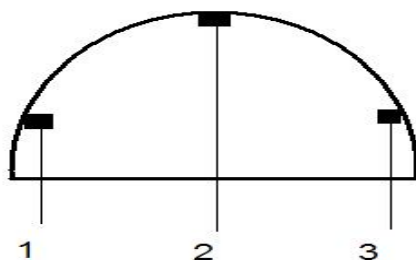


Рис. 3. Точки для исследования деформаций обкладки тоннеля:
1 2, 3 – места измерения деформаций

Результаты, полученные в ходе экспериментальных исследований технологии мониторинга железнодорожных тоннелей по данным наземного лазерного сканирования, свидетельствуют о ее работоспособности и эффективности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Славин, Б.Е. Основы научных исследований подземных сооружений: учеб. пособие [Текст] / Б.Е. Славин. – Новосибирск: СГУПС, 2004. – 138 с.
2. Официальный сайт RIEGL [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.riegl.com/>
3. Горохова, Е.И Опыт применения наземного лазерного сканирования при съемке железнодорожного тоннеля [Текст] / Е.И. Горохова, А.В. Иванов // Сборник материалов науч. конгр. «ГЕО-Сибирь-2009», 20–24 апр. 2009 г. – Новосибирск: СГГА, 2009. – Т. 1. – С. 257– 260.
4. Комиссаров, А.В. Методика исследования метрических характеристик сканов [Текст]: автореф. дис. ... канд. тех. наук / А.В. Комиссаров. – Новосибирск, 2007. – 25 с.
5. Мосты и тоннели: учеб. пособие [Текст] / С.А. Попов, и др.; под ред. С.А. Попова. – М.: Транспорт, 1977. – 526 с.

Получено 15.07.2010

© А.В. Середович, А.В. Иванов, Т.А. Широкова,
А.В. Антипов, А.В. Комиссаров, 2010

УДК 528.1:629.7

В.И. Дударев

СГГА, Новосибирск

СИНГУЛЯРНЫЙ АНАЛИЗ РЕШЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ЗАДАЧ СПУТНИКОВОЙ ГЕОДЕЗИИ

Рассматриваются вопросы выбора метода решения систем линейных уравнений, обеспечивающего регулярную и корректную постановку задачи оценивания параметров состояния сложных нелинейных динамических систем в области спутниковой геодезии.

динамическая система, метод наименьших квадратов, система линейных уравнений, число обусловленности, сингулярное разложение, устойчивость решения.

V.I. Dudarev

SSGA, Novosibirsk

SYNGULAR ANALYSIS OF SOME SPACE GEODESY TASKS SOLUTION

The questions of the way of linear equation solution choice are considered, which provide with regular and correct problem statement of complex nonlinear dynamics state parameters evaluation in space geodesy.

dynamic system, technique of least squares, the system of nonlinear equations, condition number, singular decomposition, solution stability.

Среди широкого спектра задач, решаемых методами спутниковой геодезии, имеется большой набор таких задач, которые связаны с оцениванием расширенного вектора параметров состояния сложных нелинейных динамических систем по результатам траекторных измерений космических аппаратов (КА). Такие задачи относятся к категории обратных задач и связаны с необходимостью решения больших систем нелинейных уравнений. Здесь расширенный вектор оцениваемых параметров состоит из параметров движения КА, различных геодезических, геодинамических и мешающих параметров [1]. К мешающим параметрам относятся параметры, для которых нет соответствующих математических моделей. Такие задачи, как правило, решаются с применением метода наименьших квадратов (МНК).

Решение нелинейной задачи МНК включает процедуру замены нелинейной задачи оценивания на линейную, т. е. переход от нелинейных моделей измерений к линейным. В частности, решение системы нелинейных уравнений методом Гаусса – Ньютона предусматривает последовательное выполнение ряда линейных задач до достижения принятого критерия окончания итеративного процесса. Иными словами, неоднократно решается линейная задача наименьших квадратов, суть которой заключается в следующем [2–6]. Задана несовместная система линейных алгебраических уравнений (СЛАУ)

$$\mathbf{A} \cdot \mathbf{X} - \mathbf{F} = \mathbf{V}, \quad (1)$$

в которой \mathbf{A} – прямоугольная $m \times n$ матрица коэффициентов (m – число измерений; n – число оцениваемых параметров); \mathbf{X} – n -мерный вектор-столбец неизвестных, состоящий из поправок к приближенному значению вектора оцениваемых параметров; \mathbf{F} – m -мерный вектор-столбец правой части; \mathbf{V} – m -мерный вектор-столбец поправок к результатам измерений.

Требуется найти такой действительный вектор $\widehat{\mathbf{X}}$, для которого евклидова норма $\|\bullet\|_E$ вектора $\mathbf{A} \cdot \widehat{\mathbf{X}} - \mathbf{F}$ будет минимальной:

$$\min \|\mathbf{A} \cdot \widehat{\mathbf{X}} - \mathbf{F}\|_E, \quad (2)$$

где $\widehat{\mathbf{X}}$ – оценка вектора \mathbf{X} (или вектор решений).

По отношению к несовместной системе уравнений

$$\mathbf{A} \cdot \mathbf{X} \cong \mathbf{F} \quad (3)$$

\mathbf{V} будет вектором невязок [7], значение которого определяется равенством

$$\mathbf{V} = \mathbf{A} \cdot \widehat{\mathbf{X}} - \mathbf{F}. \quad (4)$$

Геометрически условие выражения (2) означает, что необходимо найти такую точку с координатами $\mathbf{A} \cdot \widehat{\mathbf{X}}$ в n системе m -мерных базисных векторов

$$\mathbf{A} = [\mathbf{a}_1 \ \mathbf{a}_2 \ \dots \ \mathbf{a}_n], \quad (5)$$

которая ближе всего находится к вектору \mathbf{F} по евклидовой норме. Этому требованию удовлетворяет точка, для которой вектор невязок \mathbf{V} будет ортогонален каждому базисному вектору \mathbf{a}_i ($i = 1, \dots, n$), т. е.

$$\mathbf{A}^T \cdot (\mathbf{A} \cdot \widehat{\mathbf{X}} - \mathbf{F}) = 0. \quad (6)$$

Матричная запись (6) представляет собой совместную СЛАУ, известную под названием линейной системы нормальных уравнений с квадратной $n \times n$ матрицей коэффициентов $\mathbf{A}^T \cdot \mathbf{A}$ и вектором правой части $\mathbf{A}^T \cdot \mathbf{F}$. Решением этой системы является вектор

$$\widehat{\mathbf{X}} = (\mathbf{A}^T \cdot \mathbf{A})^{-1} \cdot \mathbf{A}^T \cdot \mathbf{F}. \quad (7)$$

Обобщенным решением (псевдорешением) системы (3) в смысле наименьших квадратов называется любой вектор $\widehat{\mathbf{X}}$, для которого евклидова норма вектора невязок \mathbf{V} из (4) достигает наименьшего значения (2). Решение $\widehat{\mathbf{X}}$, имеющее наименьшую евклидову норму $\min \|\widehat{\mathbf{X}}\|_E$, называется нормальным обобщенным решением (нормальным псевдорешением) [8]. Обобщенные решения и только они удовлетворяют СЛАУ (6). Если матрица \mathbf{A} – неполного

ранга, то существует бесчисленное множество обобщенных решений. Среди них имеется нормальное псевдорешение, которое всегда существует и единственно. Как будет показано ниже, единственное решение СЛАУ (3) находится из выражения [3, 7–9]

$$\hat{\mathbf{X}} = \mathbf{A}^+ \cdot \mathbf{F}, \quad (8)$$

где \mathbf{A}^+ – псевдообратная (либо эффективная псевдообратная) матрица для матрицы \mathbf{A} .

На заключительном этапе линейной задачи МНК можно находить вектор $\hat{\mathbf{X}}$ из решения СЛАУ с квадратной (7) либо прямоугольной (8) матрицей коэффициентов. Зачастую такие матрицы определены с ошибками. Кроме того, элементы этих матриц в оперативной памяти вычислительной машины представляются также с ошибками. Вполне возможно, что матрица коэффициентов будет неполного ранга (факт нерегулярной постановки измерительной задачи) или близка к этому (факт некорректной постановки измерительной задачи). А это приводит либо к неопределенности решения, либо к повышению чувствительности решения СЛАУ к ошибкам входных данных. В связи с перечисленными выше положениями на этапе постановки задачи оценивания необходимо выбирать оптимальную стратегию решения обратной задачи и правильно интерпретировать полученные результаты. Поэтому следует привлекать современные методы вычислительной алгебры, чтобы в этой части обеспечить регулярную и корректную постановку задачи оценивания расширенного вектора параметров состояния конкретной нелинейной динамической системы.

Заключительный этап выполнения линейной задачи МНК – решение СЛАУ (1) – представим в виде решающей подсистемы, у которой входом служат матрица коэффициентов и вектор правой части, а выходом – векторы $\hat{\mathbf{X}}$ и \mathbf{V} , и рассмотрим методику исследования ее устойчивости.

По определению А.Н. Тихонова и В.Я. Арсенина [10], решение СЛАУ будет устойчивым, если малым изменениям входных данных соответствуют малые изменения вектора решения. Решение неустойчиво, если малые изменения входных данных могут привести к большим изменениям вектора решения. Линейные системы, чувствительные к изменению входных данных, называются плохо обусловленными или неустойчивыми [8, 11]. Такие СЛАУ содержат плохо обусловленные матрицы коэффициентов [12].

При наличии возмущений $\Delta\mathbf{A}$ и $\Delta\mathbf{F}$ матрицы коэффициентов и вектора правой части фактически решается система уравнений

$$(\mathbf{A} + \Delta\mathbf{A}) \cdot \tilde{\mathbf{X}} = \mathbf{F} + \Delta\mathbf{F}, \quad (9)$$

где $\tilde{\mathbf{X}}$ – n -мерный вектор-столбец решения этой возмущенной системы.

Верхний предел его относительной ошибки

$$\varepsilon_X = \|\widehat{\mathbf{X}} - \mathbf{X}\|_E / \|\mathbf{X}\|_E \quad (10)$$

определяется неравенством [3, 11]

$$\varepsilon_X \leq \mu(\mathbf{A}) \cdot [(1 + \mu(\mathbf{A}) \cdot \alpha) \cdot \varepsilon_A + \gamma \cdot \varepsilon_F] / (1 - \mu(\mathbf{A}) \cdot \varepsilon_A) \quad (11)$$

с параметрами

$$\varepsilon_A = \|\Delta \mathbf{A}\|_E / \|\mathbf{A}\|_E; \quad \varepsilon_F = \|\Delta \mathbf{F}\|_E / \|\mathbf{F}\|_E; \quad (12)$$

$$\alpha = \frac{\|\mathbf{V}\|_E}{\|\mathbf{A}\|_E \cdot \|\mathbf{X}\|_E} \leq \frac{\|\mathbf{V}\|_E}{\|\mathbf{A} \cdot \mathbf{X}\|_E}; \quad \gamma = \frac{\|\mathbf{F}\|_E}{\|\mathbf{A}\|_E \cdot \|\mathbf{X}\|_E} \leq \frac{\|\mathbf{F}\|_E}{\|\mathbf{A} \cdot \mathbf{X}\|_E}; \quad \mu(\mathbf{A}) = \|\mathbf{A}\|_E \cdot \|\mathbf{A}^+\|_E, \quad (13)$$

где $\mu(\mathbf{A})$ – число обусловленности матрицы \mathbf{A} .

Из неравенства (11) следует, что устойчивость решения СЛАУ к изменению входных данных существенно зависит от числа обусловленности $\mu(\mathbf{A})$. Это число выступает в роли коэффициента увеличения совместного влияния относительных ошибок матрицы коэффициентов ε_A и вектора правой части ε_F на результат: с увеличением числа обусловленности соответственно увеличивается относительная ошибка решения ε_X . Если число обусловленности мало (близко к единице), то матрица \mathbf{A} будет хорошо обусловленной. Если число обусловленности велико, то данная матрица будет плохо обусловленной [4, 8, 12].

Из анализа выражений (11) и (12) следует, что на число итераций существенное влияние оказывает точность задания матрицы \mathbf{A} . Если эта матрица плохо обусловлена ($\mu(\mathbf{A}) \gg 1$), то необходимо принять меры к повышению точности ее расчета так, чтобы выполнялось условие: $\mu(\mathbf{A}) \cdot \varepsilon_A < 1$. В этом случае будет соблюдаться неравенство $\varepsilon_X < 1$ и итеративный процесс решения системы нелинейных уравнений будет сходиться.

Переходя к методам решения линейных систем, отметим, что выражение (8) здесь и в целом ряде работ используется только для краткости записи. Обычно при решении СЛАУ псевдообратная (либо обратная) матрица не вычисляется, так как более эффективно находить решение с применением методов разложения матрицы коэффициентов на матрицы-сомножители (обычно на две или три). Для квадратных матриц чаще всего используются разложения Холесского, Грама-Шмидта, Гаусса, а для прямоугольных – Хаусхолдера, SVD (сингулярное разложение). Достоинство этих методов разложения состоит в том, что они позволяют путем ортогональных преобразований привести исходную матрицу к более простому виду: треугольному, диагональному и т. д. При этом ортогональные преобразования не вносят дополнительных ошибок в вычисления. Упомянутые методы разложений достаточно

хорошо описаны в специальной литературе, посвященной вычислительным аспектам линейной алгебры.

Мощным средством вычислительной алгебры совместно с линейной задачей МНК является сингулярное разложение [5, 7–9, 11, 12]. Сингулярным разложением прямоугольной $m \times n$ матрицы \mathbf{A} называется разложение вида

$$\mathbf{A} = \mathbf{U} \cdot \mathbf{\Sigma} \cdot \mathbf{V}^T, \quad (14)$$

где \mathbf{U} и \mathbf{V} – соответственно левая $m \times m$ и правая $n \times n$ ортогональные матрицы; $\mathbf{\Sigma}$ – прямоугольная $m \times n$ матрица с элементами $\sigma_{ji} = 0$ при $i \neq j$ и $\sigma_{ii} = \sigma_i \geq 0$ ($i = 1, \dots, n, j = 1, \dots, m$). Величины σ_i называются сингулярными числами матрицы \mathbf{A} .

Разложение (14) можно использовать для установления степени устойчивости вектора решения к изменению исходных данных. С этой целью применяются зависимости (10)–(12), для которых число обусловленности следует вычислять по формуле [11]

$$\mu(\mathbf{A}) = \sigma_{\max} / \sigma_{\min}, \quad (15)$$

где σ_{\max} , σ_{\min} – максимальное и минимальное сингулярные числа.

Сингулярное разложение сводит общее решение линейной задачи МНК к задаче с диагональной матрицей, что позволяет достаточно просто определить ранг матрицы коэффициентов и получить единственное решение СЛАУ. Кратко изложим суть этого вопроса, основываясь на работах [3, 5, 9, 12].

Применив к матрице коэффициентов \mathbf{A} в СЛАУ (3) сингулярное разложение, получим преобразованную систему

$$\mathbf{\Sigma} \cdot \mathbf{Z} = \mathbf{G}. \quad (16)$$

В ней n -мерный вектор-столбец преобразованных неизвестных \mathbf{Z} и m -мерный вектор-столбец правой части \mathbf{G} находятся из равенств

$$\mathbf{Z} = \mathbf{V}^T \cdot \mathbf{X}, \quad (17)$$

$$\mathbf{G} = \mathbf{U}^T \cdot \mathbf{F}. \quad (18)$$

Определив псевдообратную матрицу $\mathbf{\Sigma}^+$ как

$$\mathbf{\Sigma}^+ = \begin{cases} \sigma_{ii}^+ = \sigma_i^{-1}, i = j \ (i = 1, \dots, n, j = 1, \dots, m), \\ \sigma_{ji}^+ = 0 \ (i \neq j), \end{cases} \quad (19)$$

получим оценку $\widehat{\mathbf{Z}}$ вектора \mathbf{Z} в (16):

$$\widehat{\mathbf{Z}} = \mathbf{\Sigma}^+ \cdot \mathbf{G}. \quad (20)$$

Теперь обобщенное решение СЛАУ (3) находится из равенства

$$\widehat{\mathbf{X}} = \mathbf{V} \cdot \widehat{\mathbf{Z}}. \quad (21)$$

Сингулярное разложение без привлечения других методов линейной алгебры позволяет вычислить псевдообратную матрицу

$$\mathbf{A}^+ = \mathbf{V} \cdot \boldsymbol{\Sigma}^+ \cdot \mathbf{U}^T, \quad (22)$$

после чего обобщенное решение можно найти по формуле (8).

В вычислительной практике наиболее приемлемым с точки зрения затрат времени на вычисления и занимаемой памяти вычислительной машины является экономичный вариант сингулярного разложения. Суть его заключается в следующем. Так как

$$\boldsymbol{\Sigma} = \begin{bmatrix} \mathbf{S} \\ \mathbf{0} \end{bmatrix}, \quad \mathbf{S} = \text{diag}(\sigma_1, \dots, \sigma_n), \quad (23)$$

то удобно представить

$$\mathbf{G} = \begin{bmatrix} \mathbf{g}_1 \\ \mathbf{g}_2 \end{bmatrix}, \quad (24)$$

где $\mathbf{g}_1, \mathbf{g}_2$ – векторы-столбцы размерности n и $n-m$ соответственно.

Тогда вместо формулы (20) рациональнее вычислять вектор $\widehat{\mathbf{Z}}$ по формуле

$$\widehat{\mathbf{Z}} = \mathbf{S}^{-1} \cdot \mathbf{g}_1, \quad (25)$$

в которой

$$\mathbf{S}^{-1} = \text{diag}(\sigma_1^{-1}, \dots, \sigma_n^{-1}). \quad (26)$$

Затем уже обобщенное решение определяется из равенства (21). Очевидно, что эффективность процедуры по формуле (25) возрастает с ростом числа m уравнений относительно числа n неизвестных.

Для обобщенного решения $\widehat{\mathbf{X}}$ из формулы (21) вектор невязок получается подстановкой выражений (14), (16), (18), (23)–(25) в (4):

$$\mathbf{V} = \mathbf{U} \cdot (\mathbf{U}^T \cdot \mathbf{F} - \boldsymbol{\Sigma} \cdot \widehat{\mathbf{Z}}) = \mathbf{U} \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ \mathbf{g}_2 \end{bmatrix}. \quad (27)$$

Евклидова норма этого вектора равна

$$\|\mathbf{V}\|_E = \|\mathbf{g}_2\|_E. \quad (28)$$

Если матрица \mathbf{A} – неполного ранга, $r < n$ ($r = \text{rank}\mathbf{A}$), то псевдообратная матрица Σ^+ рассчитывается следующим образом:

$$\Sigma^+ = \begin{cases} \sigma_{ii}^+ = \sigma_i^{-1}, i = j, \sigma_i \geq \tau, \\ \sigma_{ii}^+ = 0, i = j, \sigma_i < \tau, \\ \sigma_{ji}^+ = 0, i \neq j. \end{cases} \quad (29)$$

Здесь параметр τ отражает точность задания матрицы \mathbf{A} и точность представления чисел в памяти конкретной вычислительной машины [5, 7, 9]:

$$\tau = \sigma_{\max} \cdot \varepsilon_A. \quad (30)$$

Отбрасывание сингулярных чисел, меньших τ , приводит к уменьшению числа обусловленности, значение которого находится как в выражении [5]:

$$\mu(\mathbf{A}) = \sigma_{\max} / \tau. \quad (31)$$

С введением величины τ вводится также понятие эффективного ранга, равного количеству сингулярных чисел, больших τ [5].

Если псевдообратная матрица Σ^+ вычисляется по формуле (29), то вектор решения $\widehat{\mathbf{Z}}$ в формуле (20) лучше представить состоящим из векторов-столбцов $\widehat{\mathbf{Z}}_1$ и $\widehat{\mathbf{Z}}_2$ размерности r и $n-r$ соответственно. Матрицу \mathbf{G} будут составлять векторы-столбцы \mathbf{g}_1 и \mathbf{g}_2 размерности r и $m-r$. Очевидно, что преобразованной системе уравнений (16) удовлетворяет единственный вектор $\widehat{\mathbf{Z}}_1$ и произвольный вектор $\widehat{\mathbf{Z}}_2$. Такой выбор вектора решений не увеличивает евклидовой нормы вектора невязок. Отмеченная множественность решений для преобразованной системы обуславливает множественность решений $\widehat{\mathbf{X}}$ (21) исходной СЛАУ. Единственным решением задачи (2) является решение минимальной евклидовой нормы. Очевидно, что в этом случае вектор $\widehat{\mathbf{Z}}_2$ должен содержать нулевые компоненты. Поэтому нормальное обобщенное решение будет иметь вид

$$\widehat{\mathbf{X}} = \mathbf{V} \cdot \begin{bmatrix} \widehat{\mathbf{Z}}_1 \\ 0 \end{bmatrix}. \quad (32)$$

Для решения линейной системы уравнений с матрицей коэффициентов неполного ранга $r < n$ также применима экономичная схема вычислений. При этом решение СЛАУ (16) осуществляется с использованием формулы (25), в которой матрица

$$\mathbf{S}^{-1} = \text{diag}(\sigma_1^{-1}, \dots, \sigma_r^{-1}) \quad (33)$$

состоит из r обратных сингулярных чисел, больших величины τ . Для нормального обобщенного решения (32) евклидова норма вектора невязок (28) также будет минимальной.

Заметим, что нормальное обобщенное решение может быть получено из выражения (8), в котором эффективная псевдообратная матрица \mathbf{A}^+ рассчитывается по формуле (22) с использованием псевдообратной матрицы $\mathbf{\Sigma}^+$ из формулы (29) [5].

В работе [3] отмечается, что при соотношении в СЛАУ числа строк и столбцов $r = m / n$ больше 2 целесообразнее к матрице коэффициентов применить ортогональное разложение Хаусхолдера. А затем уже полученную треугольную матрицу подвергать сингулярному разложению. Тогда при значении $r \approx 10$ экономия времени при вычислениях может достигать 50 %.

Применение сингулярного анализа показывает, что решение систем линейных уравнений с прямоугольной матрицей гораздо предпочтительнее, чем решение этих же систем с использованием нормальной матрицы коэффициентов. Для доказательства этого утверждения выполним сингулярное разложение (14) нормальной матрицы коэффициентов в (6). Можно записать

$$\mathbf{A}^T \cdot \mathbf{A} = \mathbf{V} \cdot \mathbf{\Sigma}^T \cdot \mathbf{U}^T \cdot \mathbf{U} \cdot \mathbf{\Sigma} \cdot \mathbf{V}^T = \mathbf{V} \cdot \mathbf{\Sigma}^T \cdot \mathbf{\Sigma} \cdot \mathbf{V}^T. \quad (34)$$

Здесь матрица $\mathbf{\Sigma}^T \cdot \mathbf{\Sigma}$ будет состоять из квадратов сингулярных чисел матрицы $\mathbf{\Sigma}$. Отсюда имеем

$$\mu(\mathbf{\Sigma}^T \cdot \mathbf{\Sigma}) = \sigma_{\max}^2 / \sigma_{\min}^2 = \mu^2(\mathbf{A}), \quad (35)$$

т. е. число обусловленности нормальной матрицы коэффициентов $\mathbf{A}^T \cdot \mathbf{A}$ в квадрат раз больше числа обусловленности прямоугольной матрицы \mathbf{A} .

Возвращаясь к оценке относительной ошибки решения СЛАУ, подчеркнем, что вектор \mathbf{V} не может служить надежной мерой ее решения. Анализ формулы

$$\varepsilon_X = \mu(\mathbf{A}) \cdot \|\mathbf{V}\|_E / \|\mathbf{F}\|_E, \quad (36)$$

приведенной в работе [12], позволяет сделать следующий вывод: сильно отличающийся от своего точного значения вектор решения может давать весьма малые невязки. Это отличие увеличивается с ростом числа обусловленности $\mu(\mathbf{A})$ матрицы коэффициентов СЛАУ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дударев, В.И. Постановка задачи оценивания состояния динамической системы [Текст] / В.И. Дударев // Математическая обработка результатов геодезических наблюдений: межвуз. сб. науч. тр. – Новосибирск: НИИГАиК, 1993. – Т. 51(91). – С.19–30.

2. Брандин, В.Н. Экспериментальная баллистика космических аппаратов [Текст] / В.Н. Брандин, А.А. Васильев, А.А. Куницкий. – М.: Машиностроение, 1984. – 264 с.
3. Лоусон, Ч. Численное решение задач метода наименьших квадратов [Текст] / Ч. Лоусон, Р. Хенсон; пер. с англ. Х.Д. Икрамова. – М.: Наука, 1986. – 232 с.
4. Форсайт, Д. Численное решение систем линейных алгебраических уравнений [Текст] / Д. Форсайт, К. Молер; пер. с англ. В.П. Ильина, Ю.И. Кузнецова. – М.: Мир, 1969. – 166 с.
5. Форсайт, Д. Машинные методы математических вычислений [Текст] / Д. Форсайт, М. Малькольм, К. Молер; пер. с англ. Х.Д. Икрамова. – М.: Мир, 1980. – 279 с.
6. Эльясберг, П.Е. Определение движения по результатам измерений [Текст] / П.Е. Эльясберг. – М.: Наука, 1976. – 416 с.
7. Беклемишев, Д.В. Дополнительные главы линейной алгебры [Текст] / Д.В. Беклемишев. – М.: Наука, 1983. – 336 с.
8. Молчанов, И.Н. Машинные методы решения прикладных задач. Алгебра, приближенные функции [Текст] / И.Н. Молчанов. – Киев: Наукова думка, 1987. – 288 с.
9. Дэннис, Д. Численные методы безусловной оптимизации и решения нелинейных уравнений [Текст] / Д. Дэннис, Р. Шнабель. – М.: Мир, 1988. – 440 с.
10. Тихонов, А.Н. Методы решения некорректных задач [Текст] / А.Н. Тихонов, В.Я. Арсенин. – М.: Наука, 1979. – 288 с.
11. Воеводин, В.В. Матрицы и вычисления [Текст] / В.В. Воеводин, Ю.А. Кузнецов. – М.: Наука, 1984. – 320 с.
12. Хорн, Р. Матричный анализ [Текст] / Р. Хорн, Ч. Джонсон; пер. с англ. Х.Д. Икрамова, А.В. Князева, Е.Е. Тырышникова. – М.: Мир, 1989. – 655 с.

Получено 12.05.2010

© В.И. Дударев, 2010

УДК 528.2

Ю.В. Дементьев

СГГА, Новосибирск

УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ МАСС ПРИ ВЫЧИСЛЕНИИ ВОЗМУЩАЮЩЕГО ПОТЕНЦИАЛА

В середине прошлого века М.С. Молоденским разработана теория изучения фигуры Земли по наземным результатам измерений. В этой теории в измеренные значения силы тяжести должны вводиться поправки за учет влияния всех топографических масс Земли. До настоящего времени полностью это условие не соблюдалось. Вводились лишь поправки за рельеф, вычисляемые для ограниченной территории.

В данной работе предложено учитывать все топографические массы Земли, расположенные выше уровня эллипсоида. При этом, для соблюдения условия равенства масс заданного эллипсоида и масс Земли, предложено вводить поправку в нормальное значение силы тяжести, компенсирующую «удаление» топографических масс.

фигура Земли, возмущающий потенциал, уровенный эллипсоид, квазигеоид, аномалии силы тяжести, промежуточный (топографический) слой.

Yu.V. Dementyev

SSGA, Novosibirsk

TAKING INTO ACCOUNT THE TOPOGRAPHIC MASS ENFLUENCE DURING THE CALCULATION OF PERTURBED POTENTIAL

In the middle of the previous century M.S. Mlodensky developed the theory of Earth's figure study with the help of the results of ground-based measurements. According to this theory, all measured gravity forces should be corrected, taking into account all Earth's topographic masses. So far, this demand was not completely followed. Only some corrections, taking into account the limited area relief data, were introduced.

In our work we suggest to take into account all topographic earth's masses, located above the level of reference ellipsoid. For the conservation of condition of given ellipsoid and Earth masses parity it is suggested to correct for normal gravity force which compensates “the withdrawal” of topographic masses.

shape of the Earth, perturbed potential, reference ellipsoid, quasigeoid, gravity force anomaly, intermediate (topographic) layer.

Одним из основных научных направлений высшей геодезии является изучение фигуры Земли и ее внешнего гравитационного поля в единой системе координат. Эта задача сводится к определению координат точек, связанных с реальной Землей. С фигурой Земли часто отождествляют нормальный сфероид, отсчетный эллипсоид, геоид, физическую поверхность Земли [1]. В настоящее время под фигурой Земли понимается последнее из перечисленных определение.

Проблема изучения фигуры Земли непосредственно связана с задачей определения возмущающего потенциала T , поскольку составляющие отклонения отвеса в плоскости меридиана ξ и первого вертикала η , а также аномалии вы-

сот ζ , вычисленные через возмущающий потенциал, позволяют получить геодезические координаты B , L и H всех пунктов наблюдений относительно принятого уровенного эллипсоида. Связь отмеченных выше составляющих гравитационного поля Земли имеет вид:

$$\left. \begin{aligned} \xi &= -\frac{1}{\gamma\rho} \frac{\partial T}{\partial B} \\ \eta &= -\frac{1}{\gamma\rho\cos B} \frac{\partial T}{\partial L} \\ \zeta &= \frac{T}{\gamma} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где γ – нормальное значение силы тяжести в точке наблюдений; ρ – расстояние от точки наблюдений до центра масс Земли.

Поставим следующие условия.

1. Масса заданного уровенного эллипсоида равна массе Земли.
2. Нормальный потенциал на поверхности эллипсоида равен действительному потенциалу в начальной точке.
3. Центры масс Земли и уровенного эллипсоида совпадают.

Тогда возмущающий потенциал определяется по известной формуле [2, 3]:

$$T = \frac{R}{4\pi} \iint_{\omega} (g - \gamma) G(\psi) d\omega, \quad (2)$$

где $R = \sqrt[3]{a^2b}$ – средний радиус Земли, определенный по большой a и малой b полуосям земного эллипсоида; $(g - \gamma)$ – аномалии силы тяжести; ψ – угол между радиусами векторами точки наблюдений и текущей точкой сферы; $d\omega$ – элемент поверхности сферы радиуса R ; $G(\psi)$ – функция Хотина-Коха [3], если используются «чистые» аномалии (γ рассчитывается с использованием геодезической высоты):

$$G(\psi) = K(\psi) = \frac{1}{\sin \frac{\psi}{2}} - \ln \left(1 + \frac{1}{\sin \frac{\psi}{2}} \right).$$

Если в уравнении (2) задействованы «смешанные» аномалии (γ рассчитывается с использованием нормальной высоты), то $G(\psi)$ – есть функция Стокса [1, 2]:

$$G(\psi) = S(\psi) = \frac{1}{\sin \frac{\psi}{2}} - 6 \sin \frac{\psi}{2} + 1 - 5 \cos \psi - 3 \cos \psi \ln \left(\sin \frac{\psi}{2} + \sin^2 \frac{\psi}{2} \right).$$

При использовании формулы (2) необходимо, чтобы аномалии силы тяжести представляли граничные условия на геоиде, а это означает следующее:

- измеренная сила тяжести g на поверхности Земли должна быть отнесена к геоиду (редукционная задача);
- вне геоида не должно быть никаких масс.

Как известно, сложность проблемы редуцирования состоит в том, что при переносе силы тяжести с физической поверхности Земли на поверхность относимости, в данном случае геоида, необходимо знать распределение масс вдоль линии переноса или изменения аномального вертикального градиента силы тяжести по высоте, что в настоящее время весьма проблематично.

В середине прошлого века М.С. Молоденским [1] разработана теория изучения фигуры Земли и ее внешнего гравитационного поля по наземным результатам измерений, в которой отпадает необходимость пересчета силы тяжести на какую-либо поверхность. При этом поверхность геоида заменяется близкой к ней поверхностью, названной квазигеоидом.

Возмущающий потенциал, согласно этой теории, вычисляется последовательными приближениями, в которых нулевое приближение определяется выражением (2), а формула первого приближения для общего земного эллипсоида имеет вид

$$T = \frac{R}{4\pi} \iint_{\omega} (g - \gamma + \delta g_1) G(\psi) d\omega, \quad (3)$$

где δg_1 – поправка в аномалию силы тяжести, учитывающая влияние топографических масс. Формулы нулевого приближения дают удовлетворительную точность только для пунктов, расположенных на равнине. Для горных районов необходимо исключить из аномалий силы тяжести влияние топографических масс и все вычисления (высот квазигеоида ζ , уклонений отвеса ξ , η) производить в поле остаточных аномалий. Затем следует восстановить влияние исключенных масс [2].

В работе [4] Л.П. Пеллинен вывел формулы вычисления характеристик гравитационного поля (ζ , ξ , η) в первом приближении М.С. Молоденского. Так, для расчета высот квазигеоида получено выражение

$$\zeta = \frac{R}{4\pi\gamma} \iint_{\omega} [(g - \gamma)_{н.т.р.} + 2\pi f_0 H^\gamma + \delta g''] S(\psi) d\omega + \Delta\zeta_p, \quad (4)$$

где $(g - \gamma)_{н.т.р.}$ – аномалии силы тяжести в неполной топографической редукции (влияние топографических масс учитывается только до определенного радиуса исследуемой области от точки наблюдений); f – гравитационная постоянная; σ_0 – средняя плотность топографических масс; $\Delta\zeta_p$ – поправка за «восстановление» исключенных масс, которая вычисляется по формуле:

$$\Delta\zeta_p = \frac{f\sigma_0 R^2}{\gamma} \iint_{\omega} \left(\ln \frac{r+h}{r_0} - \frac{h}{r_0} \right) d\omega;$$

h и r – соответственно разность нормальных высот и расстояние между текущей и результирующей точками; r_0 – расстояние между их проекциями на отсчетную поверхность; $\delta g''$ – поправка за аномальный вертикальный градиент силы тяжести:

$$\delta g'' = -h \frac{d(g-\gamma)_{н.м.р.}}{dH} = -\frac{hR^2}{2\pi} \iint_{\omega} \frac{[(g-\gamma) - (g-\gamma)_0]_{н.м.р.}}{r_0^3} d\omega.$$

Отсюда, с учетом (1) величину возмущающего потенциала можно представить в виде

$$T = \frac{R}{4\pi} \iint_{\omega} \left\{ [(g-\gamma)_{н.м.р.} + 2\pi f\sigma_0 H \gamma + \delta g''] S(\psi) + 4\pi f\sigma_0 R \left(\ln \frac{r+h}{r_0} - \frac{h}{r_0} \right) \right\} d\omega. \quad (5)$$

Следует заметить, что в приближениях М.С. Молоденского поправка δg_1 имеет смысл в полной топографической редукции (учтены все топографические массы Земли). Формулы Л.П. Пеллинена удовлетворяют этому условию с точностью $(g-\gamma)H/R$ [4].

В настоящее время с развитием GPS-технологий стало возможным определять геодезические высоты H непосредственно из измерений и, следовательно, вычислять «чистые» аномалии силы тяжести. Пусть совокупность геодезических высот описывает цифровую модель рельефа Земли. Тогда можно рассчитать поправки δg_A за промежуточный (топографический) слой с постоянным значением плотности σ_0 , ограниченный сверху физической поверхностью Земли, снизу – уровнем эллипсоида в заданных точках земной поверхности. При этом не представляет трудности вычисление объема V_T учитываемого промежуточного слоя. Тогда, по аналогии с выражением (4) можно написать:

$$T = \frac{R}{4\pi} \iint_{\omega} [g - (\gamma - \delta\gamma_T) - \delta g_A] K(\psi) d\omega, \quad (6)$$

где поправка $\delta\gamma_T$ обусловлена «восстановлением» равенства масс реальной Земли и уровня эллипсоида. Нормальное значение силы тяжести $\gamma_T = \gamma - \delta\gamma_T$ можно рассчитать, используя геоцентрическую гравитационную постоянную fM_T с дополнительными массами $\sigma_0 V_T$, т. е.

$$fM_T = fM - f\sigma_0 V_T.$$

Рассчитаем примерную величину поправки $\delta\gamma_T$. Выполненные расчеты показали, что объем топографических масс над уровенным эллипсоидом примерно составляет $2,5 \times 10^{17} \text{ м}^3$. Величина fM равняется $398\,600,5 \times 10^9 \text{ м}^3\text{с}^{-2}$. Тогда $fM_T = 398\,556,5 \times 10^9 \text{ м}^3\text{с}^{-2}$. С учетом этой константы поправка $\delta\gamma_T$ на поверхности уровенного эллипсоида (WGS-84) имеет значения: $\delta\gamma_T = 108,524$ мГал на экваторе; $\delta\gamma_T = 108,159$ мГал на полюсе.

Полученные значения показывают, что поправка за «восстановление» достаточно значима.

Таким образом, формула (6) представляет уточнение первого приближения Л.П. Пеллинен. Очевидно, что при таком подходе к расчету возмущающего потенциала, объем вычислений значительно возрастет, однако, при современном состоянии вычислительной техники эта задача вполне разрешима.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Молоденский, М.С. Методы изучения внешнего гравитационного поля и фигуры Земли [Текст] / М.С. Молоденский, В.Ф. Еремеев, М.И. Юркина // Тр. ЦНИИГАиК, вып. 131. – М.: Геодезиздат, 1960. – 264 с.
2. Шимбирев, Б.П. Теория фигуры Земли [Текст]: учебник / Б.П. Шимбирев. – М.: Недра, 1975. – 432 с.
3. Гофман-Велленгоф, Б. Физическая геодезия [Текст]: учебник / Б. Гофман-Велленгоф, Г. Мориц; пер. с англ. Ю.М. Неймана, Л.С. Сугаиповой. – М.: МИИГАиК, 2007. – 426 с.: илл.
4. Пеллинен, Л.П. Влияние топографических масс на вывод характеристик гравитационного поля Земли [Текст] / Л.П. Пеллинен // Тр. ЦНИИГАиК, вып. 145. – М.: Геодезиздат, 1962. – С. 23–42.

Получено 05.07.2010

© Ю.В. Дементьев, 2010

УДК 528.44
Е.И. Аврунев
СГГА, Новосибирск

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА СПУТНИКОВЫХ ПОСТРОЕНИЙ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ГОСУДАРСТВЕННОГО КАДАСТРА НЕДВИЖИМОСТИ

В статье рассматривается проблема построения спутниковых сетей, которые по точности превосходят исходную геодезическую основу. Приведены алгоритмы, позволяющие вычислить матрицу весовых коэффициентов с учетом ошибок исходных данных, и дан их краткий анализ.

геодезическая сеть, GPS-измерения, ошибки исходных данных, исходные пункты геодезической сети, корреляционная матрица, уравнивание с учетом ошибок исходных данных.

Ye.I. Avrunev
SSGA, Novosibirsk

MATHEMATICAL TREATMENT OF SATELLITE POSITION FOR STATE CADASTRE PROPERTY PURPOSES

The problem of geodesic satellite nets, exceeding initial geodesic foundation in accuracy, is examined in the article. Algorithms, that allow calculating matrix of weighting coefficients taking into account errors of initial data, are given and their brief analysis is made.

geodetic net, GPS-measurements, input data errors, origin stations of geodetic nets, correlation matrix, leveling with taking into account initial data errors

Одно из актуальных направлений развития геодезической науки – математическая обработка спутниковых построений, являющихся в настоящее время основным методом создания геодезического обоснования для Государственного кадастра недвижимости. Детальное решение этой проблемы для государственных геодезических построений, которые уравниваются в государственной системе координат, нашло отражение в фундаментальных работах Ю.И. Маркузе [5, 6, 7].

Специфика, которую предъявляет Государственный кадастр недвижимости к геодезическому обеспечению, обуславливает необходимость в ряде случаев при математической обработке результатов спутниковых наблюдений использовать местную систему координат. Такая координатная система с расположением осевого меридиана в центральной части территориальной зоны используется практически во всех городах Сибирского региона.

В этих условиях актуальной становится проблема редуцирования спутниковых определений в местную координатную систему в проекцию Гаусса – Крюгера. Отметим, что при этом имеет место одно очень важное обстоятельство. Местная система координат закреплена пунктами, координаты которых получены в результате создания многоступенчатого геодезического обоснования,

точность которого не соответствует современным требованиям развития экономики и значительно уступает точности спутниковых определений.

Вопрос редуцирования в настоящее время решается путем вставки спутниковой сети в систему исходных пунктов, координаты которых задают требуемую систему координат. Однако такой подход математической обработки является приближенным, он не учитывает влияние ошибок исходных данных, которые в ряде случаев могут существенно исказить более точные спутниковые измерения.

В связи с этой проблемой заслуживают внимания работы выдающихся российских ученых В.А. Коугия [4], Ю.И. Маркузе [7, 8], К.Л. Проворова и др. В этих работах приводятся алгоритмы, позволяющие оценить влияние ошибок исходных данных на корреляционную матрицу параметров спутниковой сети.

По нашему мнению, одним из оптимальных алгоритмов, позволяющих вычислить корреляционную матрицу параметров с учетом ошибок исходных данных, является вычислительная схема, предложенная в работе В.А. Коугия [4]:

$$K_{X_{ИД}} = \sigma_{GPS}^2 \left[A^T \left(P_y + \frac{\sigma_{\beta_{И.Д.}}^2}{\sigma_{GPS}^2} B \cdot Q_{X_{ИД}} \cdot B^T \right) A \right]^{-1}, \quad (1)$$

где B – матрица частных проводных измеренного вектора y в спутниковой сети по координатам исходных пунктов;

$Q_{X_{И.Д.}}$ – матрица весовых коэффициентов вектора параметров X в исходной геодезической сети;

σ_{GPS}^2 – дисперсия единицы веса, равная инструментальной точности спутниковых определений в геодезической сети сгущения;

$\sigma_{\beta_{И.Д.}}^2$ – дисперсия единицы веса, равная точности измеренных или уравненных углов, в исходной ступени геодезического обоснования;

P_y – матрица весов спутниковых определений;

A – матрица параметрических уравнений поправок измеренных элементов спутниковой сети.

Таким образом, для реализации алгоритма (1) необходимо иметь точностные характеристики исходных данных в виде матрицы весовых коэффициентов координат пунктов. Учитывая, что, как правило, эта матрица неизвестна, а схема исходного геодезического обоснования представлена в отчетах, задача может быть решена с использованием следующего выражения:

$$Q_{X_{ИД}} = \sigma_{\beta_{ИД}}^2 \left(A_{ИСХ}^T \cdot P \cdot A_{ИСХ} \right)^{-1}, \quad (2)$$

где A – матрица параметрических уравнений поправок, составленная по схеме исходного геодезического обоснования.

Оценить влияние ошибок исходных данных на элементы высокоточного спутникового построения можно на основании сравнения элементов матрицы (1) и корреляционной матрицы параметров, полученной в предположении отсутствия ошибок исходных данных и вычисляемой по формуле:

$$K_X = \sigma_{GPS}^2 (A^T \cdot P_y \cdot A)^{-1}. \quad (3)$$

Если в результате оценки точности проекта выяснится, что такое влияние превосходит 10 %, то, по нашему мнению, математическую обработку спутниковой сети целесообразно выполнять с учетом ошибок исходных данных по алгоритму, предложенному в работе Ю.И. Маркузе [7].

Этот алгоритм основан на вычислении оценок параметров как для спутниковой сети, так и для исходных пунктов. Несомненным достоинством данного алгоритма является возможность получения оценок параметров неискаженными ошибками исходных данных, а недостатком – получение параметров исходных данных, отличных от их значений, приведенных в каталоге координат исходной ступени геодезического обоснования.

Реализация данного алгоритма для математической обработки спутниковой сети заключается в составлении системы нормальных уравнений, которая в обозначениях, принятых при рассмотрении алгоритма (1), имеет следующий вид:

$$R = \begin{vmatrix} A^T \cdot P_y \cdot A & A^T \cdot P_y \cdot B \\ B^T \cdot P_y \cdot A & Q_Z^{-1} + B^T \cdot P_y \cdot B \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} R_{11} & R_{21} \\ R_{21} & R_{22} \end{vmatrix}. \quad (4)$$

Корреляционная матрица вектора параметров X , позволяющая выполнить оценку точности проекта многоступенчатой геодезической сети, вычисляется по формуле

$$K_{X_{ид}} = \sigma_{\beta}^2 \cdot R^{-1}. \quad (5)$$

Уравнивание с учетом ошибок исходных данных приводит к идентичным результатам, которые получаются при совместном уравнивании многоступенчатых геодезических построений. Однако предложенный Ю.И. Маркузе алгоритм наиболее эффективен, поскольку требует хранения на внешнем носителе компьютера только корреляционной матрицы параметров X исходного геодезического построения.

Вместе с этим отметим, что реализация рассмотренных алгоритмов в традиционной форме МНК затрудняет процесс оптимизации геодезических сетей, детально освещенный и рассмотренный в работе [9].

Поэтому рассмотрим применение рекуррентного алгоритма решения системы нормальных уравнений для оценки точности проекта геодезических сетей в условиях существенного влияния ошибок исходных данных.

В соответствии с исследованием Ю.И. Маркузе [7], алгоритм учета ошибок исходных данных заключается в вычислении матрицы весовых коэффициентов по рекуррентной формуле:

$$Q_I = Q_{I-1} - \frac{Q_{I-1} \cdot a_I \cdot a_I^T \cdot Q_{I-1}}{\frac{1}{P_I} + a_I \cdot Q_{I-1} \cdot a_I^T}, \quad (6)$$

где Q_I – матрица весовых коэффициентов, соответствующая I измерению;

Q_{I-1} – матрица весовых коэффициентов, соответствующая предшествующему $I-1$ измерению;

$\frac{1}{P_I}$ – вес I запроектированного измерения;

a_I – строка матрицы параметрических уравнений поправок A , соответствующая I измерению, определяемая по соответствующим формулам МНК.

Процесс оптимизации необходимо начинать с начальной матрицы следующего вида:

$$Q_0 = \begin{vmatrix} Q_{\text{Хи.д.}} & 0 \\ & 10^m \cdot E \end{vmatrix}, \quad (7)$$

где $Q_{\text{Хи.д.}}$ – матрица весовых коэффициентов, соответствующая старшей ступени многоступенчатой ИГС (размерность данной матрицы определяется удвоенным числом пунктов старшей ступени, являющихся исходными при построении сети сгущения t');

E – единичная матрица, размерность которой равна удвоенному числу определяемых пунктов в младшей ступени GPS-построения (t).

Однако при использовании традиционной рекуррентной формы выражения (7) оценка точности вектора параметров получается искаженной, поскольку измеренный вектор u искажен ошибками исходных данных. Влияние ошибок исходных данных на матрицу весов измеренного вектора целесообразно оценить с учетом алгоритма (1).

Но алгоритмы (6, 7) не позволяют учесть полную матрицу (1). Поэтому для оптимизации геодезических построений целесообразно использовать алгоритм (8), предложенный в работе [2]:

$$Q_i = Q_{i-1} - \frac{1}{1 + (p_i a^T + \tilde{p}^T A + a^+ A^T \tilde{p} a^T)} Q_{i-1} (p_i a a^T + a \tilde{p}^T A + A^T \tilde{p} a^T) Q_{i-1}, \quad (8)$$

где a^+ – вектор, правый псевдообратный к вектору a : $aa^+ = I$;

A – матрица параметрических уравнений поправок, которая наращивается по строкам от нуля до n по мере учета соответствующих измерений;

P – матрица весов, наращиваемая по строкам и столбцам от нуля до n , по мере добавления компонентов измеренного вектора y ;

p_I – диагональный элемент, соответствующий весу I измерения (скаляр);

\tilde{p}_I – вектор недиагональных элементов матрицы P_Y , учитывающий корреляцию I компонента измеренного вектора y и ошибок исходных данных.

Таким образом, можно отметить, что теоретически вопрос построения высокоточной спутниковой сети в условиях существенного влияния ошибок исходных данных практически решен. Однако следует заметить, что в топографо-геодезическом производстве отсутствуют компьютерные программы, реализующие рассмотренные алгоритмы, что, разумеется, отрицательно сказывается на качестве выполняемых работ.

Для определения точности исходной геодезической основы с использованием GPS-аппаратуры и анализа возможности ее использования с целью построения спутниковой сети сгущения необходимо выполнить дополнительные контрольные измерения не менее, чем между тремя исходными пунктами. Схема такого геодезического построения с дополнительными контрольными измерениями приведена на рис. 1.

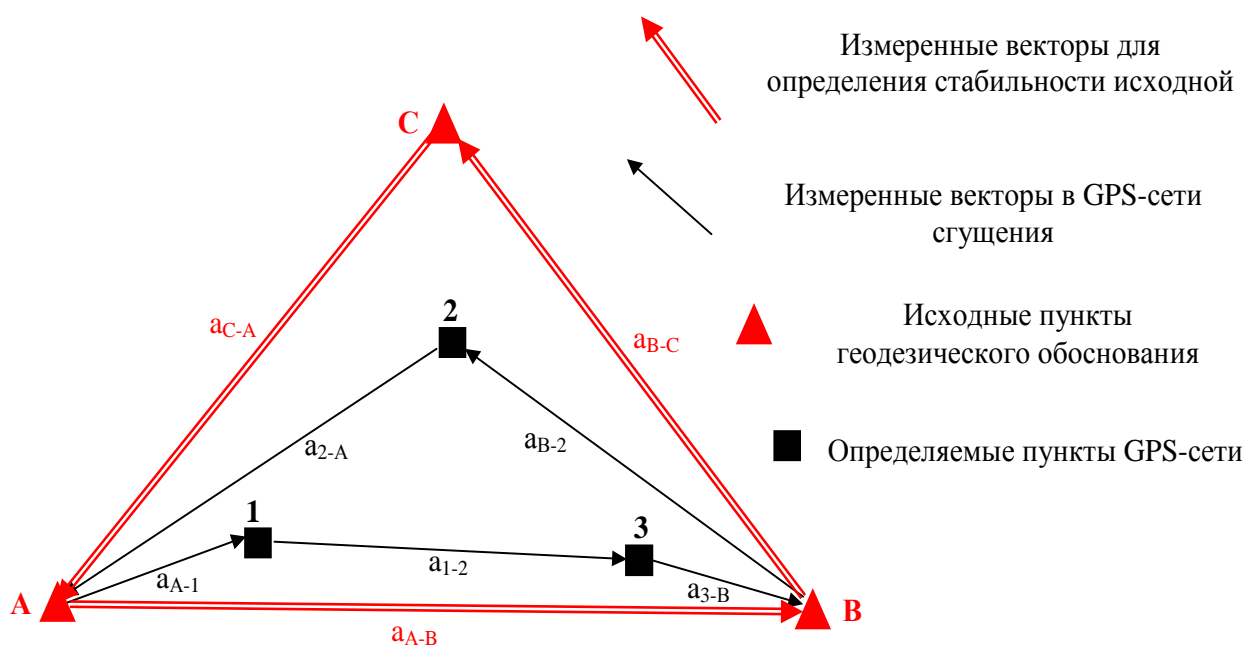


Рис. 1. Проектирование геодезической сети с использованием GPS-технологий для определения точности исходной основы

Контроль как стабильности исходных пунктов геодезической сети, так и точности их определения заключается в поочередном принятии в качестве исходного каждого из трех пунктов геодезического обоснования (A, B, C) и в сравнении полученных координат с их первоначальными значениями (Δ).

$$\Delta x_I = X_I^{\text{ИСХ}} - X_I^{\text{GPS}}; \quad \Delta y_I = Y_I^{\text{ИСХ}} - Y_I^{\text{GPS}}; \quad \Delta = \sqrt{\Delta x_I^2 + \Delta y_I^2}, \quad (9)$$

где I – номер анализируемого исходного пункта;

$X^{\text{ИСХ}}, Y^{\text{ИСХ}}$ – исходные координаты пунктов, приведенные в каталоге;

$X^{\text{GPS}}, Y^{\text{GPS}}$ – координаты анализируемых пунктов, полученные в результате математической обработки измеренных контрольных векторов.

Таким образом, количество вариантов математической обработки будет равно числу анализируемых пунктов исходной основы.

Если величины Δ не превосходят статистический критерий (10), то расхождение между координатами анализируемого пункта при доверительной вероятности $\beta = 0,05$ признается незначимым, находящимся в пределах точности спутниковых определений:

$$\Delta_i \leq t \cdot m_{\text{GPS}} = 2 \cdot 1,2 \text{ см} = 2,4 \text{ см}. \quad (10)$$

Например, при паспортной точности GPS-приемника ($m_{\text{GPS}} = 2 \text{ мм} + 2 \text{ мм} \cdot L$ (км)) и средней длине линии в геодезическом построении $L = 5$ км, численное значение критерия будет составлять 2,4 см. Невыполнение статистического критерия (10) обозначает, что установлено перемещение пункта в пространстве, превосходящее точность спутниковых определений, или точность определения пунктов исходной геодезической основы не соответствует точности спутниковых определений.

Наиболее стабильным будет считаться тот пункт, при принятии которого в качестве исходного отмечается минимальное значение следующего критерия стабильности:

$$\Delta_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta_i}{n}}, \quad (11)$$

где j – номер варианта анализа стабильности исходной основы;

n – число анализируемых исходных пунктов.

Вычисления по предложенному алгоритму целесообразно выполнять в таблице (см. таблицу).

Подчеркнутые в таблице значения Δ обозначают установленное перемещение анализируемого пункта в пространстве.

Анализируя приведенные результаты модельных исследований, выполненных в таблице, можно отметить, что пунктом, потерявшим свою стабильность в пространстве, т. е. нестабильным, является исходный пункт В. Перемещения остальных исходных пунктов (А и С) являются незначимыми, находящимися в пределах точности GPS-измерений.

Таблица

Анализ стабильности и точности определения пунктов исходной основы

№ п/п	Измеренные GPS вектора		Координаты				Критерии (м)		
			Исходные		GPS		Δx (м)	Δy (м)	Δ (м)
	Δx (м)	Δy (м)	X (м)	Y (м)	X (м)	Y (м)			
Вариант 1. Исходный пункт А									
A			0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	0,005	5 000,004							
B			1,000	5 001,000	0,005	5 000,005	0,995	0,995	<u>1,408</u>
	4 999,998	-5 000,003							
C			5 000,000	0,000	5 000,003	0,001	-0,003	-0,001	0,003
	-5 000,003	-0,001							
A			0,000	0,000	0,000	0,000			0,813
Вариант 2. Исходный пункт В									
A			0,000	0,000	0,995	0,995	-0,995	-0,995	<u>1,408</u>
	0,005	5 000,004							
B			1,000	5 001,000	1,000	5 001,000	0,000	0,000	0,000
	4 999,998	-5 000,003							
C			5 000,000	0,000	5 000,998	0,997	-0,998	-0,997	<u>1,411</u>
	-5 000,003	-0,001							
A			0,000	0,000	0,995	0,995			1,151
Вариант 3. Исходный пункт С									
A			0,000	0,000	-0,003	-0,001	0,003	0,001	0,003
	0,005	5 000,004							
B			1,000	5 001,000	0,002	5 000,003	0,998	0,997	<u>1,411</u>
	4 999,998	-5 000,003							
C			5 000,000	0,000	5 000,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	-5 000,003	-0,001							
A			0,000	0,000	-0,003	-0,001			0,815

Нестабильный исходный пункт после выявления становится определяемым, и схема для математической обработки результатов спутниковых определений может быть представлена в виде, приведенном на рис. 2.

Данный вариант математической обработки GPS-сети обеспечит приемлемую точность выполненных измерений без привлечения алгоритмов по уравниванию с учетом ошибок исходных данных и позволит получить координаты пунктов ОМС, удовлетворяющие требованиям Государственного кадастра недвижимости.

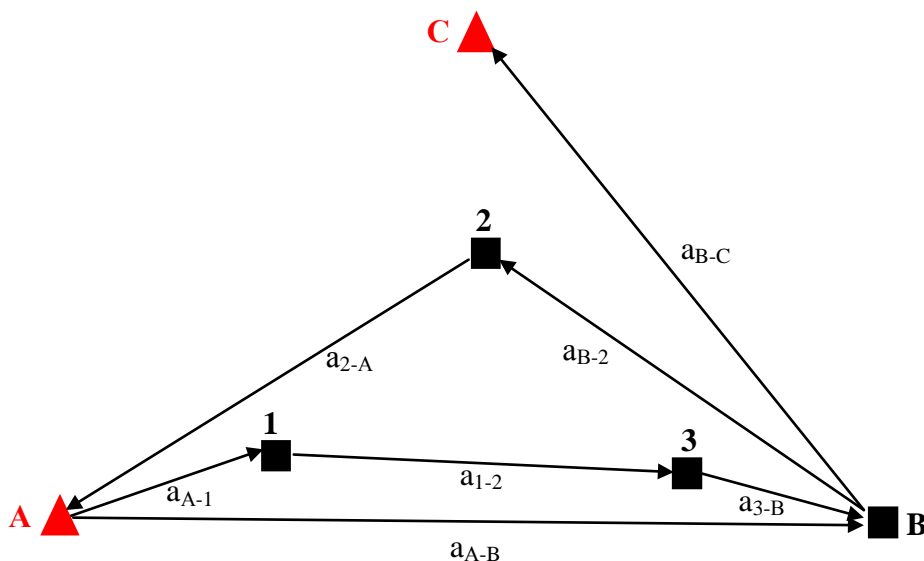


Рис. 2. Схема GPS-сети для совместной математической обработки всех результатов спутниковых определений

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аврунев, Е.И. К вопросу о геодезическом обеспечении городского кадастра / Е.И. Аврунев, А.С. Миколаенко, А.И. Лесных // Сферы применения GPS-технологий: тез. докл. на междунар. конф. – Новосибирск: СГГА, 1995. – С. 10–12.
2. Аврунев, Е.И. Использование рекуррентного алгоритма в условиях зависимых измерений // ГЕО-Сибирь-2009. V международная выставка и научный конгресс. Т. 3. Ч. 2. Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока, экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью. – С. 200–207.
3. Аврунев, Е.И. Теория расчета точности инженерно-геодезических сетей: учеб. пособие / Е.И. Аврунев. – Новосибирск: СГГА, 1995. – 34 с.
4. Коугия, В.А. Геодезические работы при строительстве мостовых переходов / В.А. Коугия. – М.: Недра, 1986. – 248 с.
5. Маркузе, Ю.И. Уравнивание пространственных наземных и спутниковых геодезических сетей / Ю.И. Маркузе, Хоанг Нгок Ха. – М.: Недра, 1991. – 275 с.
6. Маркузе, Ю.И. Алгоритмы для уравнивания геодезических сетей на ЭВМ / Ю.И. Маркузе. – М.: Недра, 1989. – 248 с.
7. Маркузе, Ю.И. Основы уравнивательных вычислений / Ю.И. Маркузе. – М.: Недра, 1990. – 240 с.
8. Тамутис, З.П. Оптимальные методы проектирования геодезических сетей / З.П. Тамутис. – М.: Недра, 1979. – 127 с.
9. Савиных, В.П. Проблемы реконструкции городских геодезических сетей на основе GPS-технологий / В.П. Савиных, Х.К. Ямбаев, А.А. Генике // Сферы применения GPS-технологий: тез. докл. на междунар. конф. – Новосибирск: СГГА, 1995. – С. 5–7.

Получено 22.07.2010

© Е.И. Аврунев, 2010

УДК 528.236.3

К.Ф. Афонин

СГГА, Новосибирск

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ПЛОСКИХ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ КООРДИНАТ ГАУССА – КРЮГЕРА ИЗ МСК-54 В СК НСО

В статье рассмотрено решение задачи по трансформированию плоских прямоугольных координат Гаусса – Крюгера из МСК-54 в СК НСО, возникшей в связи с введением на территории Новосибирской области новой местной системы координат. На реальном производственном объекте выполнено исследование применения различных математических моделей и технологий преобразования координат и сделано сравнение полученных результатов. Даны практические рекомендации по применению разработанных автором технологий на производстве.

система координат, местная система координат, МСК-54, СК НСО.

K.F. Afonin

SSGA, Novosibirsk

RECTANGULAR PLANE COORDINATES TRANSFORMATION

In the paper a solution of the task of rectangular plane coordinates transformation appeared with the introduction of new local coordinate system in Novosibirsk region is shown. The research of different mathematical models and coordinates transformation techniques has been done under the condition of real manufacturing entity and the results obtained has been analysed. Practical guidelines for the usage of developed by the author techniques are given.

coordinate system, local coordinate system.

В соответствии с предложением инициативной группы [2] постановлением Губернатора В.А. Толоконского от 25.12.2009 № 471-па на территории Новосибирской области введена новая местная система координат, получившая название СК НСО. Эта система координат должна обеспечивать высокую точность определения пространственного положения объектов недвижимости и границ земельных участков, формирования основы для создания единой электронной картографической продукции регионального назначения. Кроме этого, она будет повышать оперативность проведения на территории области геодезических и топографических работ. Система координат СК НСО введена в соответствии с Федеральным законом от 26.12.1995 № 209-ФЗ «О геодезии и картографии» и Правилами установления местных систем координат, утвержденными постановлением Правительства Российской Федерации от 03.03.2007 № 139.

В соответствии с этими документами каталоги координат всех новых пунктов местных сетей различного назначения и точек должны создаваться только в СК НСО. Координаты существующих на момент подписания постановления № 471-па пунктов и точек были вычислены в старых местных системах координат, например в МСК-54 или ей подобных. Поэтому перед геоде-

зистами области возникнет задача по оперативному и точному трансформированию координат из МСК-54 в СК НСО. Прежде чем переходить к решению задачи, рассмотрим, чем вызваны и какого порядка могут быть различия в плоских прямоугольных координатах Гаусса – Крюгера, вычисленных в МСК-54 и СК НСО.

В работе [2] был обоснован выбор трехградусных зон, долготы осевого меридиана первой зоны L_0 , координат x_0, y_0 начала региональной действительной системы плоских прямоугольных координат относительно начала региональной условной системы. Числовые значения величин L_0, x_0, y_0 будут являться ключами перехода от государственной системы координат СК-95 к СК НСО. Было принято решение оставить значения этих ключей неизменными. Это было сделано по двум соображениям. Во-первых, будет обеспечена преемственность при связи старой системы региональных координат (МСК-54) и новой (СК НСО) с государственными системами СК-42 и СК-95 соответственно. Во-вторых, различия в плоских прямоугольных координатах Гаусса – Крюгера, вычисленных в МСК-54 и СК НСО, будут вызваны только расхождением в координатах пунктов государственных сетей и сетей сгущения в старой СК-42 и новой СК-95 системах координат. Поэтому логично предположить, что разности координат Гаусса – Крюгера, вычисленных в МСК-54 и СК НСО, будут такого же порядка, как и разности плоских прямоугольных координат, полученных в старой СК-42 и новой СК-95 государственных системах. Для Западной Сибири разности плоских прямоугольных координат Гаусса – Крюгера в системах СК-42 и СК-95 могут составлять: по оси абсцисс – 6 м, по оси ординат – 3 м.

В данной работе выполнено исследование погрешностей трансформирования плоских прямоугольных координат Гаусса – Крюгера из МСК-54 в СК НСО в зависимости от применяемых математических моделей и технологий. Допустимыми считаются расхождения в координатах, не превышающие по абсолютной величине 6 см. Исследование выполнено на реальном производственном объекте – фрагменте государственной геодезической сети, состоящем из 13 пунктов 1-го, 2-го классов. Примерная площадь объекта составляет 3 000 км². Взаимное расположение пунктов сети показано на схеме (рисунок). В распоряжение автора были предоставлены усеченные слева плоские прямоугольные координаты этих пунктов в старой СК-42 и новой СК-95 системах, причем координаты пунктов в системе СК-95 были получены строго путем переуравнивания геодезических сетей.

Конечно, погрешности трансформирования координат пунктов будут зависеть и от размеров, и от конфигурации территории, на которой они размещены. В данной работе сделана попытка решить задачу на объекте с максимально возможной (насколько позволяли исходные данные) площадью. В идеальном случае площадь объекта, на наш взгляд, должна быть близка к площади административного района НСО. Влияние конфигурации территории объекта также не исследовалось из-за недостаточности производственных материалов.

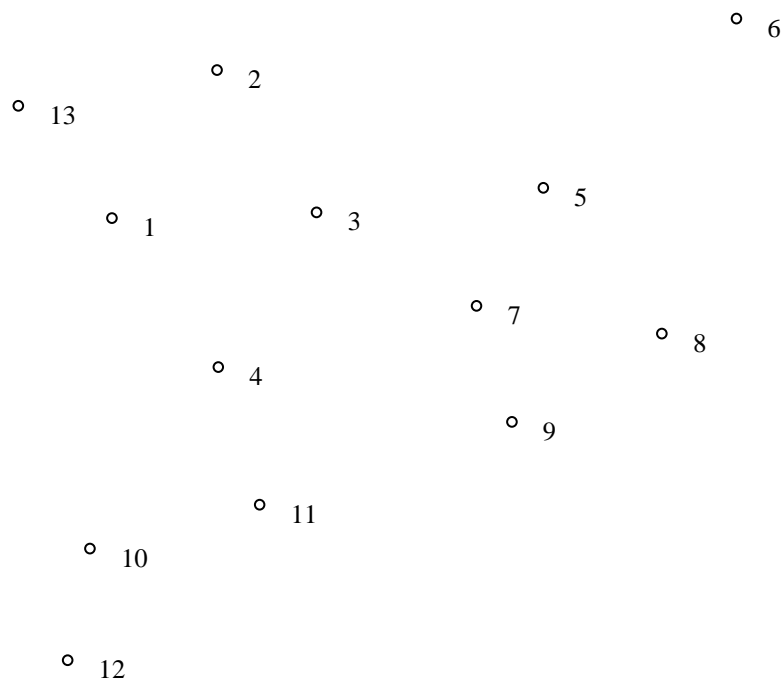


Рис. Взаимное расположение пунктов сети

Попытка использовать для трансформирования координат осредненных разностей одноименных координат Гаусса – Крюгера в системах СК-95 и СК-42, вычисленных для объекта (см. рисунок), дала неудовлетворительные результаты. Сравнение трансформированных путем введения средних разностей координат с известными координатами показало, что для 10 пунктов из 13 погрешности преобразования превысили допустимые значения. При этом максимальная погрешность преобразования достигала 0,35 м. Поэтому далее в статье приведены результаты применения более сложных математических моделей и технологий для решения поставленной задачи.

Первая математическая модель преобразования координат представлена формулами

$$\bar{x} = ax - by + x'_0; \tag{1}$$

$$\bar{y} = bx + ay + y'_0, \tag{2}$$

где \bar{x}, \bar{y} – плоские прямоугольные координаты в новой системе координат (СК-95 или СК НСО);

x, y – плоские прямоугольные координаты в старой системе координат (СК-42 или МСК-54);

a, b, x'_0, y'_0 – параметры преобразования.

Последовательность действий по реализации этой модели заключалась в следующем. На первом этапе необходимо составить уравнения вида (1), (2)

для двух опорных пунктов, координаты которых известны в старой и новой системах. Таким образом, была получена система уравнений с 4 неизвестными a, b, x'_0, y'_0 . Решение этой системы уравнений относительно неизвестных a, b, x'_0, y'_0 позволяет получить параметры преобразования.

Второй этап состоит в применении уравнений (1), (2) и найденных для опорных пунктов параметров преобразования для трансформирования координат остальных 11 пунктов объекта в новую систему координат. Вычисленные таким способом координаты сравнивались с известными плоскими прямоугольными координатами этих 11 пунктов.

Эта математическая модель преобразования названа первым вариантом (таблица). Средние и максимальные по модулю различия в координатах, а также количество пунктов (n_x, n_y), для которых не выполнено точностное условие трансформирования, приведены в таблице. Анализ полученных результатов не позволяет рекомендовать первую модель для практического применения, так как для 3 пунктов из 11 координаты были преобразованы грубо. Кроме того, имеются пункты, для которых разности координат превышают допустимые значения в два раза.

Таблица

Результаты преобразования координат

Номер варианта	1	2	3	4	5
Количество опорных пунктов	2	4	3	4	4
$ \Delta x _{cp}$	4 см	11 см	3 см	3 см	2 см
$ \Delta y _{cp}$	4 см	3 см	3 см	3 см	2 см
$ \Delta x _{max}$	10 см	24 см	8 см	6 см	6 см
$ \Delta y _{max}$	12 см	15 см	8 см	8 см	8 см
n_x	2	9	2	0	0
n_y	3	4	1	1	1

Для повышения точности трансформирования автор сделал попытку усложнить математическую модель (второй вариант) и применил формулы

$$\bar{x} = a_1x + a_2y + a_3y^2 + a_4, \quad (3)$$

$$\bar{y} = b_1x + b_2y + b_3y^3 + b_4, \quad (4)$$

где a_i, b_i – параметры преобразования.

Однако второй вариант по всем показателям оказался хуже первого (см. таблицу).

В третьем варианте преобразования координат была использована следующая технология. На первом этапе была использована технологическая цепочка первого варианта. Однако полученные таким образом координаты далее рассматривались только как приближенные координаты x' , y' пунктов в новой системе координат. Вторым этапом является уточнение координат

$$\bar{x} = x' + \Delta x; \quad (5)$$

$$\bar{y} = y' + \Delta y. \quad (6)$$

Для определения разностей координат Δx , Δy можно использовать одну из двух математических моделей. Первая заключается в применении многочленов вида

$$\Delta x = a_1 x' + a_2 y' + a_3; \quad (7)$$

$$\Delta y = b_1 x' + b_2 y' + b_3. \quad (8)$$

Результаты применения такой технологии названы третьим вариантом и также приведены в таблице. Здесь наблюдается заметное повышение точности трансформирования координат. Увеличение количества опорных пунктов до четырех (четвертый вариант) позволяет сделать преобразование координат практически идеальным (см. таблицу). В этом варианте ордината только одного пункта из девяти была получена с недопустимой погрешностью.

Аналогичные результаты можно получить, если на втором этапе технологической схемы использовать более сложные многочлены

$$\Delta x = a_1 x' + a_2 y' + a_3 x' y' + a_4; \quad (9)$$

$$\Delta y = b_1 x' + b_2 y' + b_3 x' y' + b_4. \quad (10)$$

Здесь (пятый вариант) также ордината только одного пункта была преобразована с недопустимой погрешностью. Кроме этого, средние погрешности трансформирования координат уменьшились до 2 см.

Таким образом, полученные результаты (см. таблицу) позволяют сделать, на наш взгляд, обоснованный вывод. Для преобразования плоских прямоугольных координат из МСК-54 в СК НСО на объектах, занимающих площадь не более 3 000 км² с погрешностью порядка 6 см можно использовать технологии, соответствующие четвертому и пятому вариантам (см. таблицу). При этом необходимо, чтобы на этом объекте было не менее 4 точек с координатами в двух системах координат (МСК-54 и СК НСО).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Афонин, К.Ф. О преобразовании плоских прямоугольных координат Гаусса – Крюгера из СК-42 в СК-95 / К.Ф. Афонин // Современные проблемы геодезии и оптики: тезисы докладов LI научно-технической конференции преподавателей СГГА. – Новосибирск: СГГА, 2001. – С. 31.

2. Карпик, А.П. Система региональных плоских прямоугольных координат Новосибирской области / А.П. Карпик, К.Ф. Афонин, Н.А. Телеганов, П.К. Шитиков, Д.Н. Ветошкин, С.В. Кужелев, В.А. Тимонов // Сб. материалов IV Международного научного конгресса «Гео-Сибирь-2008», т. 1, ч. 1. Новосибирск: СГГА, 2008. – С. 20–31.

Получено 19.07.2010

© К.Ф. Афонин, 2010

УДК 528.34:629.783

Ю.В. Сурнин

СГГА, Новосибирск

АДАПТИВНЫЙ АЛГОРИТМ АППРОКСИМАЦИИ МОДЕЛИ ВРАЩЕНИЯ ЗЕМЛИ

Рассматривается адаптивная аппроксимация в соответствии с требуемой точностью классической модели вращения Земли. Адаптивная модель настраивается на заданную пользователем точность с помощью замены двенадцати углов вращения тремя углами Кардано и чебышевского альтернанса. Значительное уменьшение числа тригонометрических членов повышает быстродействие компьютерных расчетов и позволяет использовать модель для решения различных задач космической геодезии, связанных с численным интегрированием дифференциальных уравнений движения спутников.

модель вращения Земли, адаптация, углы Кардано, чебышевский альтернанс.

Yu. V. Surnin

SSGA, Novosibirsk

ADAPTIVE ALGORITHM OF EARTH ROTATION MODEL APPROXIMATION

Adaptive approximation according to required accuracy of classical model of Earth rotation is considered. The adaptive model is adjusted with prescribed by user accuracy with the help of replacing of twelve rotation angles by three angles of Cardano and Chebyshev's alternance. Considerable diminution of trigonometric terms number increases the speed of computation and allows to use the model for solving different tasks of space geodesy, connected with numerical integration of differential equation of sputnic's motion.

Earth rotation model, adaptation, Cardano angles, Chebyshev alternance

Математическая модель вращения Земли в рамках Ньютоновой механики обычно представляется в виде произведения элементарных матриц поворота [1, 2, 4], которые учитывают прецессионно-нутацонное движение оси мира относительно инерциального пространства, сидерическое вращение Земли, полярное движение мгновенной оси в теле Земли и неравномерность ее вращения. Чтобы уменьшить влияние погрешностей модели вращения Земли на взаимное преобразование земных и небесных координат, целесообразно в качестве инерциальной системы координат (ИСК) – точнее квазиинерциальной – выбрать небесную систему отсчета [5, 6], определяемую истинным равноденствием и истинным экватором фиксированной эпохи T_m , лежащей примерно в середине некоторого интервала $[T_n, T_k]$. Например, T_n, T_k – эпохи начала и конца какой-либо наблюдательной кампании.

Тогда матрица W направляющих косинусов осей общеземной системы координат (ОЗСК) относительно осей ИСК может быть описана двенадцатью элементарными поворотами:

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

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

Если вместо ньютоновой механики для модели вращения Земли использовать общую теорию относительности [1, 4], то дальнейшие преобразования матрицы W принципиально не изменятся. Изменится только сама исходная матрица W в выражении

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

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

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

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

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

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

где ω – номинальная угловая скорость вращения Земли; $T_o = 2451545,0$ – стандартная эпоха $J2000,0$. Заметим, что в [4] для вычисления звездного угла θ рекомендуется всемирное время UT1, здесь же используется земное время TT .

Остальная часть в формуле (3) – матрица Θ – описывает небольшие колебательные движения оси вращения Земли на интервале времени $[T_n, T_k]$ выражением

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

Матрицу вращения Θ можно представить двояко. С одной стороны, как матрицу направляющих косинусов

$$\Theta^T = [i' j' k'], \quad (6)$$

строками которой являются орты i', j', k' осей ИСК в проекциях на орты ОЗСК

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

С другой стороны, эту же матрицу Θ можно представить в виде произведения трех матриц элементарных поворотов либо на углы Эйлера, либо на углы Кардано. При малых колебаниях экватора (по наклону) возникает квазилинейная зависимость двух углов Эйлера (прецессии и чистого вращения), примыкающих друг к другу по линии узлов. В связи с этим, отдавая предпочтение углам Кардано, правую часть формулы (6) представим как

$$\Theta = R_3(-\Delta\theta)R_2(\beta)R_1(\sigma), \quad (7)$$

где кардановые углы можно интерпретировать следующим образом: $\Delta\theta$ – аналог нутации по прямому восхождению; β – аналог нутации по склонению и σ – аналог нутации по наклону. Углы Кардано $\Delta\theta, \beta, \sigma$ можно вычислить через исходные орты i', j', k' . Последние получаются, как столбцы матрицы Θ , по формулам (1), (5) и (6).

Если ввести три вспомогательных орта i'', j'', k'' равенствами

$$j'' = k' \times i' / k' \cdot i'; \quad k'' = i' \times j''; \quad i'' = j'' \times k', \quad (8)$$

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

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

Следует обратить внимание на то, что эмпирические углы x_p, y_p и $(1 + \mu)\Delta UTI$ даются не аналитическими выражениями, как это имеет место для всех остальных углов прецессии и нутации в равенстве (1), а публикуются в виде таблицы по аргументу T . Поэтому табличное задание трех функций $x_p(T), y_p(T), (1 + \mu)\Delta UTI(T)$ лучше преобразовать в аналитический вид. Для этой цели, чтобы не снизить табличную точность, можно использовать, например, аппроксимацию кубическими сплайнами со сглаживанием [7].

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

Пусть $f(x)$ любой из углов Кардано $\Delta\theta(t), \beta(t), \sigma(t), t = T - T_m$. Тогда разложение функции $f(x)$ по полиномам Чебышева $T_k(x)$ ($k = 0, 1, \dots, N - 1$) до степени $N - 1$ можно записать так:

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

где

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

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

Коэффициенты c_k разложения (10) находятся по формулам:

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

$$\delta_{0k} = 1, \text{ если } k = 0 \text{ иначе } 0,$$

где функции $f(x_j)$ и полиномы $T_k(x_j)$ вычисляются с помощью равенств (1), (5), (6), (8), (9) в корнях x_j полинома Чебышева T_N степени N . Заметим, что $c_N = 0$, поэтому в ряде (10) предел суммирования равен $N-1$.

Для всех трех функций $\Delta\theta(t)$, $\beta(t)$, $\sigma(t)$ узлы x_j вычисляются один раз (с минимальным обращением к функциям \cos и \sin) по рекуррентным формулам:

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

где $x_1 = \cos\Delta\alpha$; $y_1 = \sin\Delta\alpha$; $\Delta\alpha = (\pi/2)/N$; $a = x_1^2 - y_1^2$; $b = 2x_1 y_1$.

Коэффициенты c_k чебышевского разложения (10) обладают замечательным свойством – по мере увеличения степени k они монотонно убывают. Назначаемую априори в формуле (10) степень полинома N следует рассматривать как верхнюю грань, заведомо завышенную, чем это необходимо. Это позволяет подобрать необходимую степень n разложения (10) для каждой функции $\Delta\theta(t)$, $\beta(t)$, $\sigma(t)$ в соответствии с заданной погрешностью аппроксимации ε . Усечение ряда (10) до степени $n \leq N-1$ для заданной погрешности ε производится по условию

$$\sup \sum_{k=n}^{N-1} \text{abs}(c_k) \leq \varepsilon. \quad (13)$$

Теперь ряд (10) можно переписать так:

$$f(x) = \sum_{k=0}^n c_k T_k(x). \quad (14)$$

Для вычисления скорости изменения функции $f'(x) = df/dx$ эффективно использовать, как рекомендуется в [3], формулу

$$f'(x) = (2/\Delta t) \sum_{k=1}^n k c_k U_{k-1}(x) \quad (15)$$

и рекуррентное соотношение для полиномов Чебышева II рода

$$U_0(x) = 1; \quad U_1(x) = 2x; \quad U_{k+1}(x) = 2xU_k(x) - U_{k-1}(x); \quad k = 1, \dots, n. \quad (16)$$

Можно еще упростить вычисление матрицы направляющих косинусов W , соединяя два угла $\underline{\theta}$ и $\Delta\theta$ в один θ по формуле

$$\theta = \underline{\theta} + \Delta\theta, \quad (17)$$

где угол θ можно считать аналогом истинного звездного времени на меридиане Гринвича в текущий момент времени T .

Тогда матрица вращения W из выражений (2) и (3) может быть представлена как произведение трех элементарных поворотов

$$W = R_3(-\theta)R_2(\beta)R_1(\sigma), \quad (18)$$

один из которых $R_3(-\theta) = R_3(-(\underline{\theta} + \Delta\theta))$ описывает мгновенное сидерическое вращение Земли, два других поворота $R_2(\beta)$ и $R_1(\sigma)$ моделируют совокупно прецессионно-нутацонное движение оси вращения Земли как относительно ИСК, так и полярное движение относительно ОЗСК.

Два медленно и плавно меняющихся вращения $R_2(\beta)$ и $R_1(\sigma)$ выделим из формулы (18) в отдельную матрицу Q :

$$Q = R_2(\beta)R_1(\sigma). \quad (19)$$

Окончательно матрица W преобразования ОЗСК в ИСК запишется теперь так:

$$W = R_3(-\theta)Q. \quad (20)$$

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

$$Q = E + \Delta Q, \quad (21)$$

$$\Delta Q = \begin{bmatrix} -\beta^2/2 & \beta\sigma & -\beta \\ 0 & -\sigma^2/2 & \sigma \\ \beta & -\sigma & -(\beta^2 + \sigma^2)/2 \end{bmatrix}. \quad (22)$$

Тогда формулы прямого и обратного преобразования произвольного вектора из общеземной системы координат x в инерциальную y на основании (2), (20)–(22) принимают вид:

$$y = R_3(-\theta)(E + \Delta Q)x; \quad x = (E - \Delta Q)R_3(\theta)y. \quad (23)$$

Прямое и обратное преобразование координат вектора скорости из ОЗСК в ИСК производится на основании (23) по формулам:

$$y' = R_3(-\theta)(E + \Delta Q)x' - R_3'(-\theta)(E + \Delta Q)x + R_3(-\theta)\Delta Q'x; \quad (24)$$

$$x' = (E - \Delta Q)R_3(\theta)y' + (E - \Delta Q)R_3'(\theta)y - \Delta Q'R_3(\theta)y, \quad (25)$$

где

$$R_3'(-\theta) = \theta' \begin{bmatrix} -\sin \theta & -\cos \theta & 0 \\ \cos \theta & -\sin \theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad \Delta Q' = \begin{bmatrix} -\beta\beta' & \beta'\sigma + \beta\sigma' & -\beta' \\ 0 & -\sigma\sigma' & \sigma' \\ \beta' & -\sigma' & -\beta\beta' - \sigma\sigma' \end{bmatrix}.$$

Выводы

1. Исходная классическая модель вращения Земли [4], представляемая формулами (1) и (2) на больших интервалах времени (более сотни лет), преобразована для ограниченных интервалов времени $[T_n, T_k]$ к более простому виду – формулы (20)–(25).

2. Тригонометрические члены (более двух тысяч), содержащиеся в исходной модели формулы (1), в новой модели формул (19), (20) почти полностью исключены (остались две функции $\sin\theta$ и $\cos\theta$).

3. Новая модель, предложенная в формулах (19), (20), адаптируясь к заданной погрешности ε аппроксимации вращения Земли (и, следовательно, к точности преобразования координат) путем усечения равномерно сходящегося ряда Чебышева, является алгоритмически настраиваемой моделью по условию выражения (13).

4. С помощью новой модели проще преобразуются координаты векторов положения по формуле (23) и скорости по формулам (24), (25), как космического аппарата, так и наблюдателя, связанного с вращающейся Землей, из инерциальной системы отсчета в общеземную систему координат, и наоборот.

5. Новая модель вращения Земли, увеличивая быстродействие алгоритма численного интегрирования дифференциальных уравнений движения космических аппаратов практически без снижения точности, повышает эффективность динамического метода решения задач космической геодезии [6].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Брумберг, В.А. Релятивистские системы координат и шкалы времени [Текст] / В.А. Брумберг // Труды Института прикладной астрономии РАН. – Санкт-Петербург. – 2004. – вып. 10. – С. 44–61.
2. Лукашова, М.В. Небесное эфемеридное начало (СЕО) [Текст] / М.В. Лукашова, М.Л. Свешников // Труды Института прикладной астрономии РАН. – Санкт-Петербург. – 2004. – вып. 10. – С. 186–206.
3. Глебова, Н.И. Интерполирование табличных данных [Текст] / Н.И. Глебова // Труды Института прикладной астрономии РАН. – Санкт-Петербург. – 2004. – вып. 10. – С. 39–43.

4. IERS Conventions 2003 (ed. McCarthy D. D. and G. Petit) [Текст] / IERS Technical Note № 32. – Frankfurt am Main. – 2004. – 127 с.
5. Каула, У. Спутниковая геодезия. Теоретические основы [Текст] / У. Каула. – М.: Мир, 1976. – 172 с.
6. Сурнин, Ю.В. Программный комплекс «Орбита–СГГА-2» для решения задач космической геодезии динамическим методом [Текст] / Ю.В. Сурнин, В.А. Ащеулов, С.В. Кужелев, Е.В. Михайлович, Н.К. Шендрик // Геодезия и картография. – 2008. – № 2. – С. 14–19.
7. Марчук, Г.И. Методы вычислительной математики [Текст] / Г.И. Марчук. – Новосибирск: Наука, 1973. – 352 с.
8. Демидович, Б.П. Численные методы анализа [Текст] / Б.П. Демидович, И.А. Марон, Э.Э. Шувалова. – М.: Физ.-мат. лит., 1963. – 400 с.

Получено 25.06.2010

© Ю.В. Сурнин, 2010

УДК 528.389:551.242

В.Г. Колмогоров

СГГА, Новосибирск

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СОВРЕМЕННЫХ ДВИЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ

На примере пространственно-временного изменения высоты точки земной поверхности представлена методика изучения основных геокинематических параметров, под которыми понимаются деформации земной поверхности, обусловленные перемещением в пространстве.

геодезическая высота, современные вертикальные движения земной поверхности (СВДЗП), скорость СВДЗП.

V.G. Kolmogorov

SSGA, Novosibirsk

MATHEMATICAL FORMULATION OF RECENT EARTH CRUST MOTION

With the example of spatio-temporal changing of the earth's surface point there is represented the technique of general geokinematic parameters study, i.e. earth's surface deformations, which are specified by e displacement in space.

geodetic level, recent earth crust vertical motion (RECVM), speed of RECVM.

Под основными параметрами современных движений земной коры понимаются как вертикальные и горизонтальные движения земной поверхности и ее деформации, так и вариации геофизических полей во времени, главным образом – гравитационных аномалий, так как последние являются одной из причин изменения во времени геодезических высот. Теоретически взаимосвязь между вышеуказанными параметрами нам представляется следующим образом (рис. 1).

Считая высотой (в произвольной пространственной системе координат) расстояние между двумя точками $A(x_a, y_a, z_a) \in S$, $B(x_b, y_b, z_b) \in S_o$ по нормали $(x_a - x_b)/[D_x S_o(B)] = -[S(A) - S_o(B)]$ к поверхности S_o в точке B , где $S(A)$ и $S_o(B)$ – аналитические образы поверхностей S и S_o соответственно, D_i – оператор дифференцирования, высоту $H(A, B, t)$ в момент t и скорость ее изменения $V_H(A, B, t)$ можно представить в виде:

$$H(A, B, t) = [S(A, t) - S_o(B, t)] [1 + (D_x S_o)^2 + (D_y S_o)^2]^{1/2}, \quad (1)$$

$$\begin{aligned} V_H(A, B, t) = & V_H(t) + [x_a D_x S(A, t) + y_a D_x S(B, t)] [1 + (D_x S_o)^2 + (D_y S_o)^2]^{1/2} - \\ & - [x_b D_x S_o(B, t) + y_b D_y S(B, t)] [1 + (D_x S_o)^2 + (D_y S_o)^2]^{1/2} + \\ & + [S(A, t) - S(B, t)] (D_{xx} S_o D_y S_o - D_x S_o D_{yy} S_o) [1 + (D_x S_o)^2 + (D_y S_o)^2]^{-1/2}. \quad (2) \end{aligned}$$

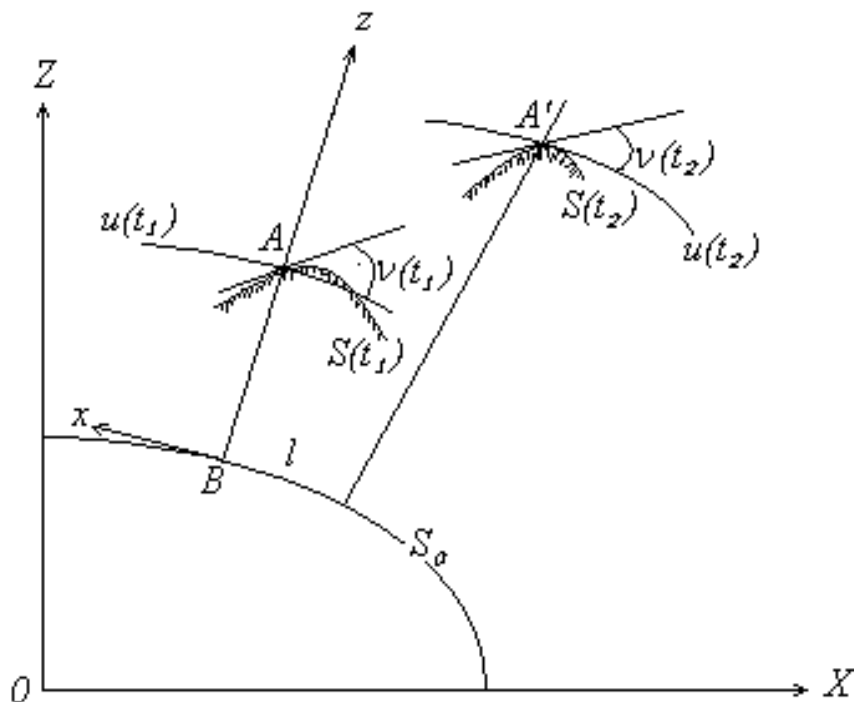


Рис. Изменение геодезической высоты во времени:

$S(t_1), S(t_2)$ – физическая поверхность в моменты t_1 и t_2 ; S_0 – поверхность эллипсоида; $u(t_1), u(t_2)$ – уровенные поверхности точки A в моменты t_1 и t_2 ; l – горизонтальное смещение точки A ; $\nu(t_1), \nu(t_2)$ – углы наклона поверхности S в моменты t_1 и t_2

Первый член выражения (2) определяет скорость вертикального перемещения точки A , а последние три характеризуют скорость изменения высоты вследствие горизонтальных смещений точек $A \in S$ и $B \in S_0$ и деформации поверхностей S и S_0 .

Исходя из определения геодезической высоты, поверхность S_0 является неизменяющимся во времени эллипсоидом (референц-эллипсоидом). В топоцентрической системе координат, определяемой внешним направлением нормали к эллипсоиду, с которой совпадает аппликата, а оси абсцисс и ординат расположены в плоскостях меридиана и первого вертикала с положительным направлением на север и восток, соответственно, выражения (1) и (2) принимают вид:

$$H(A, B, t) = S(A, t) - S_0(B, t); \quad (3)$$

$$V_H(A, B, t) = V_x^A D_x S(A, t) + V_y^A D_y S(A, t) + D_z z(t), \quad (4)$$

где $D_x S = \operatorname{tg} \nu_x = i_x$, $D_y S = \operatorname{tg} \nu_y = i_y$ – тангенсы углов наклона (уклоны) земной поверхности в плоскостях меридиана и первого вертикала соответственно (под углом наклона ν понимается угол между касательными плоскостями к

поверхности S и уровенной поверхности в точке наблюдения), V_x^A, V_y^A, V_z^A – скорости горизонтальных и вертикальных смещений точки A .

Тогда

$$V_H(A, B, t) = V_x \operatorname{tg} v_x + V_y \operatorname{tg} v_y + V_z.$$

Учитывая, что $V_x = V_l \cos a$ и $V_y = V_l \sin a$, где V_l – скорость горизонтального смещения точки $A \in S$ в направлении a , выражение (4) можно записать следующим образом:

$$V_H(A, B, t) = (i_x \cos a + i_y \sin a) V_l + V_z. \quad (5)$$

В практике изучения современных вертикальных движений земной коры (СВДЗК) первым членом выражения (5) пренебрегают, и тогда

$$V_H(A, B, t) = V_z, \quad (6)$$

т. е. считается, что скорость изменения высоты определяется скоростью изменения аппликаты в выбранной системе топоцентрических координат. На местности же с уклонами $i \gg 0,02$ и горизонтальными подвижками со скоростью $V_l > 10$ мм/год, что нередко имеет место в тектонически активных районах (где и расположены, в основном, геодинамические полигоны), компонент $\delta V_H = (i_x \cos a + i_y \sin a) V_l$ может внести в значение скорости вертикальных смещений земной поверхности существенный вклад, сравнимый по величине с погрешностями измерений. Действительно, если $i_x = i_y = 0,06$, $V_l = 10$ мм/год, $a = 45^\circ$, то $\delta V_H = 0,85$ мм/год (для сравнения: средняя квадратическая случайная ошибка нивелирования 1 км двойного хода оптическим нивелиром по программе 1 класса характеризовалась величиной $\eta = 0,5 - 0,8$ мм/км). При выполнении прецизионного нивелирования на геодинамических полигонах горизонтальный компонент СВДЗК, как правило, не определялся, и его влияние не учитывалось.

Формула (5) позволяет изучать разнообразные пластические деформации земной поверхности, например, оползни, где одновременно проявляются большие вертикальные и горизонтальные движения земной поверхности.

При изучении землетрясений и вулканической деятельности важное значение имеют не только скорости деформаций земной поверхности, но особенно характер изменения скоростей во времени. В этой связи при выполнении над величиной $V_{H(t)}$ – материальной скоростью изменения высот – подобных предыдущим операций, «дифференциальное уравнение» ускорения изменения высот будет иметь вид

$$D_t V_{H(A, B, t)} = \sum V_i D_i H(A, B, t) + D_t H(A, B, t), \quad i = 1, 2, 3, 4; \quad (7)$$

или, дифференцируя по времени выражение (5), получим

$$D_t V_H(A, B, t) = (\operatorname{tg} v_x \cos a + \operatorname{tg} v_y \sin a) D_t V_l + (V_{v_x} \sec^2 v_x \cos a +$$

$$+ V_y \sec^2 v_y \sin a) D_t V_l / \rho'' + (\operatorname{tg} v_y \cos a - \operatorname{tg} v_x \sin a) D_t V_l a / \rho'' + D_t V_{z(t)}. \quad (8)$$

Первые три члена формулы (8) характеризуют ускорение изменения высоты, обусловленное: ускорением горизонтальных смещений l , скоростью изменения наклона земной поверхности в плоскостях меридиана v_x и первого вертикала v_y , скоростью изменения направления (азимута или дирекционного угла) a линейного элемента V_l . Последний член $D_t V_{z(t)}$ – ускорение собственно вертикальных движений.

В рассмотренной системе координат смещения точек земной поверхности определяются по формулам (4)–(8) без учета влияния гравитационного поля Земли и его вариаций. Такой подход возможен при изучении СВДЗП, во-первых, на небольших территориях, где влияние вариаций направлений отвеса на результаты нивелирования пренебрегаемо мало, а уровенные поверхности считаются плоскими и, во-вторых, при определении взаимного положения точек земной поверхности с помощью спутникового геометрического метода, который не нуждается в каких-либо данных об элементах гравитационного поля Земли.

В заключение хочется выразить надежду, что использование новейшей измерительной и вычислительной техники в недалеком будущем позволит надежно определять описанные тонкие эффекты, играющие немаловажную роль в изучении современных геокинематических процессов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Колмогоров, В.Г. Теоретические основы изучения современных деформаций земной поверхности / В.Г. Колмогоров // ГЕО-Сибирь-2010. Т. 1. Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия. Ч. 2: сб. матер. VI Междунар. научн. конгресса «ГЕО-Сибирь-2010», 19–29 апреля 2010 г., Новосибирск. – Новосибирск: СГГА, 2010. – 216 с.

Получено 28.06.2010

© В.Г. Колмогоров, 2010

АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ СЪЕМКИ И ФОТОГРАММЕТРИЯ



УДК 528.7

Т.А. Хлебникова, Е.Н. Кулик

СГГА, Новосибирск

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТРЕХМЕРНОЙ ВИДЕОСЦЕНЫ ПО МАТЕРИАЛАМ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ СЪЕМОК

Статья посвящена новым видам цифровых геопространственных продуктов – 3D-моделям. Приведена схема технологии получения измерительной трехмерной видеосцены по материалам аэрокосмических съемок, представлены результаты экспериментальной работы по исследованию точности.

территория, трехмерная измерительная видеосцена, ЦМР, ЦМО, оценка точности.

T.A. Khlebnikova, Ye.N. Kulik

SSGA, Novosibirsk

THE RESULTS OF EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS OF 3-DIMENTIONAL STANDARDISED VIDEOSTAGE TECHNOLOGY OBTAINING BASED ON AEROSPACE SURVEYING DATA

The paper is devoted to new kinds of digital geospatial products – 3D to models. Results of experimental works on research of accuracy are resulted the scheme of technology of reception of a measuring three – dimensional videostage on materials of space shootings.

territory, three-dimensional measuring videostage, DMD, DMO, estimation of accuracy.

В последние годы во многих областях народного хозяйства потребность в информации о местности уже не удовлетворяется использованием только топографических карт в аналоговом и цифровом видах. Недостаточная информативность карты, необходимость умения читать карту затрудняет ее использование, а в ряде специальных приложений существенно ограничивает ее применение.

Для решения ряда инженерных задач, включающих автоматизированный анализ состояния территории, особенно в районах интенсивного строительства требуется детальная информация о пространственном положении, относительных высотах объектов территории в цифровой форме.

Появились новые цифровые геопространственные продукты, получившие название 3D-моделей [1, 2, 3]. Получению таких новых видов цифровой продукции способствовало использование достижений трехмерной машинной графики при пространственном моделировании местности [1] в геоинформационных технологиях.

В общем случае трехмерные цифровые модели представляют собой трехмерные пространственные аналоги реальных объектов местности. В научной и технической литературе приводятся различные определения и обозначения, например: трехмерные виртуальные модели местности или 3D (3-Dimensional)-визуализации, виртуальные модели местности, цифровые пространственные модели местности, пространственные модели местности, трехмерные цифровые модели, 3D-модели, 3D-ЦММ, 3D-сцены, трехмерные текстурированные модели реалистического вида.

Перечень актуальных 3D-продуктов постепенно расширяется. В настоящее время наиболее востребованы визуальные цифровые модели городов. В крупных европейских городах трехмерная географическая информация используется при решении таких задач, как городское планирование, управление подземным транспортом, защита от шума и др. [4, 5].

Исследования, изложенные в данной статье, являются продолжением работ, опубликованных в [6, 7]. В работе [7] на основе базовых понятий, приведенных в известных словарях по геоинформатике и картографии: данные, пространственные данные, геопространственные данные, местность, территория, сформулировано определение цифрового геопространственного вида продукции, который рассматривается в статье.

Трехмерная измерительная видеосцена – трехмерная цифровая электронная модель территории (3D ЦМТ), включающая в себя (или содержащая) цифровую модель рельефа и модели (модель) других объектов, расположенных в границах рассматриваемой территории, предназначенная для визуализации в статическом или динамическом режимах и расчетно-измерительных операциях с использованием специальных программных средств ГИС.

Из данного определения следует, что трехмерные видеосцены включают модели земной поверхности – цифровые модели рельефа (ЦМР) и модели наземных (подземных) искусственных объектов – цифровых моделей объектов (ЦМО), как правило, созданных человеком.

Источниками информации для получения ЦМР, ЦМО могут служить различные данные. При создании видеосцены решаются две задачи: конструирование геометрии границ объектов и текстурирование модели.

По мере практического применения трехмерных цифровых моделей территории пользователи выявили недостатки, приводящие к ограничению их пользования. Поэтому совместное использование цифровых топографических карт, планов (ЦТК, ЦТП) и трехмерных измерительных видеосцен позволит по наиболее наглядно опознаваемым объектам на трехмерной видеосцене определять значения координат и высот точек интересующего объекта территории на циф-

ровой карте, плане с точностью, регламентированной для масштаба данной карты (рисунок).

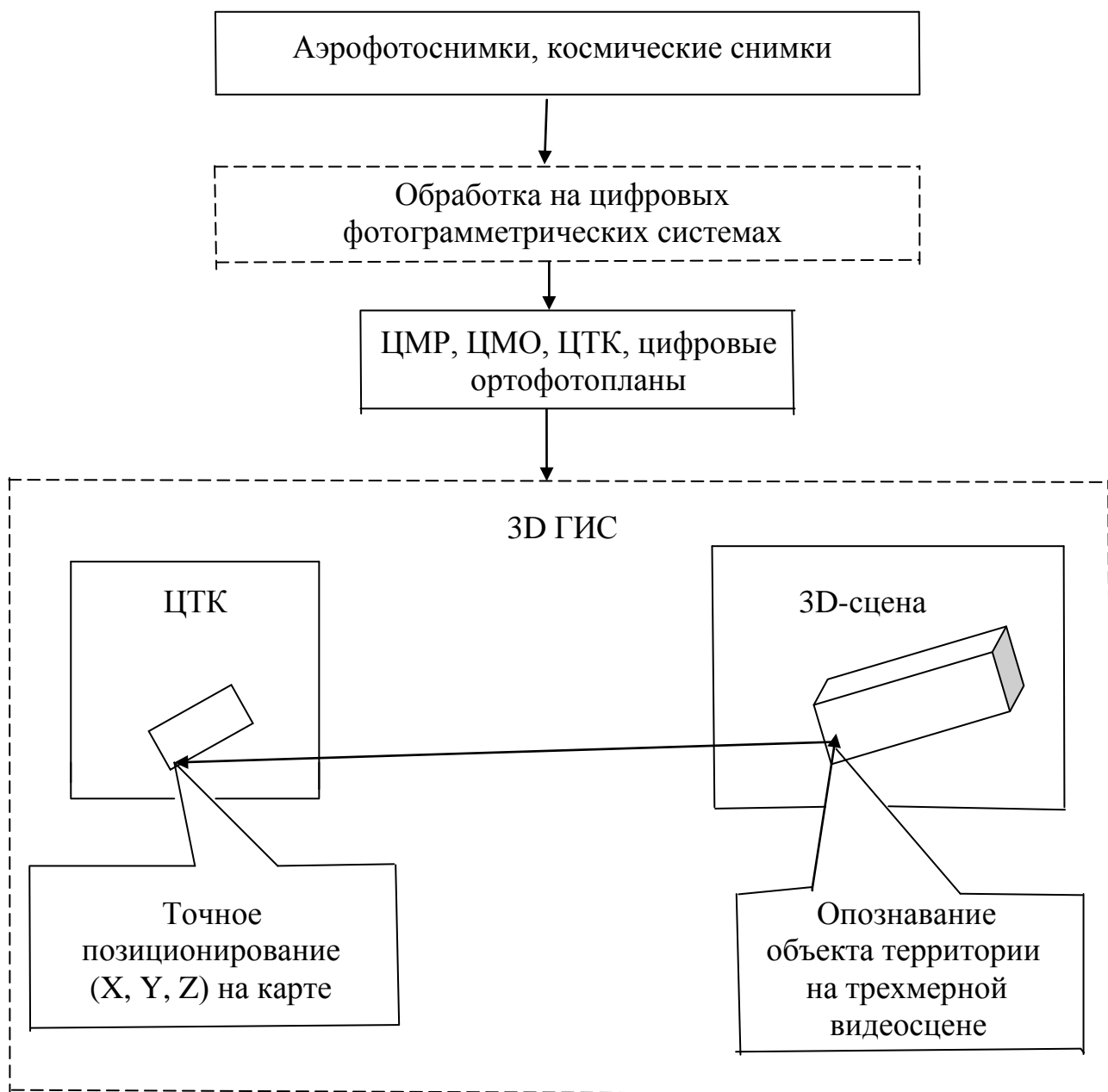


Рис. Обобщенная схема технологии создания измерительных трехмерных видеосцен

В связи с вышеизложенным в технологию получения измерительных трехмерных видеосцен включены следующие этапы.

1. Создание цифровых моделей рельефа и объектов, цифровых карт (планов), ортофотокарт по материалам аэрофотосъемки, космической съемки высокого разрешения средствами цифровых фотограмметрических систем по известной технологической схеме [8].

2. Создание модели поверхности территории и объектов на ней расположенных, согласование их средствами 3D ГИС.

3. Создание трехмерной видеосцены средствами 3D ГИС.

Для формирования ЦМР, ЦМО наиболее часто используются аэрокосмические материалы, обработка которых выполняется средствами фотограмметрических технологий.

На современном топографо-геодезическом производстве фотограмметрические работы являются основной частью технологии создания и обновления ЦТК, ЦТП, цифровых ортофотопланов, специализированных планов, ЦММ [8].

Достоинства фотограмметрических технологий – высокая информативность и точность определения координат и высот точек местности по материалам аэрофото- и космосъемки, а также высокая степень автоматизации современных фотограмметрических приборов – цифровых фотограмметрических станций (ЦФС). Кроме того, материалы аэрокосмических съемок можно использовать для текстурирования участков земной поверхности, что позволяет повысить на качественном уровне реалистичность визуализации территории [9].

Определены необходимые условия, при которых будут получены ЦМР, ЦМО, удовлетворяющие требованиям для дальнейшего создания измерительных трехмерных видеосцен.

1. Измерительная трехмерная видеосцена должна включать цифровую модель рельефа и цифровую модель объектов местности, имеющих в том числе искусственное происхождение.

2. Масштаб исходных материалов аэрофото- и космосъемки должен обеспечивать создание ЦММ в диапазоне не мельче М 1 : 10 000.

3. Текстура трехмерных видеосцен должна быть получена по материалам аэрофото- и космосъемки.

4. Точность используемых ЦМР, ЦМО должна быть не ниже заданной точности создаваемой трехмерной видеосцены.

Поскольку 3D ЦМТ используется для решения в том числе и метрических задач, то закономерно возникает вопрос о степени идентичности модели рельефа и моделей объектов, полученных на ЦФС, моделям рельефа и объектов, полученных в среде 3D ГИС.

В этой связи экспериментальные исследования предусматривали проверку степени идентичности цифровой модели рельефа и цифровых моделей объектов, полученных на ЦФС и трехмерной видеосцене, полученной в средах 3D ГИС.

Экспериментальные исследования технологии выполнялись на производственных материалах аэрофотосъемки с характеристиками: масштаб залета – 1 : 8 000, фокусное расстояние АФА – 153 мм, формат кадра 23 × 23 см. Территория объекта (с условным названием Северный-2) представляла собой слабо всхолмленную местность с застройкой сельского типа, с луговыми массивами, небольшими лесными участками.

Сбор трехмерной пространственной информации осуществлялся средствами ЦФС (ЦНИИГАК, г. Москва, ГНПП «Геосистема», г. Винница) в объеме 0,6 НЛ плана масштаба 1 : 2 000.

По объекту населенного пункта Северный-2 выполнено следующее:

- по имеющимся результатам сгущения сети построены стереоскопические модели по каждой стереопаре аэрофотоснимков выбранного объекта;
- выполнен сбор ЦМР в виде горизонталей с сечением 1 м; число горизонталей – 68;
- выполнен сбор ЦМО средствами программного обеспечения (ПО) Digitals по слоям в соответствии с классификатором, сформированным в среде Digitals на основе существующего классификатора-шаблона для указанного масштаба, исходя из состава объектов на рассматриваемой территории; число слоев – 44; количество объектов (линейных, площадных, точечных) – 3 307;
- конвертирование результатов сбора цифровой информации для ЦМР, ЦМО в форматы экспорта MID/MIF;
- импорт результатов сбора цифровой информации для ЦМР, ЦМО в ГИС ПАНОРАМА – ГИС Карта 2005 (версия 9.15.3), далее ГИС Карта 2005;
- импорт результатов сбора цифровой информации для ЦМР, ЦМО в ERDAS IMAGINE (Leica Geosystems & GIS Mapping) – VirtualGIS (версия 9.0), далее VirtualGIS.

Создание трехмерной видеосцены выполнялось в средах двух 3D ГИС: ГИС Карта 2005 и VirtualGIS.

Анализ метрической точности 3D ЦМТ проводился по следующей методике.

1. Оценка точности выполнялась по высотной составляющей метрической информации контрольных точек, так как плановые координаты точек ЦМР, полученные на ЦФС, не изменяются при импорте их в 3D ГИС.

2. В качестве контрольных точек были приняты четко опознаваемые точки (на поверхности земли, углы строений на поверхности земли, на углах крыш), измеренные опытным оператором на стереофотограмметрических моделях. Стереофотограмметрические модели строились по результатам фотограмметрического сгущения, результаты которого можно охарактеризовать следующими оценками:

- средние погрешности в плановом положении контрольных точек не превышали 0,3 мм в масштабе плана;
- средние расхождения в плановом положении общих точек смежных маршрутов не превышали 0,5 мм в масштабе плана;
- средние расхождения уравнированных высот и геодезических отметок контрольных точек не превышали 0,2 высоты сечения рельефа.

3. Исходные данные для построения поверхности рельефа на ЦФС были подготовлены в виде горизонталей с сечением рельефа 1м.

4. Модель земной поверхности и объектов строилась средствами ГИС Карта 2005 и средствами программного комплекса VirtualGIS.

Модель земной поверхности в обеих ГИС представлена матрицей высот, являющейся регулярной структурой, содержащей элементы, значения которых – высоты рельефа местности.

Размер элемента матрицы при построении трехмерной видеосцены средствами ГИС Карта 2005 задавался значениями: 1, 2, 3, 5, 10, 20 м, средствами VirtualGIS – 1, 5, 10, 20 м.

Результаты исследований показали, что программное обеспечение ГИС Карта 2005 (версия 9.15.3) не имеет функции измерения значений высот точек, расположенных на объектах, т. е. выше поверхности земли. В ГИС VirtualGIS такие функции имеются. При этом фрагмент трехмерной видеосцены с выбранным объектом можно вращать, наклонять, увеличивать.

Результаты оценки точности для ГИС Карта 2005 в виде расхождений высот на контрольных точках представлены в табл. 1, для VirtualGIS – в табл. 2, где v – значение средней ошибки; m – значение средней квадратической ошибки.

Таблица 1

Результаты оценки точности высот контрольных точек, полученных средствами ГИС Карта 2005

Номер контр. точки	Размер ячеек матрицы, м			Номер контр. точки	Размер ячеек матрицы, м		
	1,0	2,0	3,0		5,0	10,0	20,0
	ΔН, м				ΔН, м		
2 угол	1,53	2,307	2,73	2 угол	2,47	2,56	2,01
3	-0,28	-0,30	-0,35	3	-0,20	-0,20	0,80
1 угол	1,83	1,77	1,84	1 угол	1,55	1,40	2,40
4 угол	-3,27	-3,32	-3,16	4 угол	-3,30	-3,46	-3,46
60	-1,44	-1,491	-1,29	60	-1,60	-1,60	-0,60
48	-0,17	-0,11	-0,20	48	-0,30	-1,00	0,00
23 угол	0,02	0,01	0,07	23 угол	0,13	0,20	0,20
24 угол	-0,44	-0,50	-0,47	24 угол	-0,46	-0,61	-1,00
25 угол	-0,10	-0,08	-0,09	25 угол	-0,16	-0,14	0,03
26 угол	0,92	0,93	0,88	26 угол	0,94	1,00	1,15
22 угол	0,17	0,14	0,15	22 угол	0,10	0,10	0,10
62 угол	-0,16	-0,14	-0,20	62 угол	-0,06	0,06	0,23
52	0,42	0,17	0,32	52	0,60	1,40	3,40
68	0,80	0,80	0,80	68	0,80	1,80	2,80
56 угол	0,16	0,12	0,08	56 угол	0,20	0,20	0,20
69	-0,30	-0,30	-0,30	54	-0,24	-0,60	-
39	-0,50	-0,50	-0,50	38 зем.	0,11	0,10	-
40 угол	-0,80	-0,80	-0,80	61	-	0,50	0,50
41	0,59	0,61	0,60	69 зем.	-0,30	-	-0,30
n	19	19	19		26	26	26
v	0,80	0,96	0,78		0,66	0,78	1,11
m	1,15	1,39	1,16		1,02	1,15	1,57

Таблица 2

Результаты оценки точности высот контрольных точек,
полученных средствами Virtual GIS

Номер контрольной точки	Размер ячеек матрицы, м			
	1,0	5,0	10,0	20,0
	ΔH , м			
3	0,30	0,20	0,36	1,10
4	-2,83	-3,17	-2,88	3,18
60	-1,41	-0,51	-1,31	1,10
20 (уг)	+1,84	0,87	1,36	0,90
21 (уг)	-0,55	-0,67	-0,45	-0,61
22	0,45	0,32	0,48	0,48
43 (уг)	1,28	1,07	1,53	1,12
44 (уг)	-0,40	-0,58	-0,81	-0,50
45 (уг)	0,37	0,06	0,18	-0,50
40 (уг)	0,80	0,50	0,64	0,43
19	0,39	-0,02	0,53	0,03
42	-0,20	0,03	-0,23	-0,29
6 (уг)	-0,42	0,03	-0,21	-0,32
5 (уг)	-0,25	-0,37	-0,31	-0,09
27 (уг)	-0,48	-0,60	-0,63	-0,47
48	0,44	0,37	0,35	0,23
40	-0,68	-0,38	-0,63	-0,37
43	-0,32	0,08	-0,27	-0,13
24	0,39	-0,23	-0,16	-0,05
23	0,71	0,22	0,39	0,55
32	0,85	0,62	0,56	0,62
17 (уг)	0,38	0,29	0,70	0,32
34	0,78	0,45	0,14	-0,07
46	0,48	0,16	0,44	0,35
18	0,94	0,75	0,40	0,56
1	1,70	2,04	2,27	2,13
n	26	26	26	26
v	0,77	0,55	0,70	0,63
m	1,03	0,87	0,96	0,92

Результаты анализа точности трехмерной видеосцены, включающей цифровую модель рельефа и модели объектов, в объеме выбранных исходных данных позволяют сделать следующие выводы.

1. Значения средних погрешностей высот контрольных точек, полученных средствами ГИС Карта 2005 и VirtualGIS практически сопоставимы для ЦМР, где размер ячейки матрицы от 1 до 20 м.

2. Значения средних погрешностей высот контрольных точек практически одного порядка при размерах элемента матрицы от 1 до 10 м. При этом объем дисковой памяти матрицы с уменьшением элемента матрицы значительно возрастает.

3. При использовании в качестве исходных данных ЦМР в виде горизонталей с сечением рельефа 1 м для последующего построения измерительной трехмерной видеосцены, размер элемента матрицы достаточно задавать не плотнее, чем 10 м.

4. Полученные значения средних погрешностей высот на контрольных точках трехмерной видеосцены для обеих 3D ГИС превышают допуски, регламентированные Инструкцией по фотограмметрическим работам [8] при создании ЦМР для масштаба 1 : 2 000 с сечением рельефа 1 м средствами ЦФС.

Исследования показали, что значительные расхождения высот получены на точках, расположенных вблизи строений. Последние расположены на выровненных площадках, где рельеф был изменен.

5. Для получения 3D ЦМТ более высокой точности необходимо использовать дополнительные данные в виде высот точек, расположенных по периметру площадок строений.

В результате исследований:

- проверена степень идентичности модели рельефа, полученной на ЦФС, и модели рельефа, полученной в ГИС Карта 2005 (версия 9.15.3) и ERDAS IMAGINE VirtualGIS (версия 9.0);

- по результатам экспериментальных исследований предложенной технологии сделаны выводы: создаваемые на ЦФС по материалам аэросъемки ЦМР, ЦМО с учетом выполнения дополнительных данных при сборе могут использоваться для последующего получения измерительных трехмерных видеосцен в ГИС;

- намечены пути решения следующего этапа работ, связанного с анализом факторов, влияющих на точность измерительных трехмерных видеосцен.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дуда, Р.О. Распознавание образов и анализ сцен [Текст] / Р.О. Дуда, П.Е. Харт; пер. с англ. – М.: Мир, 1976. – 511 с.

2. Важнейшие фундаментальные и прикладные проблемы геоинформатики [Текст] / И.А. Соколов и др. // Геодезия и картография. – 2006. – № 11. – С. 47–56.

3. Основные проблемы пространственного представления местности в цифровых картографических изделиях [Текст] / В.Н.Филатов и др. // Геодезия и картография. – 2007. – № 4. – С. 35–38.

4. Городскому управлению Вены дано еще одно измерение [Текст] / По материалам ESRI // ArcREView. – 2008. – № 4 [47]. – С. 22–23.

5. Modelling of Urban Environments [Электронный ресурс] / Sandra Haydeé González García, Raúl Muñoz Salabarría, Alián Mayet Valdés, Dunia Suárez Ferreiro, Bernardino Deni Díaz Rodríguez // XXI Congress 3-11 July 2008, Beijing China. PROCEEDINGS Volume XXXVII, Part B5, TC V. pp. 707-710. 1 электр. опт. диск (DVD+R).

6. Хлебникова, Т.А. Технология построения измерительных трехмерных видеосцен по данным ЦММ: проблемы и пути решения [Текст] / Т.А. Хлебникова // Геодезия и картография. – 2008. – № 2. – С. 44–46.

7. Журкин, И.Г. Технология получения измерительной трехмерной видеосцены по материалам аэрокосмических съемок [Текст] / И.Г. Журкин, Т.А. Хлебникова // Геодезия и картография. – 2009. – № 8. – С. 43–48.

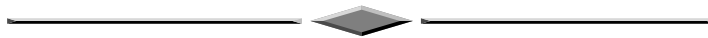
8. ГКИНП (ГНТА)-02-036-02. Инструкция по фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических карт и планов [Текст]. – М.: ЦНИИГАиК, 2002. – 100 с.

9. Журкин, И.Г. Технология трехмерного моделирования городских территорий на основе ГИС [Текст] / И.Г. Журкин, М.А. Баклыков, С.В. Еруков // Материалы Междунар. научн.-техн. конф., посвящ. 225-летию МИИГАиК. Геоинформатика. – 2004. – С. 6–13.

Получено 10.06.2010

© Т.А. Хлебникова, Е.Н. Кулик, 2010

ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО, КАДАСТР И МОНИТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ



УДК 624.131

В.Б. Жарников, А.В. Ван

СГГА, Новосибирск

ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ НОВОСИБИРСКОГО ПРИОБЬЯ КАК ОБЪЕКТЫ КАДАСТРА

В статье приводятся результаты анализа природных территориальных комплексов в пределах Новосибирского Приобья с целью изучения последствий производственно-хозяйственной деятельности человека, информационного обеспечения мероприятий по рациональному природопользованию и охране окружающей среды, оценки экологической емкости, стойкости к техногенному воздействию природных объектов и пригодности их для практического использования. Рассмотрена роль мониторинга выделенных природно-технических систем для оценки характера их изменений. Описаны природно-технические системы разных иерархических уровней и отраслевых принадлежностей.

природно-технические системы, рациональное природопользование, информационное обеспечение, охрана окружающей среды.

V.B. Jarnikov, A.V. Van

SSGA, Novosibirsk

BOTH NATURAL AND TECHNICAL COMPLEXES OF OB RIVER SYSTEM IN NOVOSIBIRSK AREA

The results of system analyses of natural systems, situated within Novosibirsk area Ob river system are given, made with the goal of the consequences of man's industrial and economical activity study. Detailed study of such kind gives reliable and scientifically grounded data, which are necessary for information support of working out the ways of rational natural resources management and environmental protection, ecological capacity evaluation, resistance to anthropogenic impact on the environment and their suitability for practical usage. The role of isolated natural systems undergoing anthropogenic impact monitoring in identification of evaluation criteria of the character of their changings is considered. Systems, including both natural and technical systems at different hierarchic levels and belonging to different branches of industry are described.

systems, including both natural and technical ones; rational natural resources management, information support, environmental protection.

Современный этап научно-технического развития, сопряженный с осознанием глобальной экологической ситуации на Земле, с нарастающей ограничен-

ностью энергетических, геологических и других ресурсов, выдвигает на первый план задачу формирования информационного ресурса и информационного обеспечения исследований и решения проблем взаимосвязи человека и окружающей среды.

Одним из инструментов реализации указанной задачи является системный анализ, обеспечивающий целевое изучение последствий производственно-хозяйственной деятельности людей и получение достоверных данных необходимых для разработки научно обоснованных мероприятий по рациональному природопользованию и охране окружающей среды, для оценки экологической емкости, стойкости к негативному воздействию и практического использования природных объектов.

Другим инструментом, возможно, более технического характера, является кадастровый анализ, задачей которого является приведение полученных данных в достаточно четко структурированную систему, позволяющую не только обеспечить в информационном отношении решение ряда частных задач, но и создать искомый информационный ресурс в виде тематического реестра, а может быть, специализированного кадастра.

В этой связи целью настоящей статьи является анализ территории Новосибирского Приобья для выделения объектов такого кадастра и их наиболее информативных характеристик, позволяющих определить основные контуры информационного ресурса нового типа.

Территория Новосибирского Приобья, как известно, является зоной интенсивного сельскохозяйственного производства и развитой промышленности. Размещение производственно-хозяйственных объектов неравномерное, в местах их сгущения под влиянием антропогенных факторов происходят значительные изменения природной среды. В результате возникают так называемые природно-технические системы (ПТС), где во взаимосвязь с функциональными компонентами естественной среды вступают искусственные объекты, созданные человеком. Природные и искусственные элементы, взаимодействуя между собой, образуют новые, с иными энергетическими и физическими характеристиками системы. Такие системы живут и развиваются на фоне естественных экологических систем, а их взаимосвязь становится все теснее, разнообразнее и приобретает масштабы, в значительной мере сопоставимые с проявлениями региональных природных процессов.

Изменение природных комплексов под воздействием производственной деятельности человека заключается в преобразовании окружающей среды, вызываемом совокупностью физических и геохимических процессов, связанных с технической и технологической активностью людей по использованию природных ресурсов, приводящему к концентрации и перегруппировке некоторых химических элементов, их минеральных и органических соединений. Техногенез также ведет к различным по своей природе процессам преобразования самих природно-территориальных комплексов, взаимосвязей составляющих их ком-

понентов, к появлению искусственных элементов, созданных человеком в процессе перестройки биосферы.

Важной задачей становится мониторинг таких природно-технических систем, позволяющий оценивать степень и характер преобразований природной среды в динамике, обеспечивать исходными данными планирование и прогнозирование влияния деятельности людей на природу. Опираясь на данные системного анализа, можно построить модель жизненного цикла природно-технических систем, этапы его развития, сконструировать системы с саморегуляцией, исключающей нарушения равновесия природной среды.

Мониторинг природно-технических систем предполагает учет изменений, претерпеваемых природной средой в процессе техногенного развития. На основе мониторинга проявляются особенности и способы решения функциональных задач управления чрезвычайными ситуациями территорий и промышленных объектов. Важным результатом мониторинга природных объектов являются экосистемные параметры качества территории, которые показывают соответствие его состояния принятым стандартам, способность выдержать антропогенную нагрузку, восстановить утраченное качество или перейти в новое качественное состояние, удовлетворяющее условиям стабильности природного сообщества. Эти показатели необходимы для определения различных нормативов, которые характеризуют составляющие элементы экосистем или природно-технических систем, их специфические реакции на различные виды техногенного воздействия, отражающие экологическую емкость и экологическую пригодность, а также экологическую стойкость системного объекта к преобразованиям. Именно эти данные являются исходным началом для определения обобщенной характеристики качества всей территории в целом, структуризации ее по качествам окружающей среды.

Из вышеизложенного следует, что специальные исследования природно-технических систем существенно обогащают информационную базу, обеспечивают экономное и безопасное использование природных ресурсов, дают научное обоснование планирования и проектирования, правильный выбор объектов производственно-хозяйственной эксплуатации и прогнозирование экологических последствий.

Природно-технические системы, как и экосистемы, имеют иерархическую классификацию. По уровню их организации и аналогии с имеющимися классификациями выделяются следующие системы: элементарные, локальные, региональные и глобальные. В исследовании [2] для экосистемного нормирования устанавливаются именно эти четыре уровня по размерам занимаемой территории, и им даются такие определения: элементарный ландшафт – простое урочище, локальный – экосистема в пределах одного водосборного бассейна, региональный – страна и глобальный – континент. Правильнее было бы отнести региональный ландшафт к географическим провинциям, приуроченным к определенным крупным тектоническим структурам, а глобальный – это континенты и вся наша планета.

Для оценки производственно-хозяйственной и экологической обстановки территории выбирается соответствующий иерархический уровень подразделения природно-технических систем, со своими целью и масштабом задач по рациональному природопользованию.

Глобальный иерархический уровень ПТС используется при теоретических построениях и решении геоэкологических проблем всей нашей планеты или отдельных континентов, например, такого вопроса, как роль антропогенной деятельности в потеплении климата Земли. Для изучения природно-технической обстановки конкретных регионов и районов привлекаются региональные, локальные и элементарные природно-технические системы, имеющие более детальные и конкретные характеристики.

В *региональном* масштабе рассматриваемая территория Новосибирского Приобья и связанные с нею природно-территориальные комплексы, или экосистемы располагаются в пределах центральной части Евразийского континента – переходной зоне от южной окраины Западно-Сибирской равнины к Алтае-Саянской горной области, относящейся к наиболее заселенной площади Сибири с развитой промышленностью и сельским хозяйством. На его территории преобладает сравнительно ровная поверхность, представленная Барабинской низменностью, частями Кулундинской, Васюганской равнины и Приобского плато, с абсолютными высотами от 90–100 до 300–500 м, на крайнем востоке и юго-востоке переходящими в предгорья Салаира и Алтая. Крупные формы рельефа повсеместно усложняются блюдцеобразными понижениями – западинами, речными долинами. Рельеф Барабинской равнины волнистый с параллельными высокими гривами. На востоке, в правобережной относительно р. Оби части территории, широко развита овражная сеть.

Новосибирское Приобье характеризуется сложным геологическим строением, которое обусловлено контактом разных тектонических структур.

Региональный иерархический уровень ПТС рассматриваемой площади охватывает пространство, ограниченное физико-географической и экономико-географической общностью. По строению региональный уровень ПТС соответствует региональным экосистемам. В нашем случае территориально выделяются, в основном, сельскохозяйственная ПТС, расположенная по левобережной, преимущественно степной части Новосибирской области, и правобережная предгорная часть, интенсивно урбанизированная, промышленно-сельскохозяйственная ПТС с мегаполисом Новосибирск и близко расположенными к нему городами-спутниками – Бердск, Искитим и др. Климат континентальный. Осадков выпадает в год от 300 до 450 мм. Для южных степных районов региона характерна засушливость. Большинство рек принадлежит бассейну р. Оби, многие впадают в бессточные озера. Крупные озера – Чаны, Сартлан, Убинское, Урюм и др. До 20 % территории занято болотами.

Сведения по региональным ПТС необходимы для планирования, проектирования и прогнозирования развития более крупных природно-территориальных комплексов, таких как региональные экосистемы.

В реальной практической деятельности для наилучшей обоснованности любых мероприятий по рациональному природопользованию требуется более детальная и конкретная характеристика объекта. Для этого наиболее подходит локальная экосистема, или ПТС со своими показателями соответствующего уровня. Именно на этом уровне наиболее четко прослеживается взаимосвязь между силой воздействия и его последствиями для природных систем и человека, определяется реальное качество экосистемы, или ПТС и направлений мероприятий по рациональному природопользованию и охране окружающей среды.

В этой связи целесообразно разработать более подробную целевую (отраслевую) классификацию природно-технических систем.

На региональном и особенно на локальном уровне при более детальном описании параметров природно-технических систем есть смысл отражать отраслевую принадлежность техногенного компонента системы в их наименовании. Для этого предлагаются такие наименования *локальных* систем: агросистема, урбаносистема, индустриисистема, гидросистема, мединосистема, рекреациосистема, патогенносистема, беллигератосистема и др. Эти наименования могут применяться также на элементарном и отчасти на региональном уровне.

Агросистема представляет собой пространственно и функционально единый объект, представленный ландшафтом, где естественная растительность на подавляющей части территории заменена агроценозами, образованными взаимосвязью земледельческих мероприятий и земной поверхности (главным образом почвенного покрова) с целью получения сельскохозяйственной продукции. Эта система является предметом научных исследований законов и приемов возделывания сельскохозяйственных культур, включая агротехнику, агрофизику, агрохимию на конкретной территории с определенными рыхлыми отложениями, покрытыми мощным слоем плодородной почвы. С агросистемой связана территория сельскохозяйственной практики, использующая научно обоснованные приемы возделывания культурных растений (методы обработки почвы, регулирующие физические условия жизни растений, внесение удобрений для коррекции химического состава почвы в сторону повышения ее продуктивности, подготовку посевного и посадочного материала, уборку урожая и т. д.).

Наиболее выразительной локальной агросистемой на территории Новосибирского Приобья служит Приобское плато (высота над уровнем моря 100–350 м, глубина расчленения 50–150 м, годовое количество осадков 400–500 мм, коэффициент увлажнения 0,9–1,1, годовой сток 80–120 мм), составленное ландшафтом возвышенной лесостепи с приречными склонами, разнотравно-злаковыми и крупнозлаковыми лесными лугами, где сконцентрированы наиболее продуктивные земли, состоящие из мощных (до 0,5–0,7 м) покровов обыкновенного и южного черноземов, иногда выщелочных. Сельскохозяйственные земли занимают места березово-осиновых лесов и разнотравно-злаковых степей, лесных лугов. Обеспеченность растений теплом благоприятна для выращивания среднеспелых и позднеспелых культур, а содержание влаги соответствует состоянию слабого увлажнения. Сельскохозяйственная ценность почв относится к вы-

соко- и очень высококачественной категории. Здесь отмечается интенсивное рекреационное использование лесов, чему способствует наличие рядом Новосибирского водохранилища. Под сельскохозяйственными угодьями занято 80 % территории. Отмечается полная распашка пахотнопригодных почв, которые занимают 60 % земель. Из них 10 % подвержено дефляции, и до 25 % – водной эрозии. Солонцовых почв нет, заболоченность достигает 25 %.

Рыхлые поверхностные отложения представлены четвертичными лессовыми и лессовидными суглинками мощностью от 50 до 100 м. В тектоническом плане – это приподнятый блок окраинной переходной зоны Западно-Сибирской плиты. Густота глубинных разломов редкая, и никаких аномалий вблизи них не выявлено.

Состояние экосистемы соответствует критическому, что обусловлено интенсивным техногенезом. Агроценозы, луговая и галофитная растительность на месте распаханых зональных степей находятся на различных стадиях деградации. Сильно нарушенные почвы, нуждающиеся в усиленной охране.

Развита лесная, деревообрабатывающая и пищевая промышленность и добыча строительных материалов, сконцентрированная в р. п. Ордынское.

Оценка экологического риска для здоровья проживающего здесь населения зависит от состояния окружающей среды, которое формируется под влиянием промышленных объектов г. Новосибирска – главных загрязнителей атмосферы, гидросферы и литосферы (главным образом почвы).

Плотность населения здесь достигает 10 человек на 1 км².

Первоочередным мероприятием по сохранению или улучшению нынешнего состояния территории Обского плато является защита почвенного покрова и, в первую очередь, снижение почвенной эрозии. Для решения этой проблемы следует долгие годы проводить специализированную мелиорацию: комплексную защиту гривных форм рельефа, запрет распашки ненарушенных солонцеватых и засоленных почв, создание лесонасаждений, укрепление склонов оврагов и долин малых рек и ручьев, соблюдение технологии возделывания земли, поддержание оптимального увлажнения, увеличение плодородия почвы путем внесения органических и минеральных удобрений на 15–20 % больше, чем на ненарушенных почвах.

Агросистема локального уровня, приуроченная к Каргатскому району, занимает восточную окраину Барабинской низменности с абсолютными высотами 100–150 м, глубиной расчленения 5–20 м и представлена гривной и увалисто-ложбинной равниной с уплощенными поверхностями, занятыми березово-осиновыми перелесками, злаково-разнотравными и галофитно-злаковыми лугами на лугово-черноземных карбонатных, солонцеватых и лугово-черноземных осолоделых почвах. Сильно нарушенные почвы нуждаются в умеренной охране. Территория характеризуется значительной распашкой пахотнопригодных и частично непахотнопригодных почв – солонцовых и засоленных. Солонцовые почвы составляют 25–30 % почвенного покрова. Заболоченность территории высокая, превышает 50 %. Под сельскохозяйственными

угодьями занято до 60 % земель, распаханно до 30 %, непахотнопригодные земли – до 20 %. Сельскохозяйственная ценность почв соответствует среднему качеству. Эрозии почв практически нет, однако территория потенциально опасна для дефляционных процессов. Сельскохозяйственные земли расположены на месте разнотравно-злаковых лугов и разнотравно-злаковых степей. Имеются солонцовые и солончаковые луга, болота, травяные осиново-березовые колки. Высокое техногенное загрязнение почв обусловлено близостью Куйбышевского промышленного узла. Годовое количество осадков менее 350–450 мм, коэффициент увлажнения 0,6–0,9 и годовой сток 15–40 мм. Сильно нарушены лесные и степные экосистемы (невосстанавливаемые вырубки, пашни, выпасы). Природная растительность составляет менее 50 % и находится под постоянным антропогенным воздействием. Деградированные почвы нуждаются в проведении агротехнических мероприятий на вершинах грив – запрет распашки водосборных и приозерных, а также переувлажненных солонцеватых и засоленных почв.

Плотность сельского населения – менее 5 человек на 1 км².

Геологическое строение территории весьма простое. Палеозойский фундамент перекрыт более 1-километровой толщей осадочного чехла, экранирующего проявления активности, связанной с глубинными разломами. Поверхностные отложения представлены суглинками, песками, супесями, глинами.

Развита лесная, деревообрабатывающая, легкая и пищевая промышленность в самом р. п. Каргат.

Локальная агросистема Краснозерского района располагается в пределах Северо-Кулундинской степной зоны, представленной плосковолнистой равниной с абсолютными высотами 90–150 м, с глубиной расчленения 5–20 м. Годовое количество осадков – менее 350 мм, коэффициент увлажнения 0,4–0,6, годовой сток 5–15 мм. Почвенный покров слагается южными, обыкновенными, луговыми черноземами, солонцами и солончаками. Сельскохозяйственные земли располагаются на месте дерново-злаковых и разнотравно-злаковых степей, солонцовых и солончаковых лугов, травяных засоленных болот. Ландшафт представлен пологонаклонными поверхностями увалов, приречными и приозерными займищами, аллювиальными поверхностями древних долин с галофитными лугами в обсохших котловинах озер, злаково-разнотравными и типчаково-ковыльными луговыми степями на лугово-черноземных почвах, солонцах и солончаках. Сплошная распашка пахотнопригодных почв и частичная – солонцовых и засоленных, высокая пастбищная дигрессия. Под сельскохозяйственными угодьями занято 80 % территории, пахотнопригодных почв – до 60 %, из них до 10 % подвержено дефляции по всей занимаемой территории. Удельный вес солонцовых почв – до 70 %, заболоченность – менее 10 %. Сельскохозяйственная ценность почв высококачественная и среднекачественная, но почва нуждается в охране.

Агростистема очень сильно нарушена: агроценозы, луговая и галофитная растительность на месте распаханых зональных степей находятся на стадиях

сильной деградации, отмечается вырождение пастбищ и вторичное засоление почв.

Поверхностные четвертичные отложения сложены суглинками, супесями, песками и реже – глинами, нередко засоленными. Палеозойский фундамент со своими глубинными разломами залегает на глубине около 2 км.

Плотность населения 5–10 человек на 1 км². Промышленность лесная, деревообрабатывающая, легкая и строительных материалов.

Рекомендуемые мероприятия по охране природы заключаются в комплексной защите почв грядных форм рельефа, противоэрозионные мероприятия – запрет выпаса скота в березовых разреженных лесах, запрет распашки крутых склонов, полезащитное лесонасаждение, перевод пашни в кормовые угодья, внесение органических и минеральных удобрений.

Урбаносистема – природно-антропогенный комплекс, состоящий из архитектурно-строительных объектов со складывающейся инфраструктурой и в разной степени нарушенной природной среды, главным образом состоящей из поверхностной части земной коры на урбанизированной территории. При достижении критической степени урбанизации территория теряет природные системные связи и приобретает новые антропогенные отношения между составляющими компонентами окружающей среды. Главными процессами урбанизации являются рост и развитие городов, увеличение удельного веса городского населения на рассматриваемой территории, приобретение сельской местностью внешних и социальных черт, характерных для городов. Типичной урбаносистемой в пределах Верхнего Приобья является г. Новосибирск со своим около 1,5-миллионным населением, социально-экономическим укладом, жители которого в основном заняты трудом в сферах промышленности, управления, науки, культуры, торговли и обслуживания. Сельскохозяйственное производство имеет только подсобное значение в виде парниковых хозяйств.

Социальными признаками урбанизированной территории служат многоэтажные строения, широкое развитие общественного транспорта и каналов связи, превышение застроенной и окультуренной части территории над природными зелеными и садово-парковыми пространствами, а также большое количество отходов.

Мегаполис Новосибирск расположен в зоне перехода равнинной степной части Новосибирского Приобья к предгорным равнинам Присалаирья. В тектоническом плане – это пояс сочленения двух крупных геологических структур – юго-восточной окраины Западно-Сибирской плиты и Алтае-Саянской складчатой области, обусловивших наличие множества разнопорядковых глубинных разломов, которые служат местами наиболее вероятных проявлений негативных аномальных явлений. Площадь, занятая городом, сложена рыхлыми лессовыми и лессовидными отложениями мощностью до 100 м, 70 % этой площади подстилается гранитами. Вдоль глубинных разломов, пересекающих гранитные массивы, отмечается повышенное содержание радона в атмосфере. В пределах города имеются многочисленные малые реки, стекающие в главную речную

магистраль – р. Обь. Главные притоки – р. Иня и р. Бердь. Мелкие реки – Каменка, несколько Ельцовок, Плющиха, Тула, Зырянка. Долины мелких рек являются зонами экологического риска, где отмечается повышенное содержание радиационного радона, и местами концентрации тяжелых элементов. В черте города наиболее интенсивные процессы оврагообразования наблюдаются в районе Камышинского плато. Весомым информационным дополнением характеристики урбаносистемы может быть городской кадастр (кадастр недвижимости).

Индустрисистема состоит из совокупности различных отраслей промышленного производства, находящихся в функциональной взаимосвязи с окружающей средой, в том числе, с занимаемой ею поверхностной частью литосферы. В большинстве случаев эта система находится в тесной взаимосвязи с урбаносистемой. Промышленность – это отрасль материального производства, составляющая антропогенный компонент рассматриваемой системы и представляющая одну из главных факторов природопользования. Эта система характеризуется наиболее сильным проявлением отрицательных для окружающей среды последствий воздействия техногенеза. Они заключаются в преобразовании биосферы под влиянием совокупности геохимических и геодинамических процессов, обусловленных технической и технологической деятельностью людей по извлечению, переработке и использованию природных ресурсов, что приводит к концентрации и перегруппировке большого количества химических элементов, их минеральных и органических соединений. Наибольший вред окружающей среде приносит добыча полезных ископаемых, связанная с существенным нарушением природного равновесия, перемещением большого объема горных пород, сильно изменяющих поверхность Земли и поставляющих в атмосферу и гидросферу загрязняющие вещества, наносящие существенный вред всему живому.

Исследование индустрисистемы позволяет на научной основе разрабатывать наиболее рациональные и уменьшающие отходы технологии, представлять информацию для планирования развития промышленности.

Гидросистема сложена экологической взаимосвязью природных водных объектов – глубинных, поверхностных, почвенных вод с антропогенной деятельностью на территории, характеризующейся определенными ресурсными и гидрохимическими показателями. Антропогенный компонент взаимосвязи состоит в использовании природных вод на определенной территории для получения электроэнергии, а также с целью рыболовства, рыбоводства на озерах и прудах, добычи сапропеля, болотного мергеля для мелиорации земель и получения минеральной добавки в корм животным, для разработки месторождений различных солей, обеспечения бальнеологических курортов.

В региональном плане гидросистема Новосибирского Приобья, расположенная в степной и лесостепной частях юго-востока Западно-Сибирской равнины, представлена 430 реками длиной более 1 км и 21 рекой длиной более 100 км. Самая крупная из них – Обь. Имеется 3 500 озер площадью более

1,5 км². Наиболее выразительной локальной гидросистемой является ОбьГЭС со своим водохранилищем и инфраструктурой, с рыболовецкими и рыбозаводскими хозяйствами. Прибрежные полосы Обского водохранилища являются зонами повышенного экологического, конкретно-геодинамического риска, проявляющегося в интенсивном обрушении берегов, приводящего к интенсивному обмелению водохранилища и уменьшению площадей береговых плодородных земель.

Главным природоохранным мероприятием для этой гидросистемы является укрепление берегов от размыва и обрушения путем лесонасаждений, специальных берегоукрепительных работ, соблюдение берегоохранных зон и правил ведения сельскохозяйственного производства вблизи водохранилища.

Медицинская система определяется комфортностью проживания населения на площадях с экологической средой, обеспечивающей нормальные условия жизни человеку как социально-биологическому существу. Такие системы бывают положительные и отрицательные. К первым относятся зоны с нормальной экологической обстановкой, обусловленной сочетанием благоприятных природных факторов, положительно воздействующих на биоту, в том числе человека. Это территории курортов, санаторий, рекреации и т. д. Ко вторым относятся геопатогенные зоны, или районы проявления различных электромагнитных, радиационных, геохимических, тепловых аномалий, вызывающих у людей дискомфорт и наносящих вред здоровью, повышающих метеочувствительность людей.

Рекреационная система в составе общности ПТС выделяется своим особым статусом, заключающимся в чувственном использовании природных эстетических и медицинских ресурсов. Она характеризуется красивым разнообразным пейзажем, наличием условий для занятия различными видами спорта. Территория, занятая этой системой, используется для восстановления здоровья и трудоспособности путем активного отдыха на природе, путешествий и туристических поездок, лечения на различных курортах и в санаториях, принятия минеральных ванн из вод местных источников и купания в естественных водоемах разного гидрохимического состава. Эта система функционально близка к медицинской системе, и при общих региональных исследованиях они могут рассматриваться вместе.

Патогенная система образуется на территориях с повышенной вероятностью неблагоприятных последствий любых преднамеренных или случайных, постепенных или катастрофических (в процессе антропогенных изменений) природных объектов или факторов при использовании природных ресурсов и условий. Все геопатогенные зоны следует относить к системе, связанной с риском природных стихийных или техногенных нарушений и бедствий. Такие системы формируются в первую очередь в зонах повышенной сейсмичности со сложным тектоническим строением, наличием активных глубинных разломов, на площадях развития оползневых явлений, овраго- и карстообразования, территориях заболачивания и периодического затопления и т. д.

Беллигератосистема формируется на территориях, отведенных под использование, связанное со значительным нарушением их состояния, к которым относятся испытательные полигоны, карьеры, отвалы, выработанные месторождения полезных ископаемых и т. п. Эта система характеризуется специфическим набором показателей, которые могут выражать степень ее экологического состояния и экологической устойчивости, и может служить исходной информационной основой для разработки аналогичных обобщенных показателей на большей площади.

Ярким примером элементарной беллигератосистемы для рассматриваемой территории можно назвать карьер «Борок».

Приведенные характеристики природно-технических систем являются информационными единицами или содержанием паспортов эколого-геологического кадастра [1], представляющего информационный ресурс, который обеспечивает разработку мероприятий по рациональному природопользованию, охране окружающей среды, экологическому мониторингу техногенного изменения природной среды, дает оценку экологической емкости и пригодности территории к хозяйственному использованию.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Жарников, В.Б. Эколого-геологические системы как объекты кадастровых исследований [Текст] / В.Б. Жарников, А.В. Ван // Международный год планеты Земля: проблемы геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии: материалы научной конференции. – Томск: Издательство ТГАСУ, 2008. – С. 44–47.
2. Тихомиров, Н.П. Методы анализа и управления эколого-экономическими рисками [Текст]: учеб. пособие для вузов / Н.П.Тихомиров, И.М. Потравный, Т.М. Тихомирова. – М.: ЮНИТИ – ДАНА, 2003. – 350 с.

Получено 21.04.2010

© В.Б. Жарников, А.В. Ван, 2010

УДК 621.646+681.3+622.692.4

В.Н. Щукина

СГГА, Новосибирск

ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ТРУБОПРОВОДНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ НА ЗЕМЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ СЕВЕРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Рассмотрены основные положения оценки негативного воздействия трубопроводной транспортной системы на земельные ресурсы северных территорий и традиционное природопользование коренных малочисленных народов. Представлены составляющие геоинформационного обеспечения для решения поставленной задачи.

трубопроводная транспортная система, геоинформационное обеспечение, геоинформационное моделирование, традиционное природопользование.

V.N. Shyukina

SSGA, Novosibirsk

GEOINFORMATION SUPPORT OF PIPE-LINE FEED SYSTEM IMPACT ON NORTH TERRITORIES LAND RESOURCES EVALUATION

The fundamentals of negative pipe-line feed system impact on north territories land resources evaluation and traditional ways of natural resources management of aborigine people of small population groups are considered. The components of geoinformation support for this task solution are represented.

pipe-line transport system, geoinformation support, geoinformation modeling, traditional wildlife management.

1. Введение

По разведанным запасам нефти Россия входит в число ведущих нефтедобывающих стран. В ее недрах сосредоточено почти 13 % мировых запасов нефти. В России имеется свыше 2 200 нефтяных, нефтегазовых и нефтеконденсатных месторождений, расположенных в 37 субъектах Российской Федерации. Основные месторождения находятся в Западной Сибири, Урало-Поволжье и на Европейском Севере [1].

Сложность и многоплановость задач в области обеспечения экологической безопасности и охраны окружающей среды в нефтегазовой отрасли (НГО) определяется низким уровнем экологичности технологических процессов, высоким моральным и физическим износом основного оборудования.

Так, добыча полезных ископаемых составляет 41,9 % от основных фондов организаций Тюменской области (на конец 2007 г.) [2]. При этом степень износа основных фондов вышеуказанных организаций составляет 51,9 % (на конец 2008 г.) [2].

Производственно-технологическая структура нефтегазовой отрасли (НГО) такова, что его основным звеном является трубопроводная транспортная система (ТПТС).

Трубопроводы связывают места добычи с местами переработки и потребления нефти и газа. Это своего рода «кровеносные сосуды» как нефтегазового комплекса, так и, пожалуй, всей экономики. Различают трубопроводы нескольких видов:

- нефтепроводы – трубопроводы для транспортировки нефти;
- продуктопроводы – трубопроводы для транспортировки нефтепродуктов;
- газопроводы – трубопроводы для транспортировки газа;
- промысловые трубопроводы – трубопроводы, соединяющие непосредственные места добычи с местами первичной обработки нефти или газа и подготовки их для магистральной транспортировки;
- магистральные трубопроводы – трубопроводы, соединяющие пункты первичной обработки с пунктами потребления или переработки и имеющие протяженность в десятки тысяч километров.

Протяженность магистральных трубопроводов на территории Тюменской области на 2008 г. составила 35,1 тыс. км [3].

На всех стадиях функционирования ТПТС объектами негативного воздействия являются практически все компоненты природной среды: атмосферный воздух, поверхностные и подземные воды, морские акватории, почвы, недра, растительный покров, биотические комплексы. Особую значимость приобретает оценка воздействия ТПТС на окружающую среду по причине ее значительной протяженности и включения в сферу своего влияния ценных и продуктивных земель различных категорий, других объектов жизни и деятельности людей.

В этой связи в данной статье рассмотрены основные положения:

- оценка воздействия ТПТС на земельные ресурсы северных территорий;
- процесс геоинформационного обеспечения оценки воздействия ТПТС на земельные ресурсы.

2. Оценка воздействия ТПТС на земельные ресурсы северных территорий

Рассмотрим влияние на земельные ресурсы строительства и эксплуатации ТПТС.

Прямые воздействия на почвенный покров на стадии строительства (не зависимо от способа укладки трубопроводов) связаны с проведением подготовительных земляных работ и выражаются в следующем:

- нарушение сложившихся форм естественного рельефа в результате выполнения различного рода земляных работ (рытье траншей и других выемок, отсыпка насыпей, планировочные работы и др.);
- ухудшение физико-механических и химико-биологических свойств почвенного слоя;

- уничтожение и порча посевов сельскохозяйственных культур и сенокосных угодий;
- захламление почв отходами строительных материалов, порубочными остатками и др.;
- техногенные нарушения микрорельефа, вызванные многократным прохождением тяжелой строительной техники.

К негативным воздействиям на земельные ресурсы во время эксплуатации трубопроводов относятся:

- прямые потери земельного фонда, изымаемого под размещение постоянных наземных сооружений;
- неудобства в землепользовании из-за разделения сельскохозяйственных угодий трассами инженерных коммуникаций и автодорог;
- сокращение сельскохозяйственной продукции, связанное с долгосрочным изъятием пахотных земель, и ухудшение плодородных свойств почвы на временно отводимых землях;
- загрязнение земель нефтепродуктами в случае аварии.

В соответствии с [4], ущерб U_3 от загрязнения земель нефтью определяется по формуле:

$$U_3 = H_C \cdot F_{zp} \cdot K_n \cdot K_e \cdot K_{э(i)} \cdot K_2, \quad (1)$$

где H_C – норматив стоимости сельскохозяйственных земель (в зависимости от типа и подтипа почв и вида с.-х. освоения) изымаемых участков;

F_{zp} – площадь нефтенасыщенного грунта;

K_n – коэффициент пересчета в зависимости от периода времени по восстановлению загрязненных сельскохозяйственных земель;

K_e – коэффициент пересчета в зависимости от степени загрязнения земель нефтью;

$K_{э(i)}$ – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости территории i -го экономического района;

K_2 – коэффициент пересчета в зависимости от глубины загрязнения земель.

Пример 1. Площадь загрязненного участка 0,1379 га. Степень загрязнения участка средняя. Мероприятия по рекультивации проводились с апреля по сентябрь 2009 г. Разлив произошел на территории Мамонтовского месторождения (ХМАО). Глубина загрязнения 200 мм. Рассчитаем величину ущерба по формуле (1). Значения коэффициентов выбираем согласно [4].

Ущерб земельным ресурсам от загрязнения нефтью составит:

$$U_3 = 135\,000 \cdot 0,1379 \cdot 0,9 \cdot 0,6 \cdot 1,4 \cdot 1,0 = 14\,074,074 \text{ руб.}$$

Значение H_C приведено по состоянию на 1 ноября 1992 г.

Недостатком [4] является то, что ущерб рассчитывается с учетом возможного использования земель только под с.-х. назначение. Актуальным вопросом

для северных территорий является расчет ущерба землям традиционного природопользования коренных малочисленных народов (КМН), которые относятся к категории особоохраняемых.

Основными видами традиционной хозяйственной деятельности КМН являются: оленеводство, промысловая охота, рыболовство, собирательство. В этом случае величина ущерба зависит от площади участка, вида хозяйственной деятельности и норматива стоимости особоохраняемых территорий. В связи с этим предлагаем расчет ущерба земельным ресурсам, находящимся в границах территорий традиционного природопользования КМН $U_{ЗкМН}$, в случае аварийного разлива нефтепродуктов, выполнять по формуле:

$$U_{ЗкМН} = H_{Сохран} \cdot F_{кМН} \cdot K_n \cdot K_v \cdot K_{э(i)} \cdot K_2 \cdot K_{хд}, \quad (2)$$

где $H_{Сохран}$ – норматив стоимости особоохраняемых земель;

$F_{кМН}$ – площадь участка, принадлежащего КМН;

$K_{хд}$ – коэффициент хозяйственной деятельности.

При строительстве ТПТС земельные ресурсы также подвергаются негативному воздействию. По аналогии с формулой (1) составим выражение для расчета ущерба земельным ресурсам при строительстве $U_{ЗС}$ трубопровода:

$$U_{ЗС} = H_C \cdot F_{от} \cdot K_{nc} \cdot K_{э(i)}, \quad (3)$$

где $F_{от}$ – площадь отвода земель под строительство;

K_{nc} – коэффициент пересчета в зависимости от срока строительства.

Пример 2. Рассчитать ущерб земельным ресурсам, причиняемый строительством 1 км трубопровода диаметром 720 мм на территории ХМАО. Срок строительства – менее 1 года. Вычислим:

$$U_3 = 135\,000 \cdot 3,3 \cdot 0,9 \cdot 1,4 = 561\,330 \text{ руб.}$$

Причем аналогично формуле (2) можно записать расчет ущерба землям традиционного природопользования при строительстве $U_{ЗкМНС}$ ТПТС:

$$U_{ЗкМНС} = H_{Сохран} \cdot F_{кМН} \cdot K_{nc} \cdot K_{э(i)} \cdot K_{хд}. \quad (4)$$

Кроме того, приказом министерства регионального развития РФ от 9 декабря 2009 г. № 565 утверждена методика исчисления размера убытков, причиненных объединениям коренных малочисленных народов Севера, Сибири и Дальнего Востока Российской Федерации (КМН) в результате хозяйственной и иной деятельности организаций всех форм собственности и физических лиц в местах традиционного проживания и традиционной хозяйственной деятельности коренных малочисленных народов Российской Федерации [5].

В состав убытков КМН ($C_{уб}$) включаются:

- реальный ущерб имуществу $C_{зд}$, который рассчитывается в соответствии с российскими стандартами оценки по рыночной стоимости зданий, сооружений, объектов незавершенного строительства, в том числе социально-бытового назначения;

- прочие, документально подтвержденные расходы КМН, $C_{ппр}$;

- упущенная выгода, $C_{ув}$.

Исчисление размера убытков $C_{уб}$ КМН проводится по схеме:

$$C_{уб} = C_{зд} + C_{ув} + C_{ппр}. \quad (5)$$

Исчисление размера убытков КМН различаются в случаях:

- изъятия земельного участка либо предоставления в постоянное пользование земель и других природных ресурсов;

- временного занятия, самовольного занятия земельных участков, временного пользования землей и другими природными ресурсами;

- ухудшения качества земель и других природных ресурсов (в том числе порче земель);

- обременения земельных участков КМН.

Расположенные на участке КМН промышленные объекты (источники беспокойства) и рабочий персонал, присутствующий постоянно или периодически, оказывают на участок и находящийся в его пределах хозяйственный и природный комплекс КМН стрессовое воздействие. Стрессовое воздействие в зависимости от степени интенсивности также учитывается при исчислении размера убытков.

3. Процесс геоинформационного обеспечения оценки воздействия ТПТС на земельные ресурсы северных территорий

Геоинформационное обеспечение – это новый, развивающийся на основе компьютерных технологий вид деятельности по удовлетворению экономических и общественных потребностей в геоинформации для определенной территории путем ее сбора, моделирования геопространства, пространственного анализа, подготовки пространственных решений, интеграции и распространения с использованием геоинформационных систем [6].

Сбор информации

Выделим источники информации, необходимые для расчета ущерба земельным ресурсам при строительстве ТПТС, эксплуатации (при аварийном разливе нефтепродуктов), а также при исчислении убытков, причиняемых КМН в результате хозяйственной деятельности.

Согласно формулам (1)–(5) для расчета ущерба земельным ресурсам и убытков КМН исходными данными являются: H_C , $F_{зр}$, K_n , $K_в$, $K_{э(i)}$, $K_з$, $H_{Сохр}$, $F_{кмн}$, $K_{хд}$, $F_{от}$, $K_{нс}$, $C_{зд}$, $C_{ув}$, $C_{ппр}$.

Норматив стоимости сельскохозяйственных особоохраняемых земель зависит от типа и подтипа почв, вида с.-х. освоения, назначения особоохраняемых земель.

Площадь отвода земель под строительство, площади участков, принадлежащих КМН, площадь нефтенасыщенного грунта определяются в результате геодезических измерений или по существующему картографическому материалу. Коэффициенты пересчета выбираются из нормативно-справочных материалов, а показатели, влияющие на значение коэффициента – из проектов строительства, планов проведения работ по рекультивации, согласно картографическим материалам с нанесенными границами экологической ситуации и экологической значимости территории, территорий хозяйственной деятельности КМН, зон стрессового воздействия.

Основным материалом оценки качества земель является геоботаническая карта, на которую наносят границы вида традиционной хозяйственной деятельности КМН (оленоводство, промысловая охота, рыболовство, собирательство и др.), зоны стрессового воздействия с указанием класса зоны (1, 2, 3, 4, 5), границы участков КМН, которые изымаются в постоянное или временное пользование, границы участков с ухудшенным качеством, границы участков с обременениями.

Традиционной основой отображения информации о предметах и объектах местности является топографическая карта. Для использования в нефтегазовой отрасли на топографической карте должны быть показаны объекты добычи, транспортировки, переработки нефтепродуктов.

Представим все вышесказанное в виде таблицы.

Таблица

Информационная основа расчета ущерба земельным ресурсам, убытков КМН

Задача	Стадия функционирования ТПТС	Необходимые данные	Источники	Отображение
РАСЧЕТ УЩЕРБА ЗЕМЕЛЬНЫМ РЕСУРСАМ	СТРОИТЕЛЬСТВО ТПТС	- норматив стоимости, H_c	почвенная карта	Картографические данные
			границы субъектов РФ	Картографические данные
			справочный материал	Числовые данные
		- площадь отвода земель под строительство, $F_{от}$	проект	Картографические, числовые данные
		- коэффициент пересчета в зависимости от срока строительства, K_{nc}	проект	Числовые данные
			справочный материал	
- коэффициент экологической ситуации и экологической значимости территории i -го экономического района, $K_{э(i)}$	границы экономических районов РФ	Картографические данные		
	справочный материал	Числовые данные		

Продолжение таблицы

Задача	Стадия функционирования ТПТС	Необходимые данные	Источники	Отображение
ЭКСПЛУАТАЦИЯ (АВАРИЙНЫЙ РАЗЛИВ НЕФТЕПРОДУКТОВ)		- площадь участка, принадлежащего КМН, $F_{кмн}$	границы территорий КМН (или результаты обмена)	Картографические данные
		- коэффициент хозяйственной деятельности, $K_{хд}$	границы территорий хозяйственной деятельности	Картографические данные
		- норматив стоимости, H_C	справочный материал	Числовые данные
			почвенная карта	Картографические данные
			границы субъектов РФ	Картографические данные
		справочный материал	Числовые данные	
		- площадь нефтенасыщенного грунта, $F_{гр}$	результаты обмена	Картографические, числовые данные
		- коэффициент пересчета в зависимости от периода времени по восстановлению загрязненных сельскохозяйственных земель, K_n	планы проведения работ по рекультивации	Числовые данные
			справочный материал	Числовые данные
		- коэффициент пересчета в зависимости от степени загрязнения земель нефтью, $K_в$	отбор проб	Числовые данные
			справочный материал	Числовые данные
		- коэффициент экологической ситуации и экологической значимости территории i -го экономического района, $K_{э(i)}$	границы экономических районов РФ	Картографические данные
			справочный материал	Числовые данные
		- коэффициент пересчета в зависимости от глубины загрязнения земель, $K_г$	результаты обследования	Числовые данные
			справочный материал	Числовые данные
- площадь участка, принадлежащего КМН, $F_{кмн}$	границы территорий КМН (или результаты обмена)	Картографические данные		
- коэффициент хозяйственной деятельности, $K_{хд}$	границы территорий хозяйственной деятельности	Картографические данные		
	справочный материал	Числовые данные		

Окончание таблицы

РАСЧЕТ УБЫТКОВ КМН	ВСЕ СТАДИИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТПТС	- реальный ущерб имуществу, $C_{зд}$	рыночная стоимость зданий, сооружений и т. д.	Числовые данные
		- прочие документально подтвержденные расходы КМН, $C_{ппр}$	документы, подтверждающие расходы	Документальные данные
		- упущенная выгода, $C_{ув}$	геоботаническая карта	Картографические данные
			топографическая карта	Картографические данные
			границы зон стрессового воздействия	Картографические данные
- площадь участка, принадлежащего КМН, $F_{кмн}$	границы территорий КМН (или результаты обмена)	Картографические данные		

В таблице представлены способы отображения источников информации. Таковыми могут быть, прежде всего, картографические материалы и числовые данные, позволяющие при помощи ГИС создавать цифровую модель определенной территории (геопространства).

Моделирование геопространства

Модель геопространства содержит модели пространственных объектов (предметов) и их отношений. Среди отношений, подлежащих моделированию, выделяют примыкание, пересечение, соответствие, вложение и др.

Модель геопространства, как правило, состоит из тематических слоев, в которые группируются пространственные объекты, относящиеся к одной теме (классу объектов: растительность, земельные участки и т. п.) или одной мерности. Картографическое произведение является образно-знаковой моделью геопространства и может использоваться в качестве картографической основы, либо источника геоинформационных данных.

Содержание картографических моделей определяется решаемой задачей. Так, для решения задачи по определению ущерба земельным ресурсам при строительстве ТПТС необходим следующий набор тематических слоев: топографическая основа, карта объектов НГО, почвенная карта, границы субъектов РФ, границы экономических районов, границы территорий, принадлежащих КМН, границы территорий хозяйственной деятельности КМН (оленоводство, промысловая охота, рыболовство, собирательство и др.).

При определении ущерба земельным ресурсам в результате аварийного разлива нефтепродуктов необходимы: топографическая основа, карта объектов

НГО, почвенная карта, границы субъектов РФ, границы экономических районов, границы территорий, принадлежащих КМН, границы территорий хозяйственной деятельности КМН (оленоводство, промысловая охота, рыболовство, собирательство и др.).

Для расчета убытков КМН необходим схожий объем информации: топографическая основа, карта объектов НГО, геоботаническая карта, границы территорий, принадлежащих КМН, границы территорий хозяйственной деятельности КМН (оленоводство, промысловая охота, рыболовство, собирательство и др.), границы зон стрессового воздействия.

Результат моделирования геопространства для решения задач по определению ущерба земельным ресурсам и убытков КМН представлен на рисунке.

Пространственный анализ. Подготовка пространственных решений

Полученные картографические модели используются для анализа отношений пространственных объектов и подготовки пространственных решений.

В результате пространственного анализа модель дополняется новыми предметами, а также вырабатывается оценка территории в том или ином аспекте. Например, оценка влияния промышленных объектов на ведение хозяйственной деятельности коренными малочисленными народами в пределах территорий их традиционного природопользования.

Пространственное решение – это проект действия по пространственному преобразованию [6].

Преобразовывать можно непосредственно пространство, процессы, происходящие в пространстве, что позволяет осуществлять функции управления территорией.

4. Заключение

В данной статье критерием оценки воздействия трубопроводной транспортной системы на земельные ресурсы является размер ущерба, который должен рассчитываться на стадиях строительства и эксплуатации объектов НГО. Кроме того, при исчислении ущерба земельным ресурсам необходимо учитывать убытки КМН от временного или постоянного изъятия, ухудшения качества, обременений в использовании территорий традиционной хозяйственной деятельности.

В целях обеспечения данного процесса необходимым набором исходных данных, предлагается пространственную информацию о территориях представлять в виде картографических моделей.

Моделирование является эффективным средством исследования территории, позволяющим анализировать ее состояние и развитие, принимать обоснованные решения при управлении земельными ресурсами.

Кроме того, геоинформационное моделирование позволяет создавать основу для соблюдения требований рационального землепользования и охраны окружающей природной среды, повышать уровень экологичности функционирования трубопроводной транспортной системы, а вместе с тем и всей нефтегазовой отрасли.

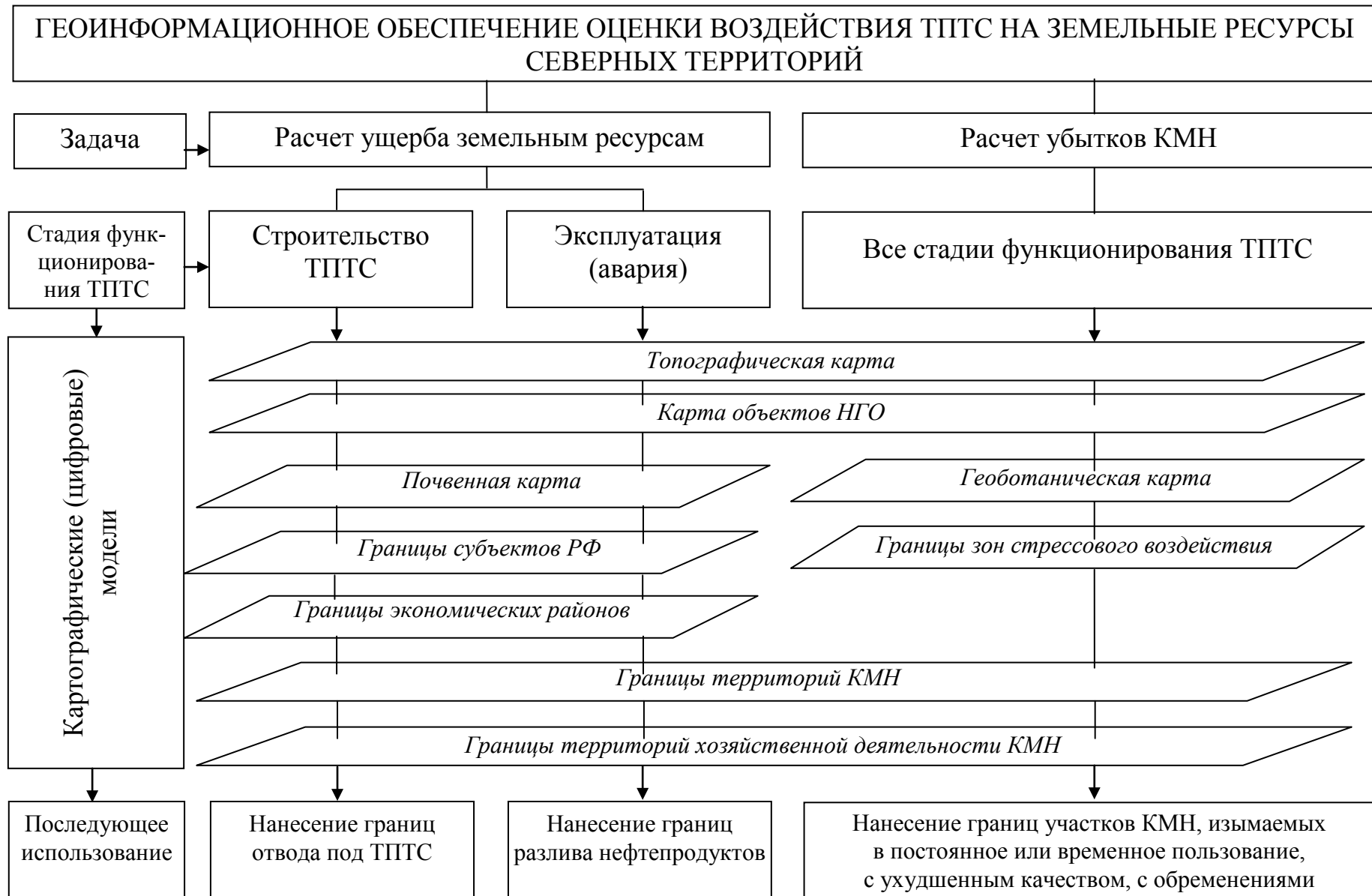


Рис. Модель геопространства для расчета ущерба земельным ресурсам и размера убытков КМН

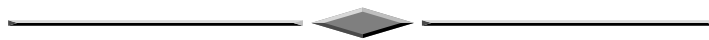
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бородко, А.В. Тема «Нефть. Газ» в Национальном атласе России [Текст] / А.В. Бородко, А.Н. Краюхин, Г.В. Поздняк, В.В. Козлов, В.Н. Горлов, В.И. Рябчикова // Геодезия и картография. – 2009. – № 2. – С. 2–7.
2. Статистический ежегодник: Стат. сб. в 4-х частях. Ч. 1 (II) [Текст] / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Тюменской области, 2009. – 404 с.
3. Статистический ежегодник: Стат. сб. в 4-х частях. Ч. 1 (I) [Текст] / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Тюменской области, 2009. – 282 с.
4. Методика определения ущерба окружающей природной среде при авариях на магистральных нефтепроводах [Электронный ресурс]: утв. Минтопэнерго РФ 01.11.1995. – Режим доступа: www.stroy-info.ru.
5. Приказ Министерства регионального развития РФ от 09.12.2009 г. № 565 «Об утверждении методики исчисления размера убытков, причиненных объединениям коренных малочисленных народов Севера, Сибири и Дальнего Востока Российской Федерации (КМН) в результате хозяйственной и иной деятельности организаций всех форм собственности и физических лиц в местах традиционного проживания и традиционной хозяйственной деятельности коренных малочисленных народов Российской Федерации» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.stroy-info.ru.
6. Карпик, А.П. Методологические и технологические основы геоинформационного обеспечения территорий [Текст]: монография / А.П. Карпик. – Новосибирск: СГГА, 2004. – 260 с.

Получено 27.05.2010

© В.Н. Щукина, 2010

МЕТРОЛОГИЯ И МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ



УДК 006:621.86.078.62

А.Н. Теплых

СГГА, Новосибирск

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ МОСТОВЫХ КРАНОВ И МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ

В данной статье предлагается методика определения деформаций мостовых кранов и металлоконструкций с применением современных цифровых способов регистрации и обработки результатов измерений (например, цифровых нивелиров). Методика позволяет определять стрелу прогиба моста с ошибкой измерений порядка 0,2–0,3 мм, а деформацию металлоконструкций с ошибкой от 0,05 до 0,1 мм.

методы измерения силы, мостовой кран, цифровые нивелиры, металлоконструкции.

A.N. Teplykh

SSGA, Novosibirsk

THE ESTIMATION METHOD OF BRIDGE CRANES AND FABRICATED METALS DEFORMATIONS

In this article the method of bridge cranes and fabricated metals deformations with the use of modern digital methods of registration and processing of measurements (for example, digital leveling instrument) is suggested. This procedure allows to detect the bending deflection of bridge accurate within 0,2–0,3 mm, and the deformation of fabricated metal within 0,05–0,1 mm.

methods of measurement of force, bridge crane, digital levelling instruments, metallic structures.

При изготовлении и эксплуатации мостовых кранов и металлоконструкций необходимо определять величину их деформаций в зависимости от прилагаемой к ним нагрузки (силы). Под деформацией мостовых и полярных кранов АЭС понимается изменение величины стрелы прогиба моста этих кранов в зависимости от величины веса перемещаемого груза. В свою очередь под деформацией металлоконструкций понимаются неоднократные изменения их формы и размеров в зависимости от прилагаемой к ним силы.

Определение стрелы прогиба моста крана. При изготовлении мостовых и полярных кранов, а также при их эксплуатации необходимо проводить аттестации различных параметров (при эксплуатации аттестация проводится ежегод-

но). Геодезическими способами и средствами измерений определяется величина стрелы прогиба при подъеме и перемещении максимально допустимого веса. В последние годы при реконструкции и замене технологического оборудования, например, генераторов турбоагрегатов, часто возникают ситуации, когда вес перемещаемого оборудования практически равен или значительно превышает номинальную грузоподъемность крана. В таких случаях определение стрелы прогиба моста крана производится с особой тщательностью. Кроме того, разрабатываются мероприятия по перемещению груза с помощью двух кранов. В этом случае необходимо определять стрелу прогиба моста каждого из двух кранов.

Также часто приходится поднимать и перемещать сложную металлоконструкцию или оборудование, вес которых можно оценить ориентировочно. В таких случаях необходимо решать две задачи: определение веса перемещаемого груза и определение стрелы прогиба моста крана.

Рассмотрим способы определения величины стрелы прогиба моста мостового крана. В настоящее время стрела прогиба моста крана определяется следующим образом. В точке *A* (рис. 1, *a*) устанавливается нивелир и зрительная труба визируется на миллиметровую линейку *1*, прикрепленную к канату *2*. После предварительного натяжения каната силой от 500 до 1 000 кг по линейке *1* производится отсчет с точностью 0,2–0,3 мм. Затем груз *P* поднимается над уровнем основания на 10–15 см и производится отсчет по линейке *1*. Разность отсчетов даёт величину прогиба *f* мостового крана. Недостатком данной схемы является влияние на значение *f* величины растяжения каната под действием веса груза *P*. Для исключения влияния этого растяжения необходимо рядом с канатом подвесить стальную рулетку *3* с небольшим грузом *P*₁, весом 8–10 кг. В точке *B* устанавливается нивелир, и по рулетке *3* производится отсчет до и после поднятия груза *P*. Данную схему можно применять тогда, когда высота крана над уровнем основания не превышает 15–20 см, так как при большей высоте на положение рулетки оказывают влияние локальные воздушные потоки. В таких случаях определение величины стрелы прогиба необходимо производить путем установки нивелира непосредственно на мост крана, например в точке *C*, а рейки *4* на середину моста. Величина стрелы прогиба определяется аналогично, по разности отсчетов, взятых до и после поднятия груза *P*.

Если вес перемещаемого оборудования превышает номинальную грузоподъемность крана, то используются два крана (рис. 1, *б*).

В этом случае перемещаемый груз удерживается на общей траверсе, которая в свою очередь удерживается канатами двух кранов. При таком перемещении груза можно определять общую величину прогиба или прогиб каждого моста двух кранов. В первом случае используется схема, показанная на рис. 1, *a*. Нивелир аналогично устанавливается в точке *A*, а линейка *1* прикрепляется к общей траверсе. Отсчеты по ней производятся до и после поднятия груза *P*.

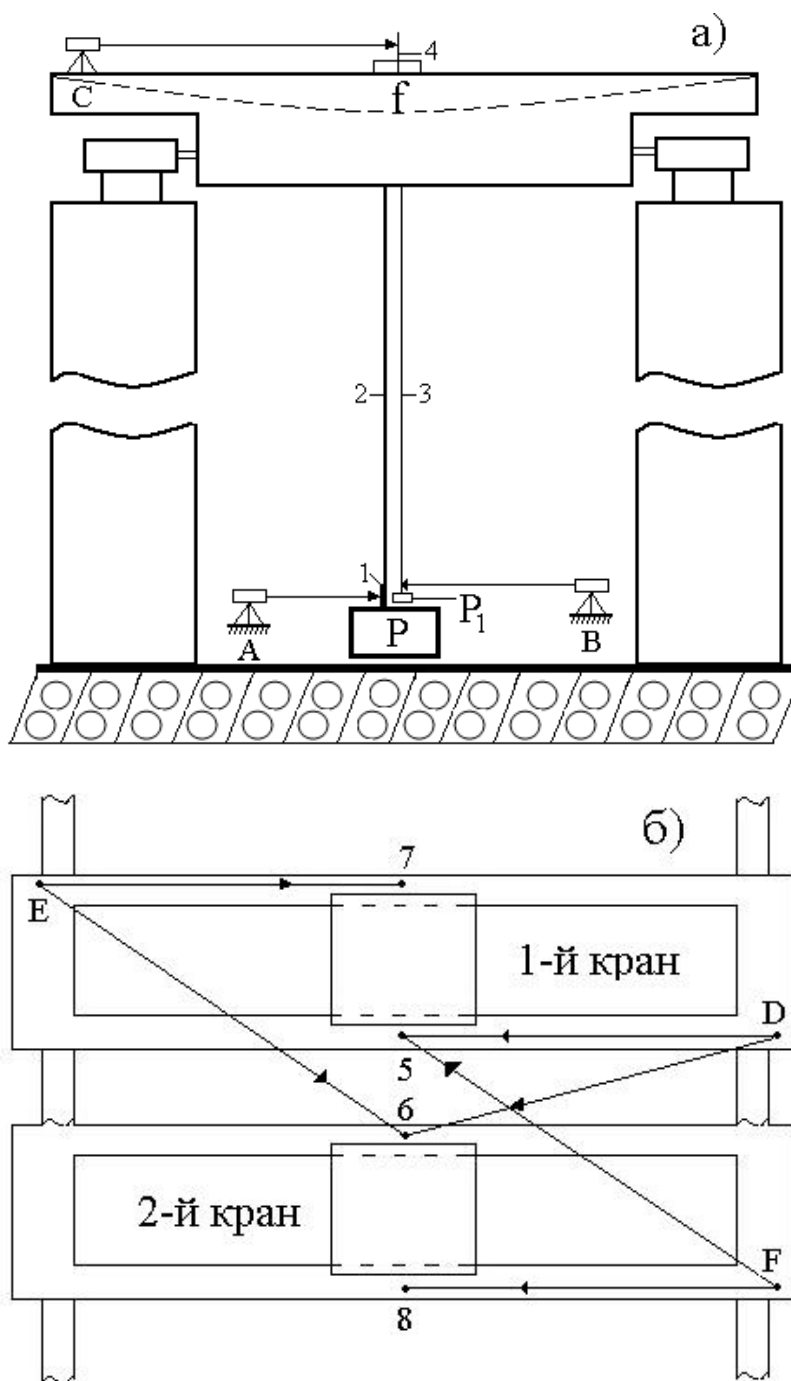


Рис. 1. Схема определения стрелы прогиба мостового крана

В тех случаях, когда установить линейку на траверсе не представляется возможным, применяется схема, представленная на рис. 1, б. Для этого на мостах кранов в точках Е, F и D устанавливаются три нивелира, а в пунктах 5, 6, 7 и 8 поочередно – шашечная рейка. Перед началом подъема груза Р по рейкам в указанных пунктах производятся отсчеты. Эти отсчеты регистрируют первоначальное положение рам каждого моста. После поднятия груза производятся повторные отсчеты по рейке. По разности отсчетов получаем величину прогиба

каждой рамы моста. Среднее из прогибов двух рам моста каждого крана дает общую величину прогиба.

Определение деформации металлоконструкций. Современные тенденции развития науки и техники направлены на автоматизацию всех процессов производства, а также на автоматизацию испытаний различных образцов металлоконструкций. Повышение требований к точности измерений ведет к дальнейшему усовершенствованию конструкций испытательных машин. В связи с этим возникает задача создания универсальных методик проведения испытаний различных образцов металлоконструкций с применением электронно-цифровой техники (например, цифровых нивелиров), которая исключает субъективные погрешности и обеспечивает высокую точность измерений, например, при слежении за деформацией объектов.

При реализации методики определения деформации различных образцов металлоконструкций цифровым нивелиром требуется соблюдать необходимые условия измерений:

- в помещении не должно быть оборудования, создающего вибрацию;
- нивелир следует устанавливать на жестком основании на расстоянии наименьшего визирования от разрывной машины;
- обеспечивать необходимую освещенность рейки;
- диапазон температуры окружающего воздуха – 20–30 °С, при этом изменение температуры в процессе проведения испытаний не более 2–3 °С;
- относительная влажность воздуха – не более 80 %.

Если нивелир находился в условиях, где температура окружающего воздуха отличалась от указанной выше, то его необходимо выдерживать в помещении при данной температуре не менее 2 часов.

При определении растяжения арматурной стали необходимо получить информацию о значениях ее растяжения в различных точках исследуемого диапазона разрывной машины. Поставленная задача может быть решена следующим образом. Принципиальная схема методики определения растяжения образца арматурной стали цифровым нивелиром представлена на рис. 2. В зажимах разрывной машины МР-200 закрепляется исследуемый образец гладкой арматуры диаметром 16,02 мм. Диаметр исследуемого образца измеряется с помощью микрометра. Затем на жестком основании устанавливается высокоточный цифровой нивелир Trimble DiNi 0.3 на расстоянии от разрывной машины не менее 2 м (данные паспорта нивелира). Была разработана методика определения метрологических характеристик методом высокоточного геометрического нивелирования цифровым нивелиром. Данная методика включает в себя: выбор точности измерений, предела измерений, быстроты измерений и продолжительности цикла измерений. Точность измерений зависит от расстояния до предмета измерений, выбранной программы измерений и влияния внешних условий. В зависимости от поставленной задачи измерений могут применяться различные программы наблюдений.

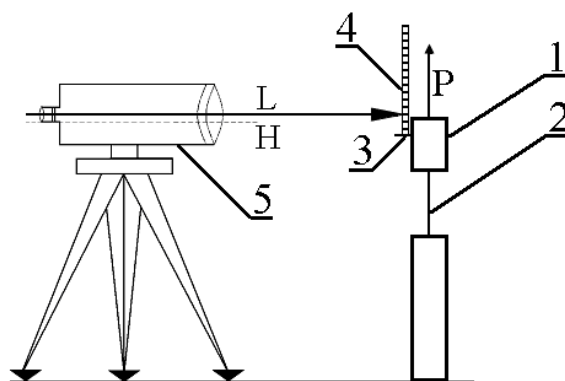


Рис. 2. Принципиальная схема методики определения растяжения образца арматурной стали цифровым нивелиром:

1 – подвижная траверса разрывной машины; 2 – исследуемый образец арматурной стали; 3 – штрих-кодовая рейка; 4 – цифровой нивелир

Сущность первой программы состоит в том, что измерение перемещений производится путем однократного «взятия отсчета». Под однократным «взятием отсчета» понимается взятие отсчета по рейке путем однократного визирования на рейку и однократного нажатия на кнопку «пуск» нивелира. При этом необходимо отметить, что нивелир представляет на цифровом табло отсчет, состоящий из ста независимых отсчетов. После взятия ста отсчетов происходит их осреднение с последующей выдачей его на табло. Отсчет, взятый по рейке, при неизменном положении нивелира будет являться горизонтом нивелира. В начале необходимо произвести исходный отсчет по штрих-кодовой стороне рейки O_1 . Затем через определенный временной интервал после изменения нагрузки берется повторный отсчет O_2 по рейке. Таких операций производится n число раз в зависимости от условий применения (величины нагрузки силоизмерительной машины). Отметим, что при необходимости взятие отсчетов производится в обратной последовательности.

В тех случаях, когда по производственным условиям возникает необходимость измерения перемещений на двух разрывных машинах необходимо применять вторую программу. С помощью этой программы измерение перемещений чувствительного элемента можно производить последовательно для каждой из разрывных машин. Взятие отсчетов нивелиром и их осреднение производятся аналогично первой программе.

После этого на подвижной траверсе гидравлической машины с помощью металлической скобы закрепляется штрих-кодовая рейка. Перед началом пуска разрывной машины цифровой нивелир приводится в рабочее положение. Далее включается нивелир и проверяется его работоспособность, для чего устанавливается необходимая освещенность рейки и производятся тестовые отчеты по ней. После этого машиной создается усилие натяжения. С целью исключения всех люфтов в механическом соединении начальное измерение принимается при силе натяжения в 5 кН. В принципе, при использовании других разрывных

машин значение минимальной нагрузки может быть любым. Затем производится взятие исходного отчета по рейке цифровым нивелиром. По аналогии через 5 делений гидравлической машины нивелиром производится взятие следующего отчета. После этого взятие отчета по рейке цифровым нивелиром производится через каждые 10 делений разрывной машины с записью результатов измерений в его памяти. При использовании других машин диапазон измерений может быть любым. Эти действия продолжаются до максимальной нагрузки разрывной машины или интересующей точки исследуемого диапазона или момента разрыва исследуемого образца. По окончании эксперимента результаты измерений сохраняются на карте памяти USB.

Величина деформации различных образцов металлоконструкций рассчитывается по формуле (1) или по кривой Гука, полученной из результатов измерений (рис. 3):

$$\Delta l = N_1 - N_2, \quad (1)$$

где N_1 – показания нивелира при максимальной деформации различных образцов металлоконструкций, мм;

N_2 – показания нивелира при минимальной деформации различных образцов металлоконструкций, мм.

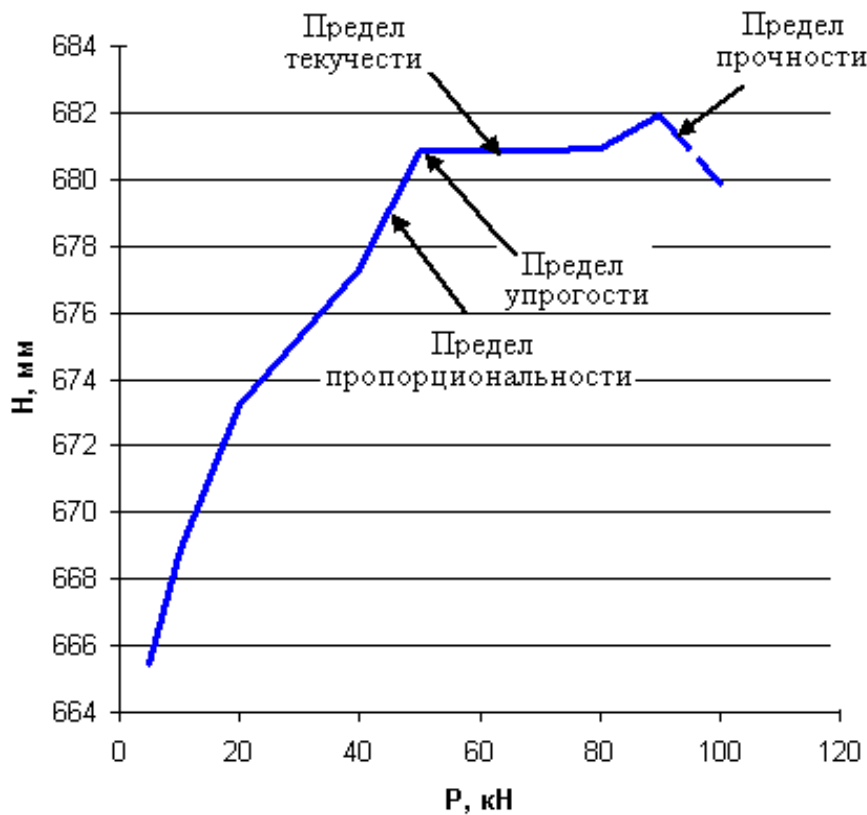


Рис. 3. Деформация образца арматурной стали при нагружении разрывной машины

Таким образом, предложенная методика позволяет непосредственно на предприятии аттестовывать стандартные образцы металлоконструкций. Данная методика позволяет получать достоверные результаты исследований, застрахованные от субъективной ошибки, а также возможного их умышленного изменения. Сущность предложенной методики состоит в том, что исходные геодезические данные, полученные нивелиром в автоматическом режиме без участия наблюдателя, хранятся на карте памяти USB в контролирующей организации. В случае возникновения аварийной ситуации, с целью установления причин аварии карта памяти USB является документом, подтверждающим достоверность проведения геодезических измерений.

Получено 14.05.2010

© А.Н. Теплых, 2010

УДК 006:528.026

А.Н. Теплых

СГГА, Новосибирск

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ АТТЕСТАЦИИ МЕР СИЛЫ С ПОМОЩЬЮ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ ДЛИНЫ

В данной статье предлагается методика аттестации эталонных мер силы с применением средств измерений длины, которые позволят получить дистанционно высокоточные и достоверные результаты измерений, исключая субъективную погрешность и позволяющие автоматизировать эту операцию.

сила, меры силы, цифровые нивелиры, лазерный интерферометр.

A.N. Teplykh

SSGA, Novosibirsk

THE DEVELOPMENT OF THE METHOD OF THE MEASURES OF FORCE CERTIFICATION WITH THE HELP OF THE MESURES OF LENGTH

In this article the method of standard measure of force certification with the help of the measures of length is suggested, which will allow to get remotely high-precision and reliable measurements and to automatize this process, excluding human error.

force, measures of force, digital levelling instruments, laser interferometer.

В настоящее время повышение точности измерений силы и массы потребовалось в нефтяной, газовой промышленности и других отраслях народного хозяйства, где были разработаны приборы для определения натяжения стальных канатов, особенно при бурении и капитальном ремонте скважин и других работах. Примером таких приборов являются так называемые «индикаторы веса». Для обеспечения точности и правильности результатов измерений эти приборы обычно поверяются на гидравлических разрывных машинах типа МР-500, которые, в свою очередь, также должны быть аттестованы и поверены. Для обеспечения достоверности результатов измерений машины типа МР-500 подвергаются поверке с помощью эталонных динамометров третьего разряда, которые, в свою очередь, аттестовываются на эталонных силоизмерительных машинах второго разряда. Однако очевидными недостатками данных способов поверки является технологическая и приборная сложность систем, а также наличие субъективной погрешности измерений, связанной с индивидуальными особенностями и психофизическим состоянием поверителя. Для выполнения аттестации мер силы нами предложена методика определения метрологических характеристик эталонных динамометров с применением высокоточного цифрового нивелира. В тех случаях, когда необходимо определить начало или ход деформационных процессов с дискретностью 0,001 мм, в качестве измерителя перемещений предлагается использовать лазерный интерферометр [1].

Выполнять аттестацию мер силы можно одновременно с помощью цифрового нивелира и лазерного интерферометра. В этом случае в небольшом интервале можно будет определить внутришаговую короткопериодическую ошибку цифрового нивелира. Ошибку измерения в заданном диапазоне получаем путем сравнения результатов измерений нивелира с эталонным значением величины [2].

При реализации разработанной методики должны соблюдаться жесткие требования к параметрам нормальных условий (температуре, давлению, влажности). Если интерферометр или нивелир будут находиться в условиях, где режим температуры отличается от нормативного, то перед реализацией предложенной методики приборы необходимо выдерживать в помещении при температуре окружающего воздуха 20 °С не менее 2 часов.

При аттестации эталонных мер силы необходимо получение информации об их динамике в различных точках исследуемого диапазона нагрузки силоизмерительной машины. Принципиальная схема методики определения деформации опытных образцов с применением средств измерений длины представлена на рис. 1. На эталонной силоизмерительной машине второго разряда 1 закрепляется в захваты опытный образец 2 или он устанавливается на катковую опору 3. Затем на жестком основании устанавливается высокоточный цифровой нивелир на расстоянии от исследуемого оборудования не менее 2 м. При необходимости на этом же основании может размещаться лазерный интерферометр, а в измерительном плече устанавливаются призма 6 и два уголковых отражателя 5 и 8. Далее на подвижной траверсе эталонной машины с помощью металлической скобы 4 закрепляется штрих-кодовая рейка 7. Перед началом пуска силоизмерительной машины включается персональный компьютер и запускается программное обеспечение интерферометра 9. Затем проверяется работоспособность интерферометра и обнуляются его показания.

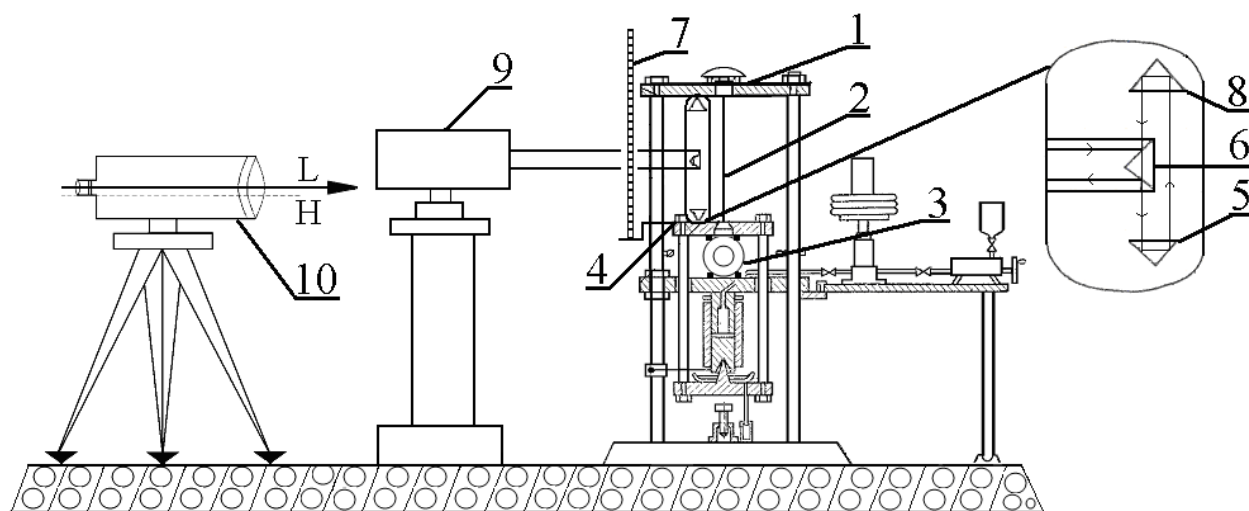


Рис. 1. Принципиальная схема методики определения деформации опытных образцов с применением средств измерений длины

После этого силоизмерительной машиной создается усилие натяжения (сжатия). С целью исключения всех люфтов в механическом соединении образца с машиной начальное измерение производится при силе натяжения (сжатия) в 5 кН. В случае применения других машин значение минимальной нагрузки может быть другим. Взятие отсчетов по рейке нивелиром 10 и измерение длины опытного образца лазерным интерферометром производится через определенные интервалы нагрузки (5, 10 или 50 делений, в зависимости от используемой силоизмерительной машины). При максимальном растяжении (сжатии) эталонных образцов отсчет нивелиром или интерферометром снимается дважды при прямом и обратном ходе силоизмерительной машины. Затем в этом же диапазоне производится разгрузка машины до начального измерения со снятием отсчета по рейке цифровым нивелиром или лазерным интерферометром в каждой точке диапазона и с записью результатов измерений в памяти используемых приборов. По окончании эксперимента результаты измерений сохраняются на карте памяти USB.

Данная методика аттестации эталонных мер силы позволяет получить достоверные результаты исследований, застрахованные от субъективной ошибки, а также возможного их умышленного изменения. Кроме того, лазерная интерферометрическая измерительная система при равномерном нагружении машины позволит выявить подробную картину изменения величины деформации чувствительного элемента эталонных динамометров, а также величину деформации сложных элементов конструкций изделий, в том числе эталонных динамометров первого разряда. Однако следует отметить, что, несмотря на высокую точность, данная методика имеет ограниченное применение в силу следующих причин:

- высокая стоимость метрологического интерферометрического комплекса;
- недостаточная мобильность использования комплекса;
- технологическая и приборная сложность данной системы.

Поэтому методику с применением лазерного интерферометра рационально применять для измерений величины растяжения (сжатия) при аттестации эталонов первого разряда.

Таким образом, предложенная методика определения метрологических характеристик силоизмерительных приборов позволяет автоматизировать процесс поверки средств измерений (СИ). Кроме того, применение мер силы, аттестованных с помощью измерителей линейных перемещений, дает возможность повысить точность передачи размеров единицы силы. Предлагаемая методика позволит исключить из практики аттестации несовершенный системный подход при аттестации эталонов и внедрить в процесс поверки меры силы (эталон сравнения), основными преимуществами которых по сравнению с существующими методами являются: исключение субъективной погрешности в результатах измерений, высокая точность и мобильность при их использовании. Предлагаемая локальная поверочная схема для средств измерений силы с применением высокоточных средств измерений длины (показано утолщением) представлена на рис. 2. Для данной поверочной схемы предложены в качестве исходных средств измерений меры первого разряда по Государственной поверочной схеме для СИ длины (ГСИ МИ 2060–90).

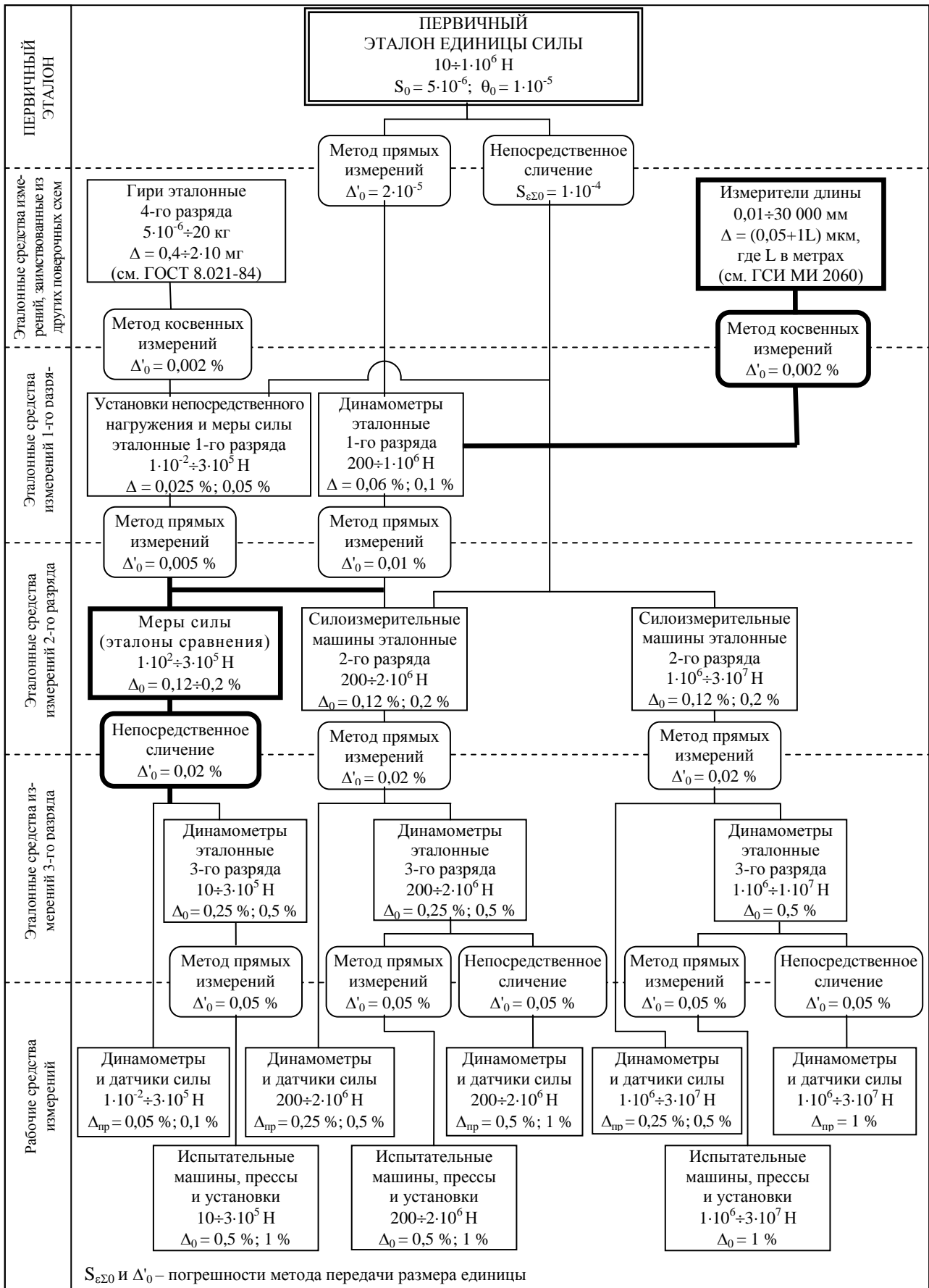


Рис. 2. Локальная поверочная схема для средств измерений силы с применением высокоточных средств измерений длины

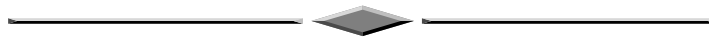
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Коронкевич, В.П. Современные лазерные интерферометры / В.П. Коронкевич, В.А. Ханов. – Новосибирск: Наука, 1985. – 179 с.
2. Голыгин, Н.Х. Исследование внутришаговой короткопериодической погрешности цифрового нивелира DiNi 10 / Н.Х. Голыгин, Д.А. Шаимкулов // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2003. – № 5. – С. 106–116.

Получено 14.05.2010

© А.Н. Теплых, 2010

ОПТИКА, ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ



УДК 535.421.

В.С. Корнеев

СГГА, Новосибирск

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КРУТИЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ ПОЛОСОК МИКРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОТРАЖАТЕЛЬНОЙ ДИФРАКЦИОННОЙ РЕШЕТКИ

Микромеханическая отражающая дифракционная решетка может найти применение в оптоэлектронике как устройство, управляющее интенсивностью отраженного излучения. Графический метод дает возможность определить угол закручивания полосок и другие параметры вынужденных крутильных колебаний.

микромеханическая отражательная дифракционная решетка, крутильные колебания, резонансная частота.

V.S. Korneev

SSGA, Novosibirsk

THE EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF BEAMS TORSIONAL OSCILLATION PARAMETERS OF MICROMECHANICAL DIFFRACTION GRATING REFLECTORRAY

Micromechanical diffraction grating reflectarray can find an application in optoelectronics as a device that controls the intensity of the reflected radiation. A graphical method enables to determinate the angle rotation of beams and other parameters torsional oscillation.

micromechanical grating reflectarray, torsional oscillation, resonance frequency.

1. Введение

Микромеханическая отражательная дифракционная решетка представляет собой матрицу кремниевых полосок одинаковой длины, концы которых торсионно закреплены. На кремниевые полоски нанесен слой ферромагнитного материала, который намагничивается во внешнем магнитном поле и сообщает всей полоске крутящий момент [1]. Устройство может работать как в старто-стопном режиме, когда полоски, отклонившись, остаются неподвижными, так и в режиме стоячей волны на резонансной частоте крутильных колебаний, когда полоска принимает форму упругой стоячей полуволны. Экспериментальные

исследования рабочих параметров подобных устройств представлены в [2], в частности, показано, что в старт-стопном режиме амплитуда угла сканирования лазерного луча достигает значений 0,05 рад.

Экспериментальное исследование установившегося режима вынужденных крутильных колебаний полосок является важной задачей, решение которой даст информацию об эффективности электромагнитного способа управления параметрами микромеханических оптических устройств.

2. Краткая теория

На полоску длиной l (рис. 1, а, б), обладающую собственным магнитным моментом P , со стороны внешнего магнитного поля с индукцией B действует крутящий момент M (рис. 1, в), равный:

$$M = PB \sin \alpha, \quad (1)$$

где α – угол между направлениями P и B .

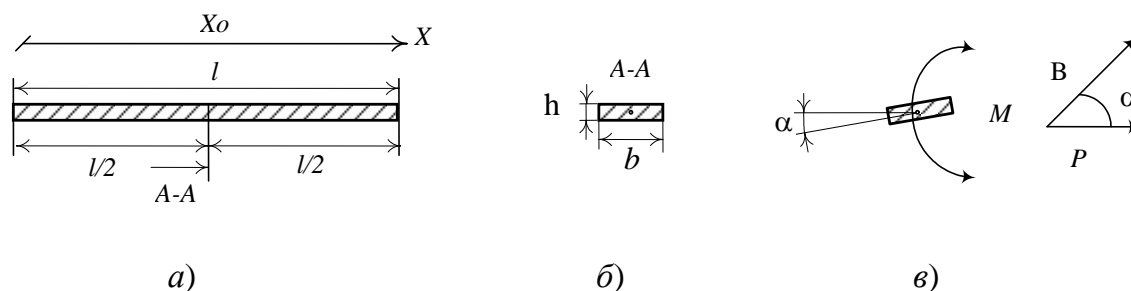


Рис. 1. Полоска прямоугольного сечения с приложенным крутящим моментом M :

а) общий вид; б) разрез сечения $A - A$; в) действие крутящего момента M

При этом полный угол закручивания сечения полоски с координатой x_0 равен [3]:

$$\delta_{x_0} = \int_0^{x_0} \frac{M}{GI_0} dx, \quad (2)$$

где G – модуль сдвига материала вала; I_0 – полярный момент инерции сечения. При условии, что ширина полоски b много больше ее толщины h , выражение для I_0 имеет вид [3]:

$$I_0 = \frac{1}{3}bh^3. \quad (3)$$

Выражение для угла закручивания $\delta_{1/2}$ сечения с координатой приложения крутящего момента $x_0 = l / 2$ имеет вид:

$$\delta_{1/2} = \frac{3 \mu B^2 V_m l}{8 \mu_0 G b h^3} \sin 2\alpha, \quad (4)$$

где μ – магнитная проницаемость материала; V_m – объем слоя ферромагнитного материала.

В режиме вынужденных колебаний, когда M изменяется по закону $M = P_0 B_0 \sin \alpha$, а угол $\alpha = \alpha_0 \sin \omega t$, зависимость изменения крутящего момента от времени можно выразить формулой:

$$M = \frac{1}{2} P_0 B_0 \sin(2\alpha_0 \sin \omega t), \quad (5)$$

где B_0 – амплитуда индукции магнитного поля; P_0 – амплитуда магнитного момента; α_0 – амплитуда; ω – циклическая частота колебаний угла α . При малых значениях α , когда $\sin \alpha \approx \alpha$, выражение (5) можно упростить:

$$M = M_0 \sin \omega t, (M_0 = P_0 B_0 \alpha_0). \quad (6)$$

Собственная частота f_0 крутильных колебаний полосок может быть найдена из выражения [1]:

$$f_0 = \frac{h}{lb} \sqrt{\frac{G}{\rho}}, \quad (7)$$

где ρ – плотность материала. Расчет дает величину $f_0 \approx 30$ кГц.

Когда циклическая частота колебаний индукции магнитного поля $\omega \ll \omega_0$, для расчета амплитуды угла закручивания δ_0 можно использовать выражение (4).

При уменьшении индукции магнитного поля в зазоре магнитопровода $B = 150 - 40$ мТ расчетные значения угла закручивания среднего сечения соответственно уменьшаются: $\delta_{1/2} = 2,5 - 0,2$ мрад.

3. Экспериментальные результаты

Для исследования экспериментальных параметров был собран экспериментально-измерительный стенд (рис. 2).

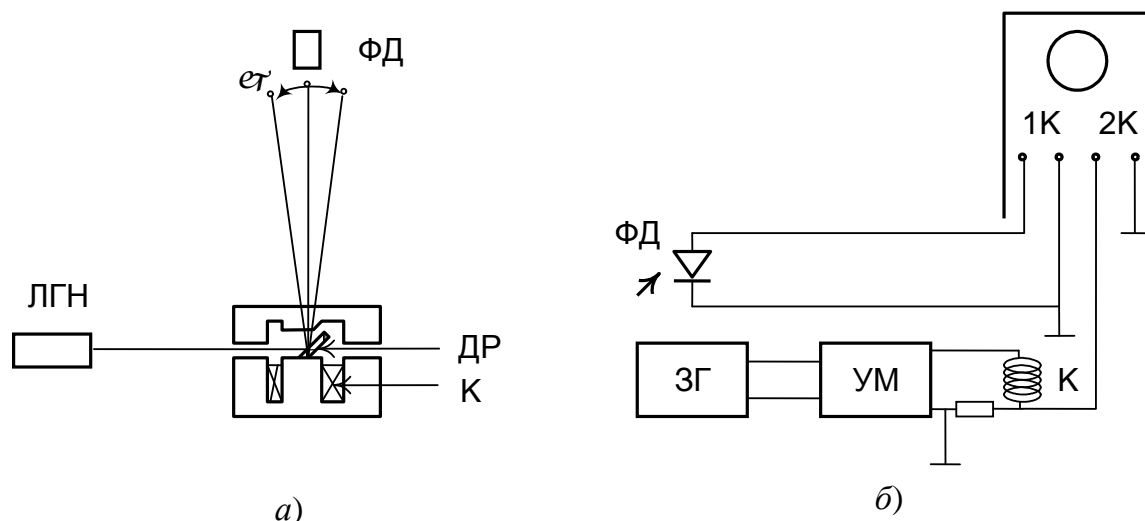


Рис. 2. Экспериментальный измерительный стенд:
 а) оптическая схема; б) принципиальная электрическая схема

Микромеханическая дифракционная решетка (ДР), зеркальными элементами которой были упомянутые полоски, находилась в зазоре между полюсами электромагнитной схемы управления (рис. 2, а), магнитное поле в зазоре создавалось переменным током катушки (К) с индуктивностью $L = 7,62$ мГн. На поверхность решетки под углом 45° направлялось излучение лазера (ЛГН) с длиной волны $\lambda = 632$ нм и диаметром пучка 3 мм. Дифракционная картина наблюдалась на экране, расположенном на расстоянии 1,5 м от решетки. В главный максимум отраженной дифракционной картины ($m = 0$) помещался фотодиод с диаметром входного окна $d = 5$ мм. Переменный сигнал с фотодиода ΔU подавался на один из входов (1К) двухканального осциллографа, одновременно на другой вход (2К) подавался сигнал с резистора, включенного в нагрузочную цепь (рис. 2, б). На рис. 3, а–е представлены осциллограммы модуляций напряжения на фотодиоде и модуляции тока в нагрузочной цепи при изменении частоты переменного тока от 0,2 до 1 кГц.

Для определения угла закручивания $\delta_{1/2}$ среднего сечения полосок использовался графический метод, описанный в работе [4]. Суть метода состоит в том, что по изменению относительной интенсивности дифрагированного излучения $\Delta I / I_0$ (при известном периоде решетки d и длине волны λ) находят соответствующее изменение угла дифракции $\Delta\varphi$ и угол наклона полосок $\Delta\delta$ (угол блеска). Изменение относительной интенсивности $\Delta I / I_0$ в первом приближении равно отношению переменной составляющей сигнала напряжения на фотодиоде ΔU к постоянной U .

На рис. 4 представлены зависимости амплитуды угла $\delta_{1/2}$ от квадрата амплитуды (i^2) и частоты переменного тока катушки (f).

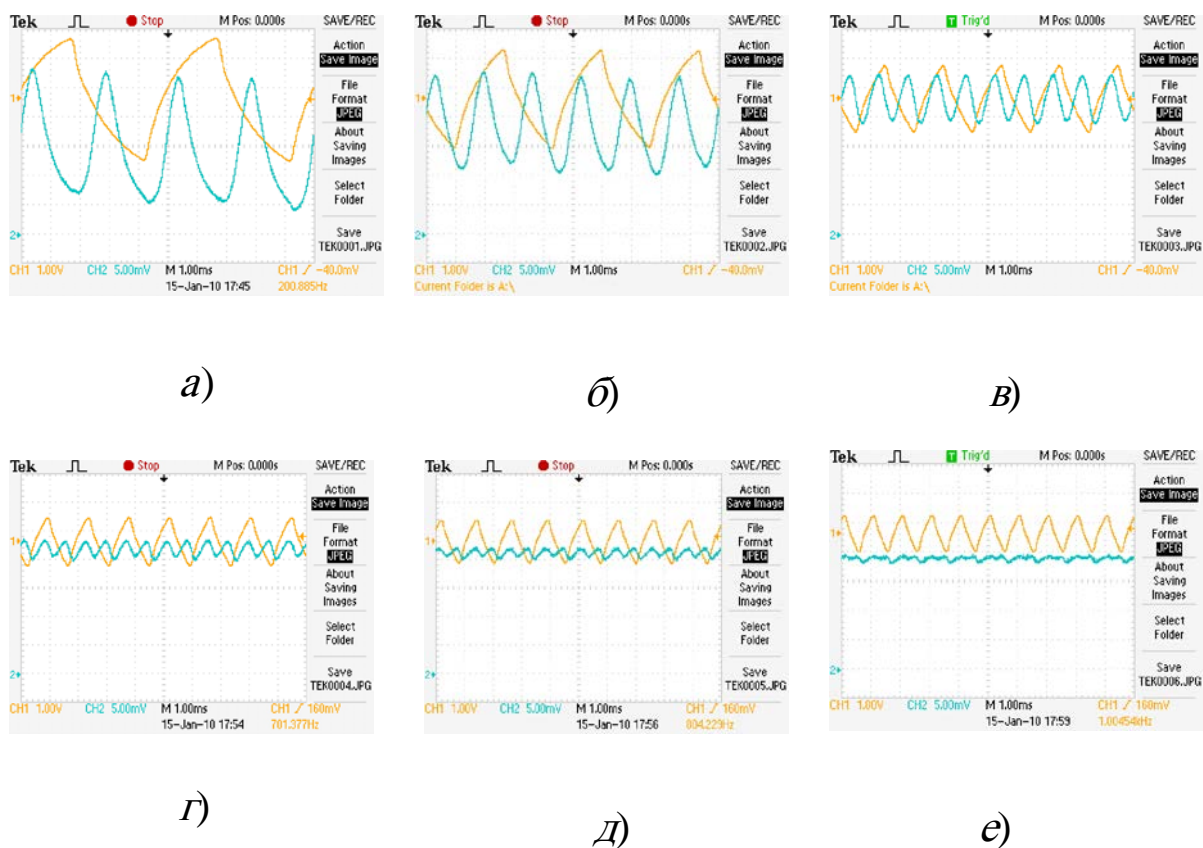


Рис. 3. Осциллограммы модуляций силы тока i_m и напряжения на фотодиоде ΔU для разных значений частоты переменного тока катушки:
 а) 0,2 кГц; б) 0,4 кГц; в) 0,5 кГц; г) 0,7 кГц; д) 0,8 кГц; е) 1 кГц

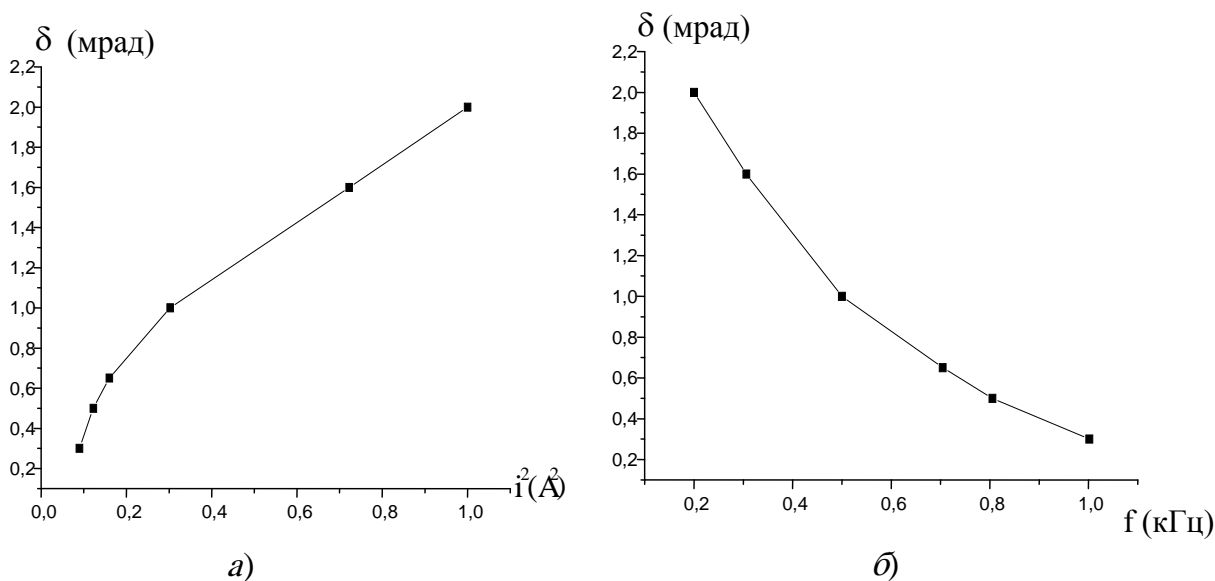


Рис. 4. Зависимость угла $\delta_{1/2}$:

а) от квадрата амплитуды тока (i^2); б) от частоты переменного тока f

4. Обсуждение результатов

Анализ данных осциллограмм и графических зависимостей (см. рис. 4) позволяет сделать следующие заключения о характере вынужденных крутильных колебаний полосок.

1. Частота вынужденных колебаний полосок равна удвоенной частоте переменного тока катушки.

2. Амплитуда вынужденных колебаний полосок монотонно уменьшается с увеличением частоты переменного тока, что означает отсутствие резонансных явлений в исследуемом диапазоне частот (0,1 – 2 кГц).

3. Спад амплитуды колебаний с ростом частоты вызван уменьшением амплитуды магнитного поля в зазоре вследствие использования в замкнутой магнитной цепи железного магнитопровода, магнитное сопротивление которого возрастает с ростом частоты.

4. Измеренные значения амплитуды угла наклона зеркальных элементов по порядку величины соответствуют полученным расчетным значениям.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чесноков, Д.В. Микромеханический дефлектор световых потоков / Д.В. Чесноков // Оптический журнал. – 2007. – № 4. – С. 51–54.

2. Корнеев, В.С. Исследование рабочих параметров микромеханических устройств с электромагнитным управлением / В.С. Корнеев // Электроника Сибири. – 2008. – № 3. – С. 59–61.

3. Писаренко, Г.С. Справочник по сопротивлению материалов / Г.С. Писаренко, Яковлев А.П., Матвеев В.В. // Киев, «Наукова думка». – 1988. – С. 734.

4. Korneyev, V.S. Study of the parameters of micromechanical devices with electromagnetic control // Int. school and seminar “Modern problems of Nan electronics, Micro- and Nanosystems Technologies” NSTU, Novosibirsk, Russia, 2009. – P. 113–115.

Получено 31.05.2010

© В.С. Корнеев, 2010

УДК 535.211

В.В. Чесноков, Д.В. Чесноков, В.А. Райхерт

СГГА, Новосибирск

ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ИНИЦИИРОВАННЫЕ ИМПУЛЬСНЫМ ЛАЗЕРНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ В СЛОИСТЫХ НАНОСТРУКТУРАХ

Исследуются теоретические модели и методы расчета температурного поля и термомеханических процессов в слоистых структурах на подложках, подвергаемых воздействию лазерного импульса в форме временной ступеньки, в том числе возможность учета фазовых превращений вещества во внутренних слоях структуры. Изучено пространственно-временное распределение температур в тонкопленочной четырехслойной наноструктуре, получены значения индуцированных лазерным облучением перемещений внешней границы структуры.

лазерное воздействие, слоистые наноструктуры, термограммы.

V.V. Chesnokov, D.V. Chesnokov, V.A. Raychert

SSGA, Novosibirsk

TERMOMECHANICAL PROCESS IN MULTI-LAYER NANOSTRUCTURES INITIATED BY LASER IRRADIATION

Theoretical models and methods to calculate the thermal fields and thermomechanical in the multilayer structures on substrates exposed to laser step shaped pulse, including, possibility of the account of phase transformations of substance in structure inside layers are investigated. The spatial-temporal distribution of temperatures in a four layer thin-film nanostructure is studied, and values for displacements of outer boundary of the structure which are induced by laser irradiation are obtained.

laser irradiation, multy-layer nanostructure, thermogram.

В настоящей работе исследуются изменения состояния слоистой структуры, когда при лазерном облучении слоев в одном из них возникает критическое состояние вещества или происходит фазовый переход первого рода с поглощением тепла.

В исследовании [1] реальная многослойная структура была заменена многослойной же аналоговой стенкой с координатной осью y , имеющей такую же температуру входной поверхности и такой же постоянный поток тепла через входную поверхность, как многослойная структура. Причем всем слоям (секциям) стенки было определено значение температуропроводности h_1 первого слоя структуры. Полученное в [1] уравнение пространственно-временного распределения температуры в аналоговой стенке, представлено ниже:

$$T(t, y_i) = T_{\infty S} \times \left\{ \left(1 - \frac{y_i}{D} \right) - \frac{8}{\pi^2} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{\cos \left[\frac{(2m+1)\pi y_i}{2D} \right]}{(2m+1)^2} \exp \left[-\frac{(2m+1)^2 \pi^2 t}{4 \tau_D} \right] \right\}, \quad (1)$$

где $T_{\infty S}$ – приращение температуры входной поверхности аналоговой стенки в установившемся режиме нагревания ($t = \infty$), равное приращению температуры входной поверхности многослойной структуры в таком же режиме,

$$T_{\infty S} = \sum_{i=1}^N \Delta T_{\infty i};$$

y_i – координата i -й аналоговой стенки;

D – толщина многослойной аналоговой стенки;

τ_D – постоянная времени многослойной аналоговой стенки.

В работе [1] параметры слоев были сведены в таблицу.

Таблица

Параметры слоев исследуемой структуры

Номер слоя	1	2	3	4
Материал слоя	Mo	H ₂ O 250 °C	SiO ₂	Cu
y_i , нм	50	171,2	187,5	700
d_i , нм	50	10	10	1 000
$h \cdot 10^6 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$	45,6	0,16	0,78	100
$\rho \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} / \rho_{\text{кр}}$	10,65	0,78/0,2	2,2	8,8
$k, \frac{\text{Вт}}{\text{м} \times \text{К}}$	158	0,5	1,84	365
$c \cdot 10^{-3} \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \times \text{К}}$	0,264	4,87	1,07	0,4
$\tau_i = \frac{d_i^2}{h_i}$, нс	0,055	0,625	0,128	10
$\frac{d_i}{k_i} \cdot 10^9 \frac{\text{К} \times \text{м}^2}{\text{Вт}}$	0,316	20,000	5,435	2,741

Аналоговая стенка, составленная из слоев структуры, имеет постоянную времени нагревания $\tau_D = 20,66$ нс и толщину $D = 28,49$ нм.

При нагревании вещество слоев структуры может изменять свое фазовое состояние, его теплофизические параметры при этом изменяются.

Вещество «зажатого» слоя, являющееся изначально жидкостью, при изобарном нагревании до температуры ниже критической изотермы на диаграмме p, V уравнения состояния является двухфазной средой, при более высокой – становится газом.

При достижении температуры кипения слоя давление пара приведет к механическому разделению структуры по кипящему слою. В структурах реального устройства слои во избежание термического разрушения механически соединяют, упругость соединительных элементов приводит к возможности установления равновесного состояния системы пар – жидкость; пар станет насыщенным с давлением $p_{НАС}$. Под избыточным (относительно атмосферного $p_{АТМ}$) давлением пара слоя, произойдет изменение объема нагретого слоя:

$$\Delta V = (p_{НАС} - p_{АТМ}) / k_y,$$

где k_y – коэффициент упругости соединительных элементов.

Учет перехода слоя в критическое состояние

Вплоть до температуры кипения слой находится при атмосферном давлении, его изобарная теплоемкость изменяется с температурой незначительно. При продолжении нагревания давление насыщенных паров увеличивается, слой становится двухфазным; при приближении температуры к критическому для данного вещества значению его теплоемкость существенно возрастает; при температуре больше критической слой находится в однофазном газообразном состоянии, его теплоемкость уменьшается до уровня 0,5–0,7 изобарной теплоемкости жидкости [2]. На рис. 1 показан график зависимости от температуры удельной изобарной теплоемкости воды и водяного пара на линии насыщения при температуре выше критической. График построен по табличным данным [2, 3, 4].

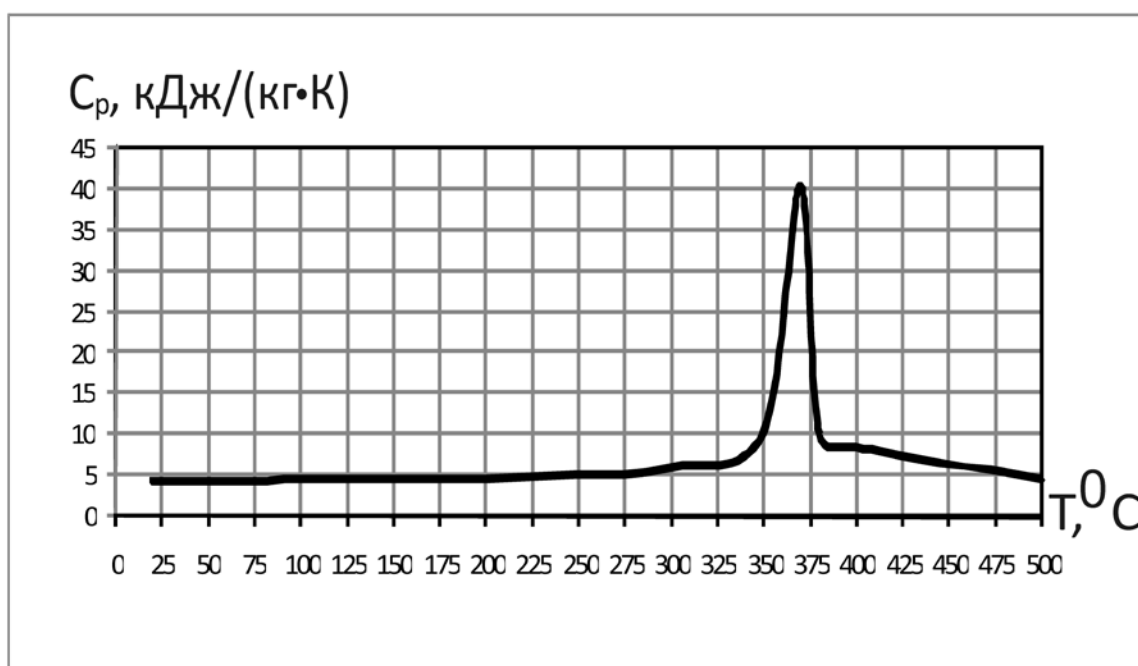


Рис. 1. Зависимость изобарной теплоемкости воды и водяного пара от температуры

Средняя мольная теплоемкость \bar{C} среды в критической области равна

$$\bar{C} = \frac{1}{T_{ГАЗ} - T_{Ж}} \int_{T_{Ж}}^{T_{ГАЗ}} C_{pKP}(T) dT.$$

Тепловая энергия, поглощенная одним молеком слоя при изменении его температуры от комнатной T_0 до T , определяется выражением:

$$\Delta Q(T) = \Delta U + p\Delta V \approx C_{pЖ}(T_{Ж} - T_0) + \int_{T_{Ж}}^{T_{ГАЗ}} C_{pKP}(T) dT + C_{pГАЗ}(T - T_{ГАЗ}), \quad (2)$$

где $T_{Ж}$ и $T_{ГАЗ}$ – условные температуры возникновения и прекращения критического состояния вещества слоя соответственно; $C_{pЖ}$, C_{pKP} и $C_{pГАЗ}$ – мольные изобарные теплоемкости слоя в жидком, критическом и газообразном состояниях, соответственно.

Диапазон температур $T_{ГАЗ} - T_{Ж}$ существования критического состояния мал, и поглощенная тепловая энергия (интеграл в (2)) сказывается на распределении температур в многослойной структуре при непрерывном поступлении тепла в многослойную структуру как отрицательный тепловой импульс, возникший в слое, находящемся в критическом состоянии. Тепловые воздействия аддитивны, поэтому результат одновременного действия облучения и отрицательного теплового импульса в слоях структуры приведет к некоторому уменьшению темпа нагревания слоев. Подобная картина будет наблюдаться и в случаях фазовых переходов первого рода, происходящих в слое с поглощением тепла. В последних случаях температура входной поверхности слоя остается некоторое время постоянной, тепловой поток расходуется на перевод всего вещества слоя в новое фазовое состояние. С целью общности подхода при выводе соответствующих уравнений условимся, что и в случае возникновения в слое критического состояния температура его входной поверхности остается постоянной до поглощения слоем такого количества тепла, что вещество приобретает свойства газа.

Неизменность температуры можно представить как результат наложения двух противоположно действующих закономерностей ее изменения: увеличение температуры в соответствии с (1); ее уменьшение на поверхности слоя в соответствии с выражением:

$$T(t', x_{i=n}) = -\frac{\Delta T_n}{\Delta t_n} t'.$$

Здесь ΔT_n – изменение температуры на поверхности слоя n в отсутствие перехода в критическое состояние (перехода в КС) в соответствии с (1) за промежуток времени Δt_n вблизи момента $t_{Ж}$ начала КС. В работе [1] для оценочных

расчетов в случае возникновения критического состояния во втором слое, состоящем из воды, найдены следующие значения: $\Delta T_n = 828$ К; $T_{KP} = 350$ К;

$\frac{\Delta t_n}{\tau_D} = 0,645$. Принимается, что в малом временном промежутке изменение тем-

пературы, вызванное поглощением тепла при переходе в критическое состояние, линейно зависит от времени. При анализе изменений температурного поля в приповерхностной области структуры начало координат расположим на входной поверхности слоя, переходящего в КС. Используя исходные выражения [5] для однородной стенки, внутри которой происходит изменение температуры бесконечно-тонкого слоя по линейному закону, можно для изменений температуры в приповерхностных (между переходящим в КС и наружной поверхностью) слоях аналоговой стенки по аналогии с подходом, использованным при выводе (1), получить уравнение:

$$T'_{KP}(t', z_i) = \frac{\Delta T_n \tau_z}{\Delta t_n} \left\langle \begin{aligned} & -\frac{t'}{\tau_z} + \frac{16}{\pi^3} \times \\ & \times \sum_{m=0}^{\infty} \frac{\sin \left[\frac{(2m-1)\pi}{2} \frac{z_i}{D_z} \right]}{(2m-1)^3} \left\{ 1 - \exp \left[-\frac{(2m-1)^2 \pi^2 t'}{4\tau_z} \right] \right\} \end{aligned} \right\rangle, \quad (3)$$

где $z_i = \sum_i^{n-1} d_i \sqrt{h_1/h_i}$ – координата поверхности слоя аналоговой стенки, отсчитываемая от входной поверхности слоя с КС, имеющего температуру $T_{Ж}$;

$D_z = \sum_1^{n-1} d_i \sqrt{h_1/h_i}$ – общая толщина слоев аналоговой стенки, расположенных

между переходящим в КС и входной поверхностью, $\frac{z_i}{D_z} = \frac{\sum_i^{n-1} D_i}{\sum_1^{n-1} D_i}$;

$t' = t - t_{Ж}$ – время нагревания приповерхностных слоев, отсчитываемое с момента начала перехода слоя в КС; $t_{Ж}$ – момент достижения поверхностью слоя

n КС, определяемый по (1); $\tau_z = \frac{D_z^2}{h_1}$.

Уравнение (3) получено при допущении, что постоянная времени нагревания приповерхностных слоев меньше времени КС, т. е. $\tau_z < \Delta t_{KP}$.

Сумма бесконечного ряда в уравнении (3) в области значений $t'/\tau_z > 1$, когда экспоненциальный член мал, определяется выражением [5]:

$$\sum_{m=0}^{\infty} \frac{\sin \left[\frac{(2m-1)\pi}{2} \frac{z_i}{D_z} \right]}{(2m-1)^3} = \frac{\pi^3}{32} \frac{z_i}{D_z} \left(2 - \frac{z_i}{D_z} \right),$$

поэтому уравнение (3) упрощается:

$$T'_{KP}(t, z_i) = -\frac{\Delta T_n \tau_z}{\Delta t_n} \left[\frac{t - t_{Ж}}{\tau_z} - 0,5 \frac{z_i}{D_z} \left(2 - \frac{z_i}{D_z} \right) \right]. \quad (4)$$

Температура на поверхности слоя с КС может оставаться постоянной в течение промежутка времени, примерно равного времени Δt_{KP} , поэтому в (4) $t' \leq \Delta t_{KP}$. Изменение температуры наружной поверхности слоистой структуры ($z_i = D_z$) вследствие возникновения КС, если не учитывать поступление тепла с поглощаемым излучением, равно:

$$T'_{KP}(t, D_z) = -\frac{\Delta T_n}{\Delta t_n} [t - t_{Ж} - 0,5 \tau_z]; \quad t_{Ж} + \Delta t_{KP} \geq t' \geq t_{Ж}. \quad (5)$$

Для определения длительности отрицательного теплового импульса учтём, что поглощенная слоем за время пребывания в критическом состоянии тепловая энергия выражается интегралом в уравнении (2):

$$\Delta t_{KP} \approx \frac{\rho_{nKP} d_n \int_{T_{Ж}}^{T_{ГАЗ}} C_{pKP}(T) dT}{M_n P_{nKP}}, \quad (6)$$

где M_n – молярная масса вещества слоя; ρ_{nKP} – плотность вещества в критическом состоянии.

При температуре ниже $T_{Ж}$ поверхность слоя n нагревается в соответствии с (1), затем остается приблизительно постоянной до достижения всей толщины слоя критического состояния; время $t_{Ж}$ достижения входной поверхностью слоя температуры $T(t_{Ж}, y) = T_{Ж}$ находим с помощью (1), подставив в последнее координаты $\frac{y_i}{D}$ этой поверхности в соответствии с уравнением (1).

Плотность мощности P_{nKP} теплового потока на входе в данный слой можно оценить, используя (1), по усредненному градиенту температуры в слое

$$P_{nKP} \approx k_n \frac{T_n - T_{n+1}}{d_n} \quad (7)$$

в момент времени, когда температура T_{n+1} входной поверхности последующего слоя станет равной T_{ϕ} ; для этого же момента времени определяется и T_n ; значение $(T_n - T_{n+1})$ указано выше и равно 828 К. В формуле (7) k_n и d_n – теплопроводность и толщина слоя с номером n соответственно.

Как показано на рис. 1 на примере воды и водяных паров, при нагревании слоя в широкой температурной области имеются три характерных температурных диапазона, отличающихся по значению теплоемкости вещества. Теплопроводность в этих диапазонах также различна, причем теплопроводности в докритической и с КС областях близки друг другу и существенно выше, чем в диапазоне выше критической. Последнее позволяет использовать для оценочного анализа многослойной структуры в диапазоне температур, включающем сверху область КС, уравнение (1). На рис. 1 этому соответствуют температуры менее 500°C ; усредненное значение теплопроводности в этом температурном диапазоне $k_2 \approx 0,5 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ [2]. Изменения температуры смежных с данным слоев при возникновении в нем критического состояния, что сопровождается отрицательным тепловым импульсом, можно рассчитывать с помощью уравнений (4) или (5) с учетом (7).

Результирующее изменение температуры на поверхности структуры вследствие облучения и с поправкой на поглощение тепла во внутреннем слое при переходе его в КС:

$$T_s(t)_{PEZ} = T(t, x=0) + T'_{KP}(t, D_z). \quad (8)$$

На рис. 2 показан график зависимости температуры внешней поверхности структуры от времени лазерного облучения при возникновении критического состояния во втором слое структуры.

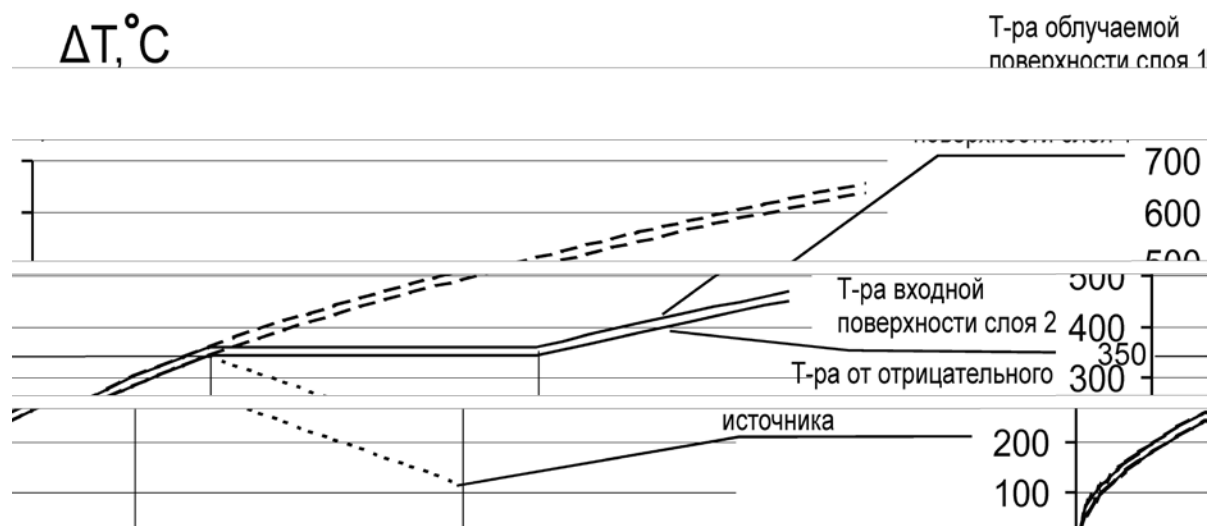


Рис. 2. Зависимость температуры внешней поверхности многослойной структуры от времени лазерного облучения при возникновении во внутреннем слое критического состояния

При плотности поглощенной мощности излучения $P_S = 0,6 \cdot 10^{11} \text{ Вт/м}^2$ в момент $t_{Ж} = 1,03 \text{ нс}$ достижения поверхностью слоя 2 температуры $T_{Ж} = 350^{\circ}\text{C}$

начала перехода в критическое состояние, температура поверхности перестает изменяться до момента $t = 2,36$ нс. В данном примере разница температур наружной поверхности структуры и поверхности слоя 2 невелика, и первая следует за изменениями второй. Ход кривых без учета наступления критического состояния показан пунктиром.

Фазовый переход

Рассмотрим случай, когда n -й слой нагревается до температуры, при которой он испытывает фазовый переход первого рода с поглощением тепла. При высоких давлениях и температуре среды, близких к критическим и их превышающих, для определения параметров применяют вириальное уравнение состояния реальных газов Камерлинг-Оннеса [2,6]:

$$\frac{p \cdot V_M}{RT} = 1 + \frac{B}{V_M} + \frac{C}{V_M^2} + \dots = 1 + L. \quad (9)$$

Здесь

$$L = \frac{B}{V_M} + \frac{C}{V_M^2} + \dots$$

Если можно обойтись только первым членом разложения, то используют приближение [2]:

$$L \approx \frac{Bp}{RT}.$$

Здесь $V_M = \frac{M}{\rho}$ – объем моля вещества, см³/моль; M – молярная масса; ρ – плотность среды (размерность B – в см³/моль; C – в см⁶/моль²).

Значения вириальных коэффициентов B и C зависят от температуры и для многих веществ табулированы [2].

Изменение температуры наружной поверхности слоистой структуры ($z_i = D_z$) вследствие возникновения фазового перехода, по аналогии с (5), можно представить в виде:

$$T'_\phi(t, D_z) = -\frac{\Delta T_n}{\Delta t_n} [t - t_\phi - 0,5\tau_z]; \quad t_\phi + \Delta t_\phi \geq t \geq t_\phi. \quad (10)$$

Длительность Δt_ϕ накопления тепла, необходимого для фазового перехода, приближенно найдем с помощью выражения:

$$\Delta t_\phi \approx \frac{L_\phi \rho_n d_n}{P_\phi S},$$

где L_ϕ – удельная теплота фазового перехода слоя, ρ_n – плотность слоя, испытывающего фазовый переход; $P_{\phi S}$ – плотность теплового потока в слое, определяемая, как в случае перехода в КС, по формуле (1) без учета перехода.

Результирующее изменение температуры на поверхности структуры вследствие облучения и с поправкой на поглощение тепла во внутреннем слое, испытывающем фазовый переход, находится по выражению (8), в котором $T'_{KP}(t, D_z)$ заменяется на $T'_\phi(t, D_z)$.

Определение величин термодформаций наружной поверхности локально облучаемой многослойной структуры. Рассматривается случай, когда размер облучаемого участка много больше толщин слоев структуры; распределение интенсивности излучения по облучаемому пятну равномерное; второй слой структуры выполнен из легкоиспаряющегося вещества.

По мере нагревания давление в слое может привести к деформации верхнего слоя структуры и увеличению объема V . При импульсном нагревании величина деформации ΔV ограничивается как упругими свойствами скрепляющих слоев элементов, так и механической инерцией соседних слоев.

Параметры слоев приведены в таблице. При локальном нагревании структуры произойдет «выпучивание» ее верхнего слоя, нагретый участок будет вести себя как мембрана, защемленная краями. Движение мембраны под действием давления в смежном втором слое определится, в основном, ее инерционными свойствами.

Величину давления определим по уравнению состояния (9):

$$p_0 = \frac{RT(1+L)\rho_2(T)}{M_2}. \quad (11)$$

Здесь в качестве T необходимо принимать температуру T_ϕ фазового перехода. Если вычисляется деформация для случая перехода слоя в критическое состояние, то проще использовать табличные значения температуры T_{KP} и давления $p_0 = p_{KP}$ при критическом состоянии. Так как температура слоя в промежутках времени Δt_ϕ и Δt_{KP} приблизительно постоянна, относительное изменение объема небольшое, то давление можно принять неизменным.

В соответствии со вторым законом Ньютона можно написать:

$$a = p_0 / (\rho_1 d_1), \quad (12)$$

где a – ускорение.

Величина выпучивания Δh за время Δt_{KP} действия давления определяется выражением:

$$\Delta h = a(\Delta t_{KP})^2 / 2. \quad (13)$$

Учитывая (11) и (12), для деформации за время Δt_{KP} получим выражение:

$$\Delta h = \frac{RT_2(1+L)\rho_2(T_2)(\Delta t_\phi)^2}{2M_2\rho_1d_1}.$$

Здесь T_2 – температура слоя с номером 2. В случае расчетов для критического состояния справедлива формула:

$$\Delta h_{KP} = \frac{p_0(\Delta t_{KP})^2}{2\rho_1d_1}. \quad (14)$$

Для расчетов деформации наружного слоя при лазерном нагревании структуры до температуры критического состояния второго слоя, в качестве материала которого используется вода, возьмем параметры: плотность поглощенной мощности излучения $0,6 \cdot 10^{11}$ Вт/м²; $T_{KP} = 371^0$; $p_0 = p_{KP} = 221 \cdot 10^5$ Па. Для вычисления значения Δt_{KP} производим следующее: находим по выражению (7), используя формулу (1), плотность мощности P_{nKP} теплового потока на входе в данный слой; затем графическим интегрированием по рис. 1 находим значение интеграла $\int_{T_{ж}}^{T_{ГАЗ}} C_{pKP}(T)dT$, вычисляем по формуле (6) $\Delta t_{KP} \approx 1,33$ нс.

Вычисление по формуле (14) дает значение $\Delta h \approx 40$ нм. Ускорение слоя оказывается равным $a \approx 4,5 \cdot 10^{10}$ м/с², возникающие силы по величине больше пределов прочности металлической пленки и должны вызывать в данном частном случае отрыв разогретой области пленки от остальной ее части, разрушение пленки.

В заключение можно сказать следующее:

- полученные аналитические выражения позволяют исследовать физические процессы в многослойной структуре на подложке, облучаемой потоком, модулированным по закону временной ступеньки, хотя и являются приближенными в связи с принятыми упрощениями задач;

- показано, что прохождение фронта тепловой волны через слои структуры, переходящие в критические состояния или испытывающие фазовые превращения, сопровождается при постоянном тепловом потоке немонотонным изменением температуры поверхности, определяемым теплофизическими параметрами слоев;

- возникающие при прохождении фронта волны через структуру термомеханические явления могут быть значительными при возникновении во внутренних слоях структуры критических состояний или фазовых переходов.

Полученные результаты могут оказаться востребованными при неразрушающем анализе многослойных структур, при создании оптико-механических преобразователей информации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чесноков, В.В. Термомеханические процессы, инициированные импульсным лазерным излучением в слоистых наноструктурах / В.В. Чесноков, Д.В. Чесноков, В.А. Райхерт // ГЕО-Сибирь-2010. Т. 5. Специализированное приборостроение, метрология, теплофизика, микротехника, нанотехнологии. Ч. 2: сб. матер. VI Междунар. научн. конгресса «ГЕО-Сибирь-2010», 19–29 апреля 2010 г., Новосибирск. – Новосибирск: СГГА, 2010. – 221 с.
2. Физические величины: справ. / под ред. И.С. Григорьева, Е.З. Мейлихова. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 1 232 с.
3. Справочник химика: в 3 т. Т. 1. – М.–Л., Химия, 1966. – 1 072 с.
4. Гува, А.Я. Краткий теплофизический справочник / А.Я. Гува. – Новосибирск: Сибвузиздат, 2002. – 300 с.
5. Камья, Ф.М. Импульсная теория теплопроводности / Ф.М. Камья; пер. с франц.; под ред. А.В. Лыкова. – М.: Энергия, 1972. – 272 с.
6. Ландау, Л.Д. Теоретическая физика: учеб. пособие для вузов: в 10 т. / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. – Т. V. Статистическая физика. Ч. 1. – М.: Физматлит, 2001. – 616 с.

Получено 21.04.2010

© В.В. Чесноков, Д.В. Чесноков, В.А. Райхерт, 2010

ГЕОИНФОРМАТИКА



УДК 528.7

К.А. Поздина, Е.А. Кобзева

ФГУП «Уралгеоинформ», Екатеринбург

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ КАК ЭФФЕКТИВНОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ МОНИТОРИНГА ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

Ключевым процессом в решении задач мониторинга городских территорий по космическим снимкам является их дешифрирование. Повысить оперативность дешифрирования позволяет автоматизация этого процесса. В случае снимков сверхвысокого разрешения городских территорий наибольшее применение находит объектно-ориентированная классификация, позволяющая анализировать не только яркостные характеристики объектов на снимке, но и их пространственные параметры (текстуру, форму, размер). Эффективность метода рассмотрена на примере космических снимков г. Екатеринбурга и ПО eCognition.

мониторинг, автоматизированное дешифрирование, алгоритм, космический снимок, классификация.

К.А. Pozdina, E.A. Kobzeva

Uralgeoinform, Ekaterinburg

AUTOMATED CLASSIFICATION AS AN EFFECTIVE SOLUTION FOR URBAN-AREA MONITORING APPLICATIONS

Interpretation of high-resolution images is the key process in urban-area monitoring applications. Automation of this procedure allows to raise the monitoring efficiency. In case of very high-resolution imagery, object-based classification algorithms are becoming more widely used due to their capabilities to analyze both spectral characteristics of the image objects and their spatial parameters (texture, shape, size). The efficiency of these algorithms is exemplified with the satellite images of Ekaterinburg using eCognition software.

monitoring, automated decoding, algorithm, space photo, classification.

Мониторинг городских территорий – неотъемлемая часть системы контроля и наблюдения за развитием мегаполиса. В настоящее время информационные свойства снимков сверхвысокого разрешения позволяют эффективно использовать их при решении задач мониторинга. Ключевым процессом таких задач является дешифрирование космических снимков, ключевым фактором – его оперативность.

Автоматизированное дешифрирование уже зарекомендовало себя при анализе снимков среднего разрешения, тем не менее, достоверность дешифрирования снимков сверхвысокого разрешения, в особенности изображений городской инфраструктуры, алгоритмами классификации с обучением невелика.

Более надежные результаты дает метод объектно-ориентированной классификации, который позволяет анализировать не только яркостные характеристики объектов на снимке, но и их пространственные параметры (текстуру, форму, размер и т. д.).

Алгоритмы объектно-ориентированной классификации реализованы во многих программных продуктах (ENVI, eCognition, ERDAS Imagine и т. д.)

Результаты, полученные в ENVI, представлены в [3], поэтому в настоящей статье рассмотрены только результаты, полученные с помощью eCognition – лидирующего программного обеспечения в области объектно-ориентированной классификации [4–8].

Экспериментальная работа проводилась по космическим снимкам Ikonos г. Екатеринбурга.

Процесс объектно-ориентированной классификации состоит из следующих этапов:

- 1) сегментация изображения;
- 2) классификация изображения по спектральным и текстурным признакам с заданием правил, обучением системы.

Под *сегментацией* подразумевается разбиение изображения на совокупность непересекающихся связных областей, являющихся изображениями некоторых объектов или их частей [2].

Задачи сегментации делятся на две группы:

- разбиение изображения на однородные области (не имеется никакой априорной информации об изображенных объектах, на разбиение накладываются условия, например, все области должны быть однородны по цвету и текстуре);
- выделение областей изображения с известными свойствами (например, известны цвет, форма, или интересующие нас области представляют собой изображения известного объекта).

В нашей работе мы использовали первый вариант сегментации, что позволило получить представление изображения в более удобном для дальнейшей работы виде и перейти к этапу классификации.

Реализованная в ПО eCognition технология объектно-ориентированной классификации помимо анализа основных дешифровочных признаков позволяет учитывать пространственный контекст объектов, представления людей об их характеристиках (о протяженности здания или их прямоугольной форме, сильной текстурированности деревьев в сравнении с травой и т. д.).

Также важной является возможность управления параметрами классификации, формирование правил анализа изображений экспертом в области дешифрирования.

В качестве классов исследования выбраны следующие группы объектов:

- водные поверхности;
- растительность;
- отдельно стоящие здания и сооружения.

Результаты классификации гидрографии и растительности описаны в [1, 3]. При классификации отдельно стоящих зданий и сооружений влияние спектральных характеристик вследствие их разнообразия не столь важно, как в случае классификации растительности или гидрографии. Более существенным является параметр формы объектов, влияние которого устанавливается на начальном этапе сегментации.

Для наилучших результатов классификации мы задаем *параметры*, свойственные характеристикам строений с точки зрения логики человеческого восприятия.

1. Строения не могут иметь длину в сотни метров.
2. Площадь строений не может быть сравнима с площадью, например, футбольного поля.
3. Строения в большинстве случаев имеют прямоугольную форму.
4. Важным является наличие теней возле каждого объекта.
5. Важную роль играют параметры симметрии, плотности, длины границы объектов.

На рисунке представлены результаты объектно-ориентированной классификации застроенных территорий.

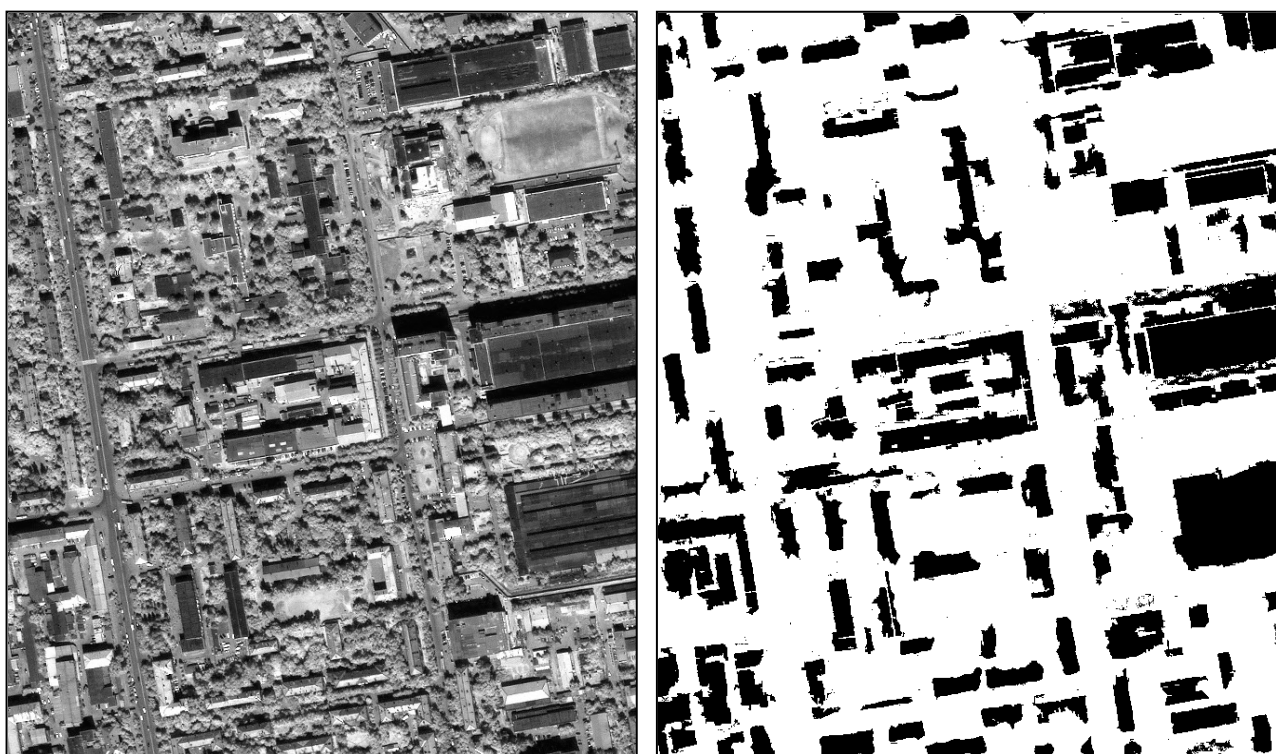


Рис. Фрагмент космического снимка Ikonos (слева) и результат работы алгоритма объектно-ориентированной классификации строений (справа)

Достоверность такой классификации составила 84,3 %, что сравнимо с точностью, полученной в [6], и превышает тонность, полученную в [4]. Безусловно, из рисунка видно, что с помощью такой классификации мы можем лишь обозначить местоположение строения, но не можем точно отрисовать его контур. Приведение таких результатов в законченный вид требует значительной ручной доработки.

При мониторинге территорий основной задачей является обнаружение изменений, поэтому в рамках экспериментальной работы также рассмотрена возможность непосредственного анализа разновременных снимков с помощью алгоритма Change Detection. Суть нашего подхода – выявить участки, где изменилось состояние растительности, т. е. растительности стало меньше или не стало совсем. Обоснованием такого метода применительно к объектам городских территорий является то, что, как правило, в местах исчезновения растительности появляются новые постройки и наоборот. Важным фактором является корреляция характеристик исходных снимков (времени года, угла наклона и т. д.), в особенности соответствие состояния вегетации у растительности.

Для количественной оценки результатов работы метода автоматизированного выявления изменений была произведена ручная векторизация экспериментального участка снимка и выделение изменений, произошедших за 4 года.

С помощью описанного алгоритма было обнаружено 67 областей возможных изменений, из которых 46 было обнаружено верно и 21 ложно (площадки строительства, стоянки, насыпи песка и т. д.). Кроме того, алгоритм не заметил 17 существующих изменений (см. таблицу).

Таблица

Результаты работы метода автоматизированного выявления изменений

Количество обнаруженных объектов, всего		67
В том числе	правильное обнаружение	46
	ложное обнаружение	21
Количество пропущенных объектов, всего		17

Таким образом, достоверность работы алгоритма Change Detection составила 68,6 %.

Из анализа результатов проведенных экспериментальных работ можно сделать следующие выводы.

Несмотря на хороший результат выделения строений (84 %), алгоритмы объектно-ориентированной классификации не гарантируют получения четких контуров объектов, требуется визуальный анализ ситуации с последующей ручной векторизацией. Тем не менее, автоматизированные алгоритмы подходят для определения зон ежегодных и ежеквартальных изменений объектов город-

ской инфраструктуры, для оценки необходимости проведения обновления пространственных баз данных той или иной территории.

Автоматизированная классификация является перспективным направлением в области дешифрирования космических снимков и решения задач мониторинга городских территорий, но на сегодняшний день для применения в производственной деятельности необходимо совершенствование технологии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Виноградова, Н.С. Выделение растительности и объектов гидрографии по снимкам городских территорий сверхвысокого разрешения [Текст] / Н.С. Виноградова, Е.А. Кобзева // Пространственные данные. – 2009. – № 4. – С. 42–46.
2. Грибков, И.В. Исследование методов сегментации изображений [Текст] / И.В. Грибков, А.В. Захаров и др. // Программные продукты и системы. – 2008. – № 4.
3. Кобзева, Е.А. Автоматизация дешифрирования спутниковых снимков: опыт и проблемы [Текст] / Е.А. Кобзева, К.А. Поздина // Геодезия и картография. – 2008. – № 6. – С. 40–44.
4. Birgit Mittelberg. Pixel vs. Object: A method comparison for analyzing urban areas with VHR data [Текст] // eCognition Application note Vol. 3 No. 3.
5. Impervious Surface Mapping with High Resolution Satellite Imagery [Электронный ресурс] // University of Arkansas, The Center for Advanced Spatial Technologies. // URL: <http://www.cast.uark.edu/>
6. M. Herold, S. Guenther, and K.C. Clarke, Mapping Urban Areas in the Santa Barbara South Coast Using Ikonos Data and eCognition [Текст] // eCognition Object Oriented Image Analysis: Application Note, Mar. 2003, vol. 4, No. 1, Definiens Imaging GmbH, Germany.
7. Peter Hofmann. Detecting buildings and roads from IKONOS and DEM data with Definiens eCognition [Электронный ресурс] // URL: <http://www.definiens.com>
8. Siachalou S., Doxani G., Tsakiri-Strati M. Classification Enhancement in Urban Areas [Текст] // 1st EARSeL Workshop of the SIG Urban Remote Sensing, Humboldt-Universitat, Berlin, 2-3 March 2006.

Получено 14.05.2010

© К.А. Поздина, Е.А. Кобзева, 2010

УДК 528.91:614.8(470.54)

С.В. Серебряков, В.В. Гусев, Ю.Д. Зраенко

ФГУП «Уралгеоинформ», Екатеринбург

ОПЫТ СОЗДАНИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ В СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

В статье рассматривается опыт создания геоинформационной системы управления рисками чрезвычайных ситуаций и ее применение для прогноза последствий ЧС и оценки уровня риска для населения (территорий).

чрезвычайная ситуация, прогнозирование, геоинформационная система, риск.

S.V. Serebryakov, V.V. Gusev, Yu.D. Zraenko

Uralgeoinform, Ekaterinburg

EXPERIENCE OF CREATING THE GEOINFORMATION SYSTEM FOR EMERGENCY MANAGEMENT IN SVERDLOVSK REGION

The article examines the experience of developing a geoinformation system for emergency management as well as its application in predicting damages and evaluating risks for population (territories).

emergency, prediction,(forecast), geoinformation system, risk.

Проблемы безопасности, оценки риска и защиты от опасностей сопровождали человечество со времени его появления. Ежегодно на территории нашей страны происходят сотни чрезвычайных ситуаций (ЧС), только 2009 г. в Российской Федерации произошло 424 ЧС, в том числе 270 техногенного, 133 природного и 21 биолого-социального характера. В результате произошедших чрезвычайных ситуаций погибло 734 человека и пострадало 2 428 человек. На ликвидацию последствий ЧС было выделено 3,2 млрд. руб., привлекалось около 2 млн. человек и 600 тыс. единиц техники [1].

Эти факты подтверждают необходимость прогнозирования возможных чрезвычайных происшествий.

Решение задач прогноза ЧС и оценки уровня риска от ЧС для населения и территорий требует обработки больших массивов разнообразной информации, при этом специалисту довольно трудно вручную обработать эти данные, также возникают трудности с самими методиками: специалисту МЧС попросту некогда разбираться в сложных математических формулах, а потом кропотливо подставлять цифры и производить расчеты. К тому же ручной счет не позволяет оперативно получать необходимые прогнозы.

По этим причинам разработка и внедрение автоматизированных способов работы с этой информацией является неременным условием информационно-аналитического обеспечения управления рисками чрезвычайных ситуаций. Для мониторинга и прогнозирования ЧС, оценки аварий, катастроф и стихийных

бедствий невозможно обойтись без использования геоинформационных технологий. Средства моделирования, интегрированные в ГИС-пакеты, позволяют оперативно прогнозировать развитие ситуации с учетом пространственных данных и обеспечивать управление риском возможных ЧС, а цифровая тематическая карта является удобным средством визуализации расчетных и статистических данных и служит неотъемлемой составляющей при принятии управленческих решений. Основным преимуществом оценки риска с применением ГИС-технологий является автоматизация наиболее трудоемких этапов решения и наглядное представление зон уровней риска.

Территориальный центр мониторинга ГУ ГО и ЧС Свердловской области также столкнулся с этими проблемами, в связи с чем в ФГУП «Уралгеоинформ» была разработана геоинформационная система управления рисками ЧС Свердловской области. Данная система служит для накопления информации об источниках чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, паспортизации опасных объектов, решения расчетно-аналитических задач по прогнозированию последствий чрезвычайных ситуаций.

Система состоит из следующих компонентов:

- цифровая картографическая основа;
- прикладное программное обеспечение для прогноза последствий ЧС;
- базы данных.

Для решения расчетных задач и визуализации результатов в геоинформационной системе ГО и ЧС Свердловской области были использованы цифровые топографические карты следующих масштабов: 1 : 200 000 и 1 : 10 000 – 1 : 25 000.

В масштабе 1 : 200 000 создана обзорная карта на Свердловскую область. На обзорной карте, помимо общетопографических, нанесены специфические тематические слои: «перевозка опасных грузов», «экологический мониторинг», «зоны сейсмической опасности», «сеть наблюдения и лабораторного контроля», «радиоэкологическая обстановка», «паводкоопасные направления», «очаги природных пожаров», «местное самоуправление». Помимо общего представления о территории карта применяется для решения задач мониторинга и прогноза ЧС.

Также в картографическую базу включены планы муниципальных образований Свердловской области масштаба 1 : 10 000 – 1 : 25 000. Планы используются для нанесения потенциально опасных объектов, нанесения зон поражения при ЧС – реальных или рассчитанных, выполнения пространственных запросов с целью определения ущерба при ЧС – возможных потерь населения, жилого фонда и т. п. Планы используются также для подготовки отчетов и изготовления (печати) твердых копий для групп ликвидации ЧС.

Программный комплекс прогноза последствий ЧС состоит из следующих элементов.

1. Программа расчета выбросов вредных веществ в атмосферу при свободном горении нефти и нефтепродуктов.

2. Программа оценки последствий аварий на пожаровзрывоопасных объектах.
3. Программа оценки последствий ураганов.
4. Программа оценки последствий лесных пожаров.
5. Программа оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей.
6. Программа прогнозирования масштабов заражения сильнодействующими ядовитыми веществами при авариях на химически опасных объектах и транспорте.
7. Программа оценки последствий химических аварий «ТОКСИ».
8. Программа расчета рисков на потенциально опасных объектах.
9. Программа построения карт комплексного индивидуального риска.
10. Программа визуализации маршрута подвижного средства.
11. Программа расчета зон затопления.

В зависимости от вида возможной ЧС выбирается соответствующая программа. Пользователь вводит начальные данные и указывает место аварии или возникновения опасного природного явления на карте, после чего программа рассчитывает зоны действия поражающих факторов, количество погибших, пострадавших и количество населения, у которого возможны нарушения условия жизнедеятельности. Рассчитанные зоны поражения отображаются на карте, их параметры сохраняются в базе данных. Программы оценки последствий ЧС выполнены согласно утвержденной нормативной документации.

Прогноз зон затопления при паводках и наводнениях с использованием цифровых карт осуществляется с помощью программы, разработанной ФГУП «Уралгеоинформ». Моделирование паводкоопасной ситуации (рис. 1) заключается в построении пересечения поверхности рельефа с зеркалом поднявшейся воды. Исходными данными для построения модели рельефа служат объекты цифровой карты, имеющие в атрибутах характеристику «высота абсолютная»: горизонтали рельефа, отметки высот, пункты ГГС, отметки урезов воды, береговые линии озер и др. Плоскость, описывающая зеркало поднявшейся воды, задается по данным наблюдений на гидропостах.

По данным Главного Управления по делам ГО и ЧС Свердловской области, точность прогнозов зон затопления, даже при использовании среднемасштабных карт составила ~ 90 %.

Эта же программа реализует методику расчета зон затопления (рис. 2) при катастрофических разрушениях гидротехнических сооружений.

Программа определения маршрутов следования позволяет построить граф по любым линейным объектам (дорожная сеть, коммуникации и пр.), отображенным на цифровой карте, и при указании начальной и конечной точек маршрута высветить маршрут на карте. При удалении одного звена маршрута программа выбирает новый маршрут. Программа может использоваться и для прогноза последствий ЧС на теплосетях, линиях электропередач, трубопроводах.

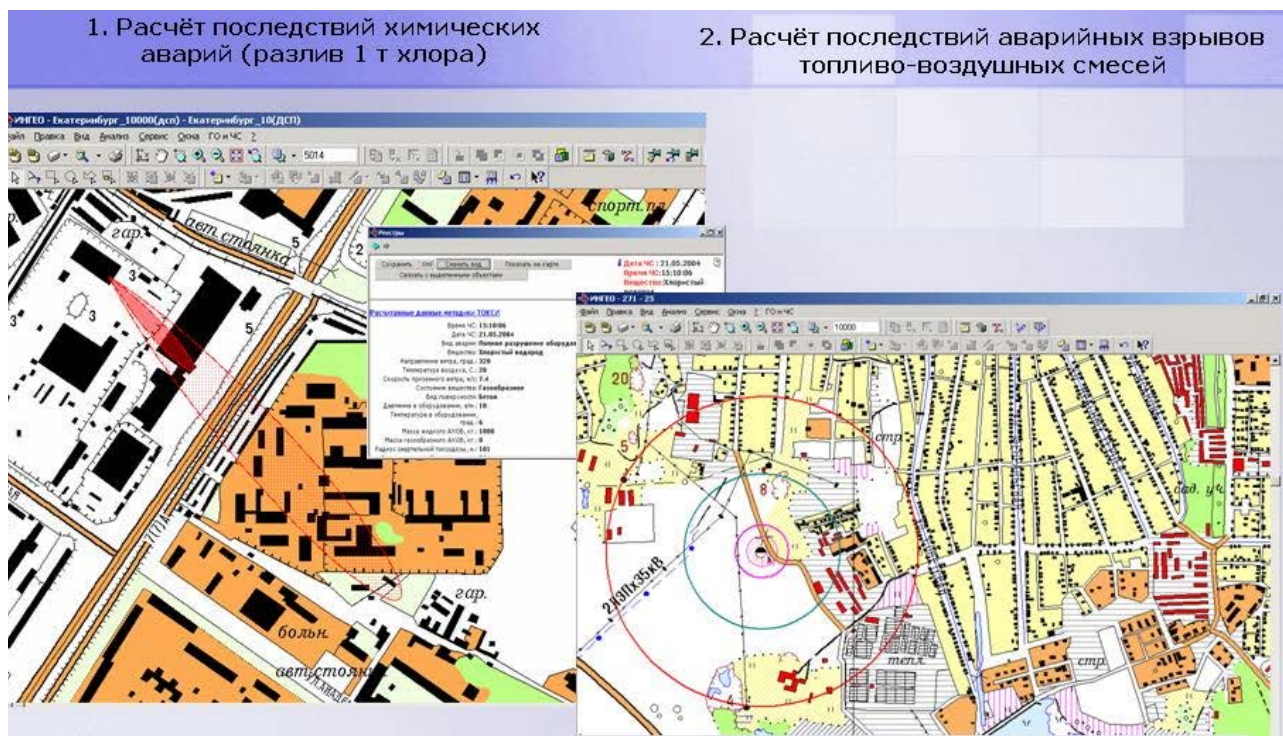


Рис. 1. Пример моделирования: прогноз последствия техногенных аварий

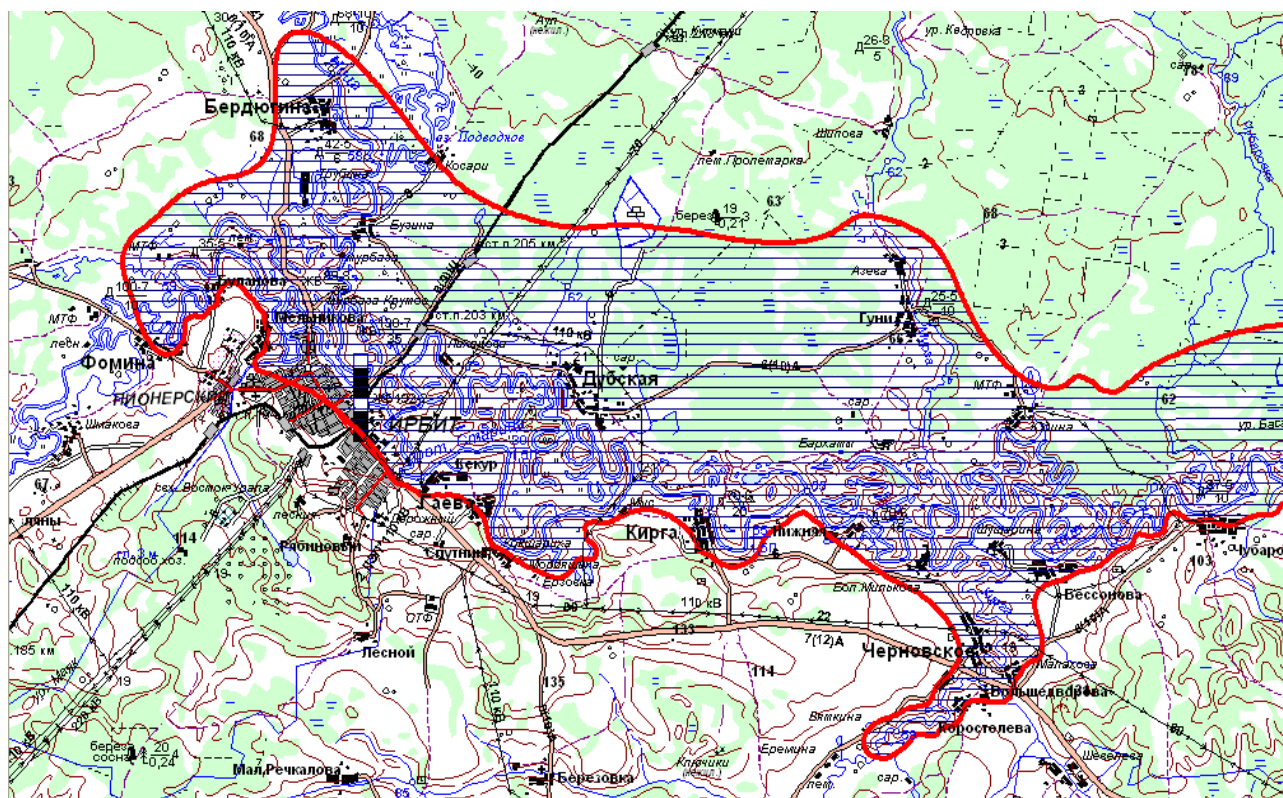


Рис. 2. Прогноз зоны затопления на участке р. Ница с использованием карты масштаба 1 : 200 000

Для хранения информации об опасных объектах создана база данных «Реестр потенциально опасных объектов». Данная база позволяет накапливать сведения о промышленных предприятиях области. Реестр представляет собой набор таблиц, спроектированных согласно структуре типового паспорта безопасности потенциально опасного объекта. При работе с базой данных пользователь имеет возможность вносить (редактировать) данные об организациях, имеющих потенциально опасные объекты, данные о потенциально опасных объектах, делать выборки по отдельным параметрам и набору параметров, экспортировать данные в офисные программы Word, Excel. Также имеется возможность автоматической генерации паспорта безопасности опасного объекта в формате Word. Записи в базе данных возможно связывать с объектами, вынесенными на цифровую карту.

Внедрение паспортов безопасности объектов и территорий с середины 2005 г. в практику работы территориальных органов ГО и ЧС вызвало потребность разработки программного обеспечения, автоматизирующего процесс оценки рисков.

Расчет рисков является ключевым и наиболее трудоемким этапом процедуры оценки риска. Для автоматизации этой процедуры разработан модуль для расчета рисков на потенциально опасных объектах и модуль расчета комплексного индивидуального риска. С помощью этих модулей пользователь может рассчитать показатели риска для территории и построить диаграммы социального (F/N) и материального (F/G) риска.

С помощью модуля расчета комплексного индивидуального риска можно рассчитать показатель комплексного индивидуального риска для территории и построить карту комплексного риска (рис. 3). Данный вид карт необходим при оформлении паспортов безопасности для муниципальных образований и субъектов Федерации. В связи с отсутствием руководящих документов, регламентирующих работы по проведению расчета комплексного индивидуального риска, сотрудниками ФГУП «Уралгеоинформ» совместно со специалистами центра мониторинга ГУ ГО и ЧС Свердловской области была разработана собственная методика, заложенная в основу работы модуля. Для корректной работы модуля необходимо подготовить слой, содержащий зоны действия поражающих факторов с известными показателями индивидуального риска для населения. В результате работы модуля получается слой изолиний уровня риска для территории и вычисляется численное значение показателя комплексного индивидуального риска (этот показатель является целью разработки паспорта безопасности территории).

Геоинформационная система управления рисками ЧС в настоящее время применяется в повседневной деятельности специалистами Территориального центра мониторинга Свердловской области.

Система может быть адаптирована для использования в любом территориальном центре мониторинга, решающем задачи обеспечения безопасности жизнедеятельности населения и территорий, а также может использоваться в штабах ГО и ЧС муниципальных образований. Поскольку система является открытой, то может расширяться для подключения новых задач по требованию пользователей.

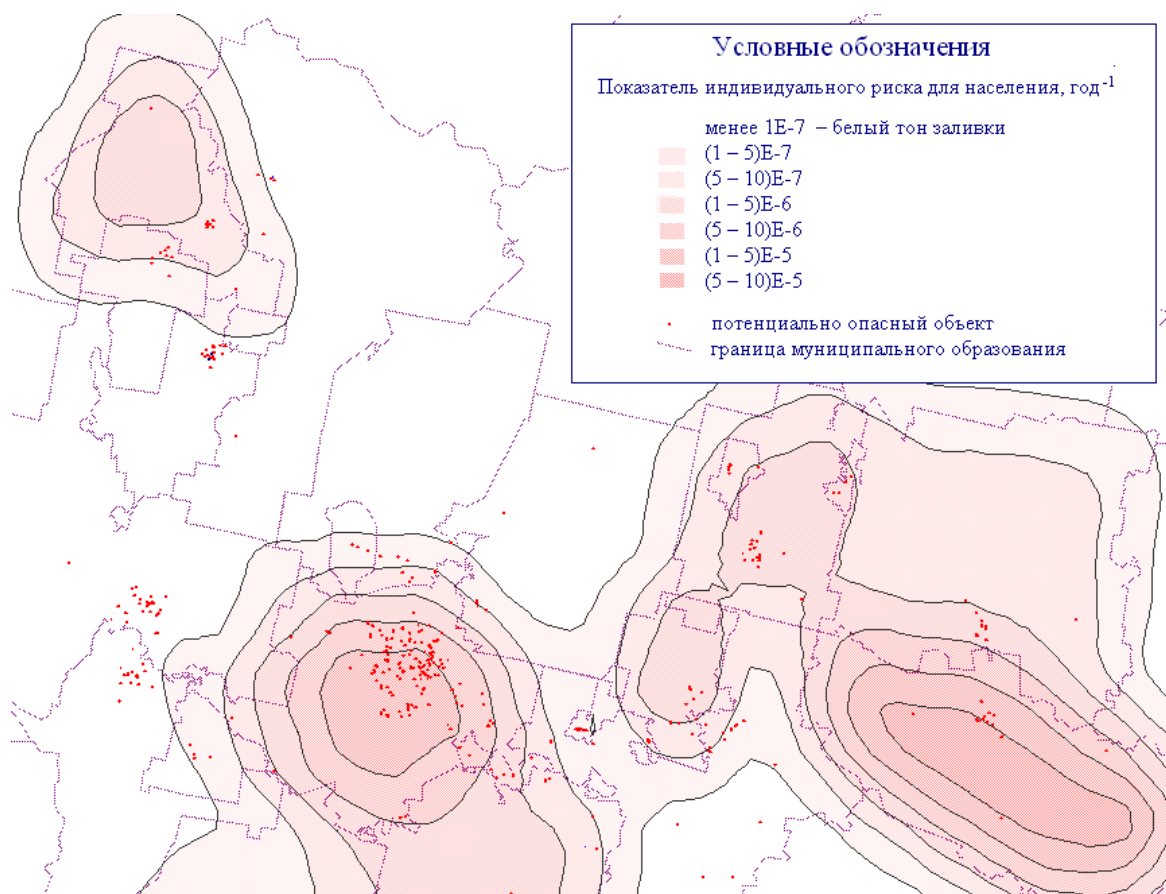


Рис. 3. Фрагмент карты комплексного индивидуального риска

С целью обеспечения оперативного межведомственного взаимодействия для предупреждения ЧС и информирования населения о рисках ЧС специалистами «Уралгеоинформ» разрабатывается технология публикации данных на портале www.geourfo.ru.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Официальный сайт МЧС России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.mchs.gov.ru.
2. Акимов, А.А. Природные и техногенные чрезвычайные ситуации: опасности, угрозы, риски [Текст]: монография / А.А. Акимов, Д.В. Новиков и др. – М.: ЗАО ФИД «Деловой экспресс», 2001. – 345 с.
3. Гусев, В.В. Технический отчет по разработке и созданию 2 очереди ГИС «Информационно-аналитическая система управления рисками чрезвычайных ситуаций Свердловской области» [Текст] / В.В. Гусев, Ю.Д. Баженова // Екатеринбург: ФГУП «Уралгеоинформ», 2006. – 97 с.

Получено 26.05.2010

© С.В. Серебряков, В.В. Гусев, Ю.Д. Зраенко, 2010

КАРТОГРАФИЯ



УДК 528.7

О.Н. Николаева

СГГА, Новосибирск

БИОГЕОГРАФИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ДЛЯ СОХРАНЕНИЯ И РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

В статье излагается опыт, накопленный современным биогеографическим картографированием. Рассматриваются перспективы развития биогеографического картографирования в СГГА.

биологическое разнообразие (биоразнообразие), биогеографические карты, биологический вид, экосистема.

O.N. Nikolayeva

SSGA, Novosibirsk

BIOGEOGRAPHIC MAPPING: RECENT STATE AND RANGE OF APPLICATION FOR PRESERVING AND CONSERVATION BIOLOGICAL RESOURCES

In the article it is revealed the experience, accumulated by modern biogeographical mapping. The prospects of biogeographical mapping in SSGA are considered.

biodiversity, biogeographic maps, biological species, ecosystem.

В настоящее время воздействие человека на окружающую среду давно вышло за пределы урбанизированных территорий. Различные загрязняющие вещества встречаются в воздухе и почве не преобразованных человеком территорий, удаленных на огромные расстояния от промышленных центров; постоянно растет количество «очагов» вторжения человека в нетронутую природу за счет прироста деревообрабатывающей, нефтедобывающей и других отраслей промышленности. В сложившихся условиях становится очевидной необходимость контроля современного состояния биосферы повсеместно, а не только в зонах антропогенного воздействия. Одним из важных параметров, позволяющих оценить состояние и нарушенность экосистем, является оценка биологического разнообразия (биоразнообразия).

Согласно «Конвенции о биологическом разнообразии», биоразнообразие означает все многообразие живых организмов, включая сухопутные, морские и другие водные экосистемы, и составляющие их экологические комплексы; разнообразие внутри видов, между видами и экосистемами [1]. Понятие биоразнообразия является весьма широким и включает в себя разнообразие мест обитания живых организмов (различные вариации ландшафтов и экосистем), разнообразие самих видов живых организмов (животные, растения, микроорганизмы, грибы и пр.), генетическое разнообразие (разнообразие генов и аллелей в пределах отдельного вида организмов). Таким образом, биоразнообразие является одним из ключевых понятий для решения задач мониторинга и охраны окружающей среды, так как в широком смысле слова оно подразумевает под собой разнообразие жизни на Земле во всех ее проявлениях. В соответствии с этим, уменьшение биоразнообразия – тревожный симптом, свидетельствующий о нарастающем деструктивном влиянии антропогенной деятельности на местную экосистему. И не важно, в чем конкретно проявляется уменьшение биоразнообразия: в сокращении числа видов, обитающих на данной местности, в сокращении мест обитания, пригодных для существования конкретного вида, или же в ухудшении качества генофонда, – в любом случае уменьшение биоразнообразия неизбежно сказывается на здоровье экосистемы и человеческого населения, обитающего в ее пределах.

Поэтому изучение биоразнообразия и совершенствование методов его сохранения и оценки сейчас становится актуальной задачей, находящейся в сфере ведения многих смежных наук: биологии, географии, экологии, информатики, теории систем, математической статистики, дистанционного зондирования и пр. И в последние годы в этом ряду дисциплин все более значительное место занимают картография и ГИС.

В настоящее время активно формируется новая отрасль тематического картографирования – биогеографическое картографирование. Как отмечает Ю.С. Равкин [2], из всех способов представления информации о биоразнообразии наиболее удобным зачастую являются именно карты, так как они позволяют наглядно отобразить очертания и размеры ареалов, занимаемых различными видами, а также отображают пространственную динамику видового состава по мере изменения географической широты, высотной поясности или приближения к промышленным областям.

Биогеографические карты весьма различны по своей тематике. В настоящее время к ним относят как некоторые группы тематических карт природы (зоогеографические, геоботанические, флористические и пр.), так и карты, отображающие узкоспециальные понятия и параметры биогеографии (карты экологического разнообразия, карты видового разнообразия организмов и пр.) [3]; назначением таких карт является либо инвентаризация обитающих на данной территории биологических видов, либо оценка богатства видов на данной территории и отображение взаимосвязей между ними.

Как и любой другой вид карт, биогеографические карты в зависимости от уровня исследований могут быть составлены в мелком, среднем и крупном масштабе. При этом к выбору единицы картографирования могут применяться следующие два подхода.

При первом подходе единицей картографирования является отдельный биологический вид [3]. Этот подход позволяет оценить и отобразить на карте видовое богатство данной территории, то есть тот спектр видов растений или животных, которые эту территорию населяют. При этом фиксируют границы ареалов, населенных различными видами, оценивают генетическое разнообразие среди особей отдельного вида. В качестве объекта исследования может выбираться как вид, наиболее типичный для данного региона, так и эндемичный вид. Особый интерес для оценки биоразнообразия представляют культурные виды, целенаправленно созданные человеком путем селекции [4], так как информация о них позволяет оценить антропогенную преобразованность данного биогеоценоза.

Результатом таких исследований является количество различных видов растений или животных в пересчете на единицу площади (картографируется способом ареалов), а также различные индексы, оценивающие видовое разнообразие региона (картографируются способом изолиний).

При втором подходе оценивается и картографируется разнообразие сочетаний видов растений и животных, обитающих на данной территории. Единицей картографирования при этом являются различные подразделения ландшафтной структуры территории: от урочищ, фаций и ландшафтов до экосистем.

В целом процесс оценки и картографирования биоразнообразия является достаточно сложным, так как при этом необходимо изучить и учесть закономерности, связанные как с растительным, так и с животным миром данного региона, а также принять во внимание ландшафтообразующие параметры окружающей среды (влажность, состав почв, особенности рельефа и пр.). Все это делает необходимым использование комплексного подхода в биогеографических исследованиях. Применительно к биогеографическому картографированию комплексный подход подразумевает прежде всего создание не отдельной карты на данную территорию, но цельного картографического произведения (комплексного атласа или серии карт [3]), отображающего самые разнообразные параметры и показатели состояния местной флоры и фауны. Примером такого произведения является «Атлас биологического разнообразия лесов Европейской России и сопредельных стран», первый атлас по биоразнообразию, изданный Всемирным союзом охраны природы в 1996 г. Он содержит более 130 мелкомасштабных карт, всесторонне характеризующих современный уровень биоразнообразия лесов, динамику этого разнообразия, количественные и качественные показатели богатства видов, антропогенное влияние на лесные экосистемы, различные аспекты охраны лесов и ведения лесного хозяйства.

Другим примером использования комплексного подхода в биогеографическом картографировании можно считать веб-атлас «Окружающая среда и здо-

ровье населения России» [5]. В состав этого атласа входит раздел «Природные условия России», содержащий следующие карты:

- устойчивость природной среды (экосистем) в России;
- биологическое разнообразие в России, растительный и животный мир;
- редкие виды животных и растений в России;
- особо охраняемые природные территории (ООПТ);
- охрана животного и растительного мира в ООПТ.

Как видно из перечня, этот подраздел атласа также содержит весьма подробную информацию о состоянии природно-территориальных комплексов России. Однако в отличие от «Атласа биологического разнообразия лесов Европейской России и сопредельных стран», данный веб-атлас носит не столько академический, сколько общеобразовательный характер: он размещен в глобальной сети Интернет, благодаря чему его карты доступны для ознакомления и изучения не только узким специалистам, но и широкому кругу пользователей, обеспеченных качеством окружающей нас природной среды. Таким образом, веб-атлас является весомым вкладом в экологическое образование российской молодежи и пропаганду идей гармоничного взаимоотношения природы и человека.

Разумеется, применение современной компьютерной техники и ГИС-технологий облегчит доведение до потребителя конечных результатов исследований (как в случае с веб-атласом «Окружающая среда и здоровье населения России» и некоторыми другими подобными картографическими произведениями). Но главное назначение ГИС в биогеографическом картографировании – многократно расширить возможности анализа и сопоставления разнородной биогеографической информации. Использование геоинформационных методов способствует решению таких научных задач, как выявление пространственной и временной динамики биоразнообразия, расчет синтетических показателей биоразнообразия, создание цифровых биогеографических карт различной тематики с помощью математического и картографического моделирования на основе статистических данных и материалов дистанционного зондирования.

В настоящее время внедрение ГИС-технологий в биогеографическое картографирование пока что ограничивается созданием баз данных, что способствует ревизии и мобилизации информационных ресурсов [3]. Также имеются примеры разработок ГИС биокартографического назначения. В большинстве своем подобные ГИС ориентированы на мониторинг биоразнообразия; в качестве примеров можно привести ГИС «Мониторинг биоразнообразия лесов» [6], разрабатываемую в Центре по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН (руководитель – А.С. Исаев), или ГИС «Биоразнообразие и биоресурсы Севера Дальнего Востока России» [7] (разрабатывается в Институте биологических проблем Севера ДВО РАН, Магадан, руководитель – А.Н. Полежаев).

Биогеографические карты имеют большое значение для современной науки и общества, а возможности их практического применения весьма многогранны.

Во-первых, биогеографические карты являются важным научно-справочным пособием для ученых-биологов, зоологов, географов и пр. Наглядное отобра-

жение на этих картах результатов уже проведенных исследований позволяет систематизировать накопленную информацию, выявить закономерности пространственно-временной организации растительного или животного мира, установить основные тенденции изменения природно-территориальных комплексов и, в конечном счете, спланировать дальнейшее направление научных работ.

Во-вторых, биогеографические карты являются частью картографического обеспечения практических мероприятий по охране природы и сохранению природных экосистем, исторически сформировавшихся на данной территории. Информированность о характере и тенденциях отрицательных изменений в экосистемах позволяет нам установить причины этих изменений (зачастую связанные с хозяйственным воздействием человека) и принять соответствующие меры по снижению антропогенного давления на местную окружающую среду.

В-третьих, биогеографические карты, при надлежащей обработке их тематического содержания, легенд и оформления, могут использоваться для решения различных задач, связанных с экологическим просвещением и воспитанием подрастающего поколения в духе бережного отношения к окружающей среде. Выше уже приводился пример веб-атласа «Окружающая среда и здоровье населения России», доступного для обозрения широким слоям населения и прежде всего – школьникам и студентам. Однако круг учебной картографической продукции, раскрывающей тематику биоразнообразия, гораздо шире: это учебные карты биоразнообразия, издаваемые как отдельные произведения или входящие в состав учебных атласов по природоведению и краеведению, издаваемых для средней школы. Такие карты способствуют не только ознакомлению учащихся с природными богатствами родного края, но и развитию у них навыков заботы о сохранении и приумножении природных богатств их малой родины. Естественно, содержание и формулировки легенд подобных карт должны быть адаптированы к уровню подготовки учащихся и отвечать учебной программе.

И, наконец, еще один важный аспект применения биогеографических карт – это использование их для оценки экономического и экологического ущерба, наносимого человеком биосфере. Примером такой оценки является опыт проведения расчетов ущерба и сумм компенсации при экологической экспертизе проектов Катунской и Туруханской ГЭС и обустройстве ряда нефтегазовых комплексов Западной Сибири, описанный в монографии Ю.С. Равкина и С.Г. Ливанова [8]. Особая же ценность биогеографических исследований заключается в том, что они позволяют не только оценить вред, причиненный местным экосистемам промышленной деятельностью человека, но и выявить тот ущерб, который наносят местным ландшафтам флоре и фауне – вторжение чужеродных биологических видов (сорняков, вредителей или видов-конкурентов, активно вытесняющих местные промысловые виды живых организмов).

Современная биогеография – активно развивающаяся наука, достижения которой используются при решении теоретических и практических задач, связанных с оценкой и оптимизацией использования биологических ресурсов, биологическим и экологическим мониторингом, разработкой мероприятий по охране природы. Российская биогеографическая школа начала формироваться

на базе МГУ им. Ломоносова. В настоящее время лаборатории биогеографии успешно функционируют во многих ведущих институтах России: Институт географии РАН (ИГ РАН) (г. Москва), Институт географии СО РАН им. Сочавы (г. Иркутск), Тихоокеанский институт географии ДВО РАН (г. Владивосток) и др. В картографировании биоразнообразия ведущую позицию занимает лаборатория биогеографического картографирования кафедры биогеографии географического факультета МГУ им. Ломоносова (руководитель – Г.Н. Огуреева). Исследования биоразнообразия на территории Западной Сибири успешно ведутся в лаборатории зоологического мониторинга Института систематики и экологии животных (руководитель – Ю.С. Равкин).

Однако, как отмечает Н.С. Касимов [5], выпускники профильных биологических и географических вузов зачастую имеют недостаточную подготовку в области тематического картографирования, что значительно сужает потенциал использования ими биогеографических карт для решения теоретических и прикладных задач. Решению этой проблемы может помочь научно-методическое сотрудничество с вузами, где картография является профилирующим предметом (МИИГАиК, СГГА). Творческая кооперация картографов с биологами, географами, зоологами и др. позволит систематизировать имеющиеся наработки в области биогеографического картографирования, усовершенствовать имеющиеся и разработать новые методы и приемы картографирования биологической и экологической информации, а также расширить применение ГИС-технологий и данных дистанционного зондирования при составлении биогеографических карт.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Convention on Biological Diversity (Конвенция о биологическом разнообразии) от 5 июня 1992 г., Рио-де-Жанейро, Бразилия [Текст] // Собрание законодательства Российской Федерации. – 6 мая 1996 г. – № 19. – Ст. 2254. – 18 с.
2. Равкин, Ю.С. Опыт картографирования населения животных [Текст] / Ю.С. Равкин, Е.С. Равкин // Известия АН. Сер. география, 2004. – № 1. – С. 88–97.
3. Огуреева, Г.Н. Картографирование биоразнообразия [Текст] / Г.Н. Огуреева, Т.В. Котова // География и мониторинг биоразнообразия. – М.: Изд-во НУМЦ, 2002. – Разд. IV. – С. 371–410.
4. География и мониторинг биоразнообразия: учеб. пособие [Текст] / под. ред. Н.С. Касимова. – М.: Изд-во Научного и учебно-методического центра, 2002. – 432 с.
5. Web-Атлас «Окружающая среда и здоровье населения России» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sci.aha.ru/ATL/ra00.htm>
6. ГИС-технологии в мониторинге биоразнообразия лесов [Электронный ресурс] // ArcReview. – Вып. 4 (39) 2006. – 2006. – Режим доступа: http://www.dataplus.ru/arcrev/Number_39/9_bio.html
7. Полежаев, А.Н. ГИС для мониторинга биоразнообразия и состояния биоресурсов [Электронный ресурс] / А.Н. Полежаев. – Режим доступа: <http://library.ikz.ru/geog-steller/materialy-iv-mezhdunarodnoi-nauchno-prakticheskoi/polezhaev-a.-n.-gis-dlya-monitoringa>
8. Равкин, Ю.С. Факторная зоогеография: принципы, методы и теоретические представления [Текст] / Ю.С. Равкин, С.Г. Ливанов. – Новосибирск: Наука, 2008. – 205 с.

Получено 28.04.2010

© О.Н. Николаева, 2010

УДК 428:389

В.Г. Колмогоров, А.В. Маноенков

СГГА, Новосибирск

К ВОПРОСУ О СОСТАВЛЕНИИ КАРТ ДЕФОРМАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Представлены методы составления карт скоростей изменения углов наклона и кривизны земной поверхности юга Западной Сибири.

современные движения земной поверхности, геокинематические параметры, горизонтальный градиент скорости СВДЗП.

V.G. Kolmogorov, A.V. Manoyenkov

SSGA, Novosibirsk

ON THE QUESTION OF THE EARTH'S SURFACE STATE OF STRAIN MAPPING

The techniques of angle change and the curvature of the Southern part of Western Siberia speed changing are given.

recent Earth's crust motion, geokinematic characteristics, horizontal velocity gradient.

Наиболее распространенным средством представления результатов повторных геодезических измерений являются карты современных движений и деформаций земной поверхности. Информация о вертикальных движениях представляется в виде скоростей современных вертикальных движений земной поверхности (СВДЗП) и градиентов скоростей (горизонтальных и вертикальных).

Геометрическое положение изобаз на карте скоростей СВДЗП содержит в себе информацию не только о темпе и направлении вертикальных перемещений точек земной поверхности, но и о ее наклонах и изгибах. Перемещаясь вертикально и наклоняясь, земная поверхность не деформируется. При изгибе же земной поверхности происходит смещение ее точек и по высоте, и по другим различным направлениям: изменяются превышения, углы между направлениями, удлиняются и укорачиваются линии. Задача интерпретатора состоит в том, чтобы все это наглядно отразить на картах и схемах.

В качестве меры скорости изменения наклона земной поверхности, как известно, применяется горизонтальный градиент скорости ее вертикальных движений, вычисляемый по формуле [1]:

$$|\text{grad}V_h| = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}, \quad (1)$$

где $V_x = \partial V(x, y)/\partial x$; $V_y = \partial V(x, y)/\partial y$ – первые производные скорости СВДЗП в плоскостях меридиана и первого вертикала соответственно. Направление

(азимут или дирекционный угол) вектора изменения наклона определяется соотношением

$$a = \arctg(V_y/V_x). \quad (2)$$

Размерность градиента выражается в единицах 10^{-6} год $^{-1}$, если V берется в мм/г, а x и y – в км; после умножения градиента на $\rho = 206\,265''$ скорость изменения наклона получается в угловой мере с размерностью с/г.

Под кривизной земной поверхности понимается величина, обратная радиусу кривизны R , вычисляемая по формуле дифференциальной геометрии

$$\left(\frac{1}{R}\right)^2 = \frac{2FM - FN - GL}{EG - F^2} \left(\frac{1}{R}\right) + \frac{LN - M^2}{EG - F^2} = 0, \quad (3)$$

где $E = 1 + V_x^2$, $F = V_x V_y$, $G = 1 + V_y^2$, $L = V_{xx}(EG - F^2)^{1/2}$, $M = V_{xy}(EG - F^2)^{1/2}$, $N = V_{yy}(EG - F^2)^{1/2}$ – гауссовы фундаментальные величины.

Поскольку скорости современных движений составляют не более нескольких см/г, то V_x^2 , V_y^2 , $V_x V_y$ не превышают значений 10^{-10} год $^{-1}$ и поэтому, пренебрегая ими по их малости, получим $E = 1$, $F = 0$, $G = 1$, $L = V_{xx}$, $M = V_{xy}$, $N = V_{yy}$. После решения уравнения (3) и некоторых преобразований получим значение главной кривизны:

$$\frac{1}{R_{1,2}} = 0,5(V_{xx} + V_{yy}) \pm \sqrt{0,25(V_{xx} + V_{yy})^2 - (V_{xx} V_{yy} - V_{xy}^2)}. \quad (4)$$

Размерность главной кривизны – 10^{-6} км $^{-1}$ год $^{-1}$, если V даны в мм/г, а x и y – в километрах.

Направление главной кривизны вычисляется по формуле

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{1}{V_{xy}} \left(\frac{1}{R_1} - V_{xx} \right) = \frac{V_{xy}}{\frac{1}{R_1} - V_{yy}}; \quad \alpha_2 = \alpha_1 \pm 90^\circ. \quad (5)$$

Для графического представления изгибовой деформации на плоскости в виде изолиний целесообразно брать сумму главных кривизн

$$k = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = V_{xx} + V_{yy}. \quad (6)$$

При $k > 0$ поверхность вогнута, т. е. центральная точка оказывается ниже периферийных; при $k < 0$ поверхность выпуклая. При $k = 0$ поверхность переходит в плоскость (горизонтальную или наклонную), в которой может меняться знак кривизны.

Картирование площадного распределения скоростей изменения наклонов земной поверхности можно выполнить двумя способами.

Первый способ – составление карт-схем горизонтальных градиентов в узловых точках нивелирной сети. Для выполнения подобных построений в каждой узловой точке вычисляется горизонтальный градиент скорости СВДЗП по направлениям пересекающихся в узловой точке нивелирных линий по формуле

$$i_{j,j+1} = i_x \cos \alpha_{j,j+1} + i_y \sin \alpha_{j,j+1}, \quad (7)$$

где i_x и i_y – компоненты горизонтального градиента скорости СВДЗП в плоскостях меридиана и первого вертикала соответственно; $i_{j,j+1} = |\text{grad}V|$; $\alpha_{j,j+1}$ – азимут нивелирной секции между j -м и $(j+1)$ -м реперами. При решении системы уравнений (7), число которых равно числу пересекающихся в узловой точке нивелирных секций, получают i_x и i_y , по которым легко находятся по формулам (1) и (2) скорость и направление изменения наклона земной поверхности в окрестности выбранной узловой точки.

На рис. 1 представлена схема скоростей изменения наклонов земной поверхности южной части Западно-Сибирской плиты (ЗСП), построенная первым способом. Векторы скоростей изменения наклона локальных структур направлены в сторону унаследованных впадин Западной Сибири (Купинский, Иртышский и Кузнецкий прогибы, Кулундинская, Назаровская, Минусинская впадины и др.); в региональном плане намечается тенденция перекоса ЗСП к востоку, в сторону Енисейской складчатости. Возможно, это является результатом раздвигания в зоне Колтогорско-Уренгойского грабен-рифта и поднятия Уват-Ханты-Мансийского кристаллического массива.

Второй способ – составление карт горизонтальных градиентов в изолиниях с использованием в качестве исходной информации карты скоростей СВДЗП и формул (1)–(6). Вычисление горизонтальных градиентов скорости СВДЗП и скоростей изменения кривизны земной поверхности выполнялось методом «скользящего окна» по карте скоростей СВДЗП, построенной на южную часть Западной Сибири [2].

На рис. 2 изображена карта горизонтальных градиентов скоростей современных вертикальных движений юга Западной Сибири, на которой изолиниями даны значения равных скоростей изменения наклонов земной поверхности в единицах 10^{-8} год $^{-1}$; стрелками показано направление изменения наклона. Как видно на демонстрируемой карте, вся южная часть Западной Сибири наклоняется к востоку со скоростью, изменяющейся в пределах от $0,5 \cdot 10^{-8}$ год $^{-1}$ до $1,5 \cdot 10^{-8}$. В районе Батеневской межвпадинной перемычки (Присяянский район) изменения наклона со скоростью до $3,5 \cdot 10^{-8}$ год $^{-1}$ направлены к северу, в сторону Назаровской и Северо-Минусинских впадин, и к югу, в сторону Южно-Минусинской впадины. Сопоставление представляемой карты с картой углов наклона рельефа Западной Сибири [3] показало, что невысокие значения градиента скорости СВДЗП приурочены к областям с углами наклона рельефа, не превышающими $0,5^\circ$. На участках с углами наклона рельефа, превышающими 6° (Приобское, Предалтайское и Предсалаирское плато), значения горизонтальных градиентов скорости СВДЗП возрастают в 2–3 раза по сравнению со значениями таковых в западной половине ЗСП.

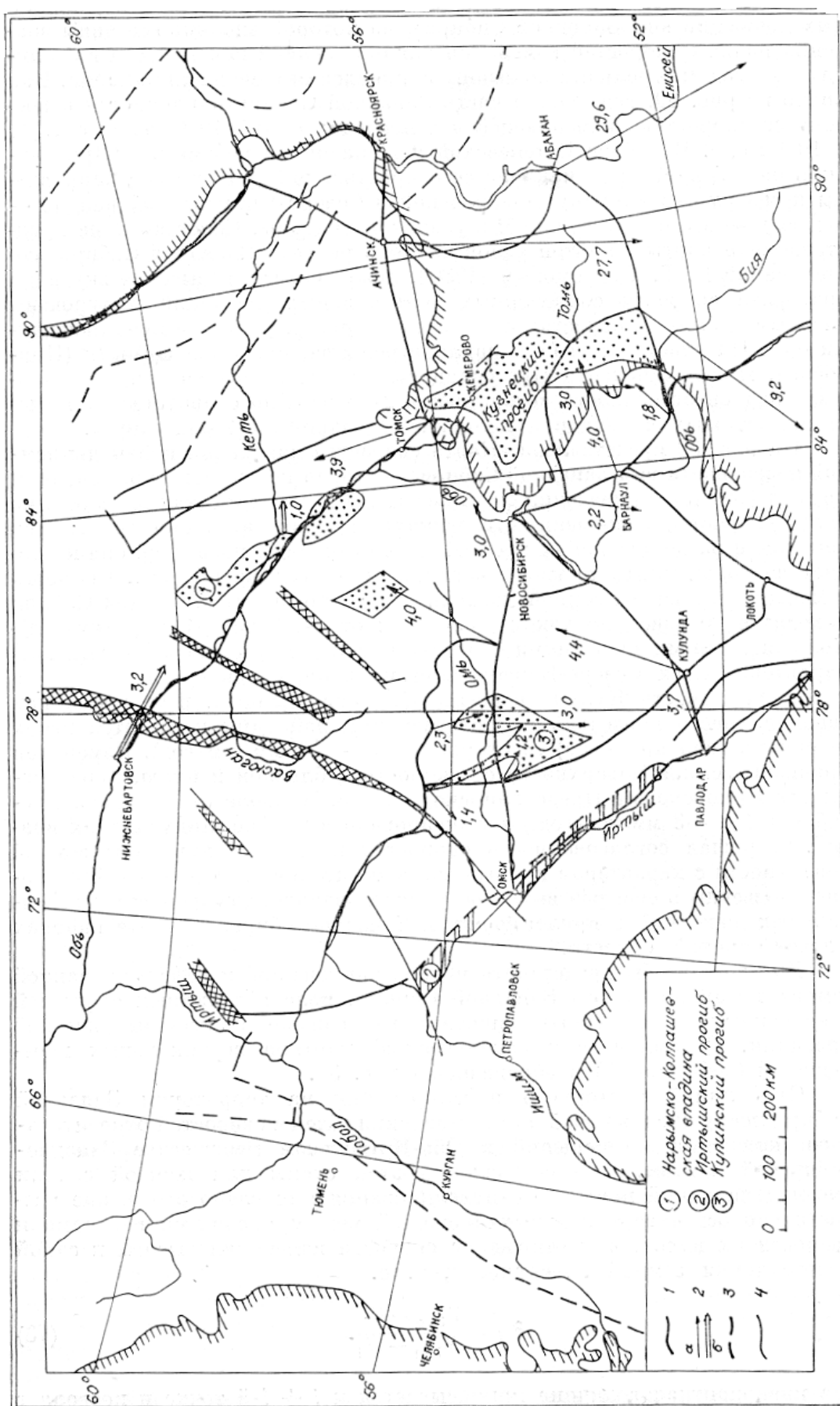


Рис. 1. Схема скоростей изменения наклонов земной поверхности Юга Западной Сибири: 1 – линии повторного нивелирования; 2 – векторы скорости изменения наклонов (а – локальных, б – региональных) земной поверхности, мм/г; 3 – основные разломы; 4 – граница распространения мезозойско-кайнозойского чехла

На рис. 3 представлена карта скоростей изменения кривизны земной поверхности юга Западной Сибири, которая построена с применением формул (3)–(6). На этой карте, как и на карте скоростей СВДЗП, оконтуриваются впадины и разделяющие их хребты. Но, в отличие от последней, она позволяет четко выделить плоские, вогнутые и выпуклые области. Скорости изменения кривизны земной поверхности южной части Западной Сибири находятся в довольно узком диапазоне: от $-1,0$ до $+1,0$ $\text{мм}(\text{км}\cdot\text{год})^{-1}$. Положительными значениями скорости изменения кривизны (прогибанием) характеризуются Северо-Барабинская наклонная приподнятая равнина и восточная часть Кулундинско-Барабинской впадины, в то время как западная часть последней с прилегающими районами изгибаются вверх (отрицательная кривизна) со скоростью до $-1,0$ $\text{мм}(\text{км}\cdot\text{год})^{-1}$. Изменения кривизны земной поверхности со скоростью, близкой к нулю, характерны для Приобского и Предсалаирского плато. Наиболее интенсивное прогибание (до -3 $\text{мм}(\text{км}\cdot\text{год})^{-1}$) зарегистрировано в районе Минусинских впадин.

Хорошая согласованность скоростей изменения кривизны земной поверхности с характером проявления неотектонических движений позволяет сделать вывод об однофазности этих движений в прилегающих к ЗСП районах Алтае-Саянской области.

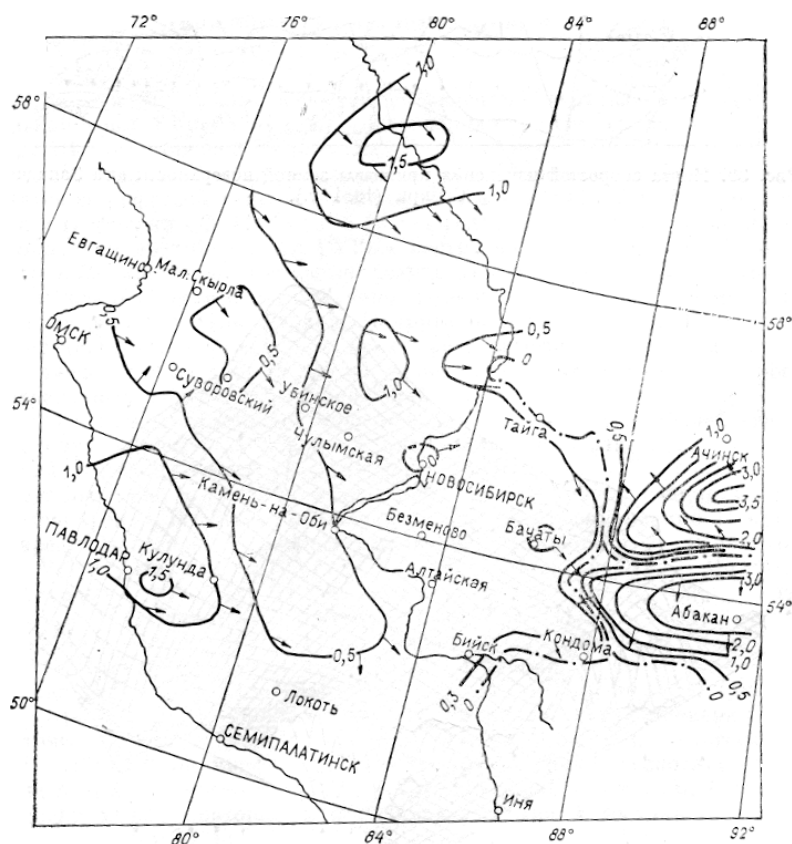


Рис. 2. Карта горизонтальных градиентов скоростей СВДЗП юга Сибири (изолиниями изображены значения равных скоростей изменения наклона земной поверхности в единицах 10^{-6} год $^{-1}$)

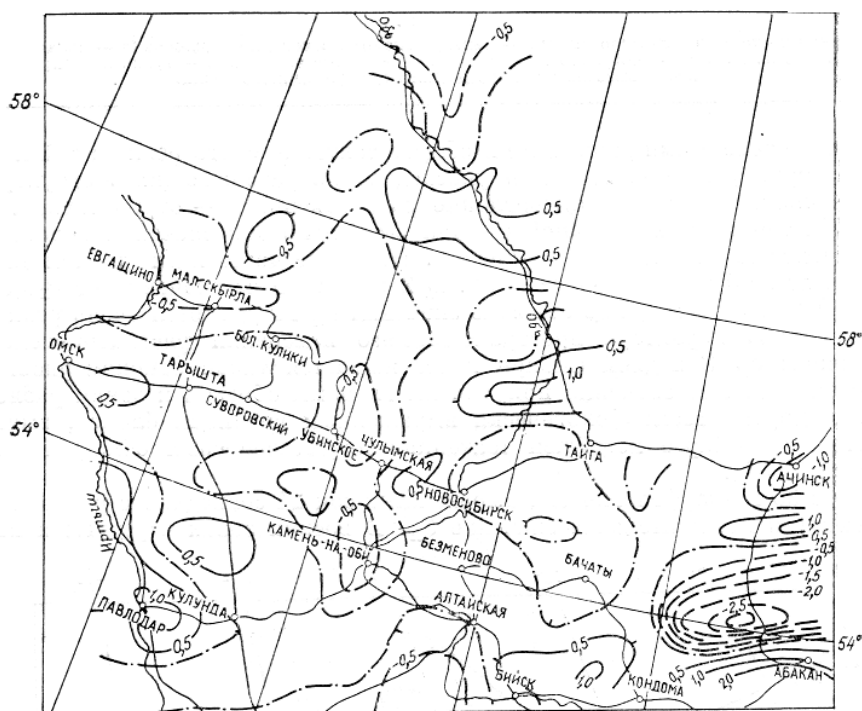


Рис. 3. Карта скоростей изменения кривизны земной поверхности юга Западной Сибири

Таким образом, данные повторного нивелирования на территории Западной Сибири позволили получить кинематические параметры земной поверхности, имеющие очень важное значение как в научном плане (при изучении различных проявлений геодинамических процессов на поверхности Земли), так и в практическом (учет напряженно-деформированного состояния земной поверхности при проектировании и строительстве длительных коммуникаций, жилых и промышленных комплексов, при поисках и разработке полезных ископаемых и др.).

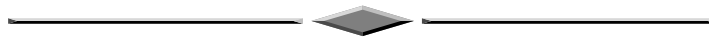
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Колмогоров, В.Г. Теоретические основы изучения современных деформаций земной поверхности / В.Г. Колмогоров // ГЕО-Сибирь-2010. Т. 1. Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия. Ч. 2: сб. матер. VI Междунар. научн. конгресса «ГЕО-Сибирь-2010», 19–29 апреля 2010 г., Новосибирск. – Новосибирск: СГГА, 2010. – С. 3–7.
2. Колмогоров, В.Г. Современная кинематика земной поверхности юга Сибири / В.Г. Колмогоров, П.П. Колмогорова. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1990. – 153 с.
3. Трофимов, В.Т. Основные закономерности строения рельефа Западно-Сибирской плиты / В.Т. Трофимов // Природные условия Западной Сибири. – М.: Изд-во МГУ, 1980. – Вып. 7. – С. 13–36.

Получено 11.06.2010

© В.Г. Колмогоров, А.В. Маноенков, 2010

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ТЕРРИТОРИЯМИ



УДК 378

Ю.А. Голиков

СГГА, Новосибирск

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ И РЫНОК ТРУДА В ПЕРИОД МОДЕРНИЗАЦИИ

В статье представлена модель рынка труда экономических и технических специальностей в России для обоснования необходимости его трансформации в сторону преобладания технических специальностей в период модернизации экономики страны.

экономическое образование, рынок труда, модернизация экономики страны, спрос и предложение на рынке, мировой экономический кризис, ликвидация структурной безработицы, высшие и средние профессиональные учебные заведения.

Yu.A. Golikov

SSGA, Novosibirsk

ECONOMICAL EDUCATION AND LABOUR-MARKET DURING MODERNISATION

In the work a labour market model in Russia for people with economical and technical education is considered with the goal to prove the necessity of its transformation, because during modernization the demand for technical professions should increase.

economical education, labour market, modernization of the country's economy, market supply and demand, world depression, elimination of structural unemployment, higher and specialized educational establishment.

Несмотря на активизацию в 2009 г. мер по модернизации экономики РФ со стороны Президента и Правительства РФ, сегодня не обеспечивается соответствие структуры подготовки специалистов технического и экономического профилей в высших и средних профессиональных учебных заведениях потребностям рынка труда. Модернизация экономики по своему определению означает изменение структуры рынка труда в сторону увеличения количества технических и уменьшения числа экономических, юридических и других гуманитарных специальностей.

В 2005–2007 гг. в России наблюдалось экономическое оживление в сфере торговли, строительства, транспорта, связи и др. На рынке труда для экономических специальностей в этот период имело место равновесие спроса D_0 и предложения S_0 (точка E_0 на рис. 1).

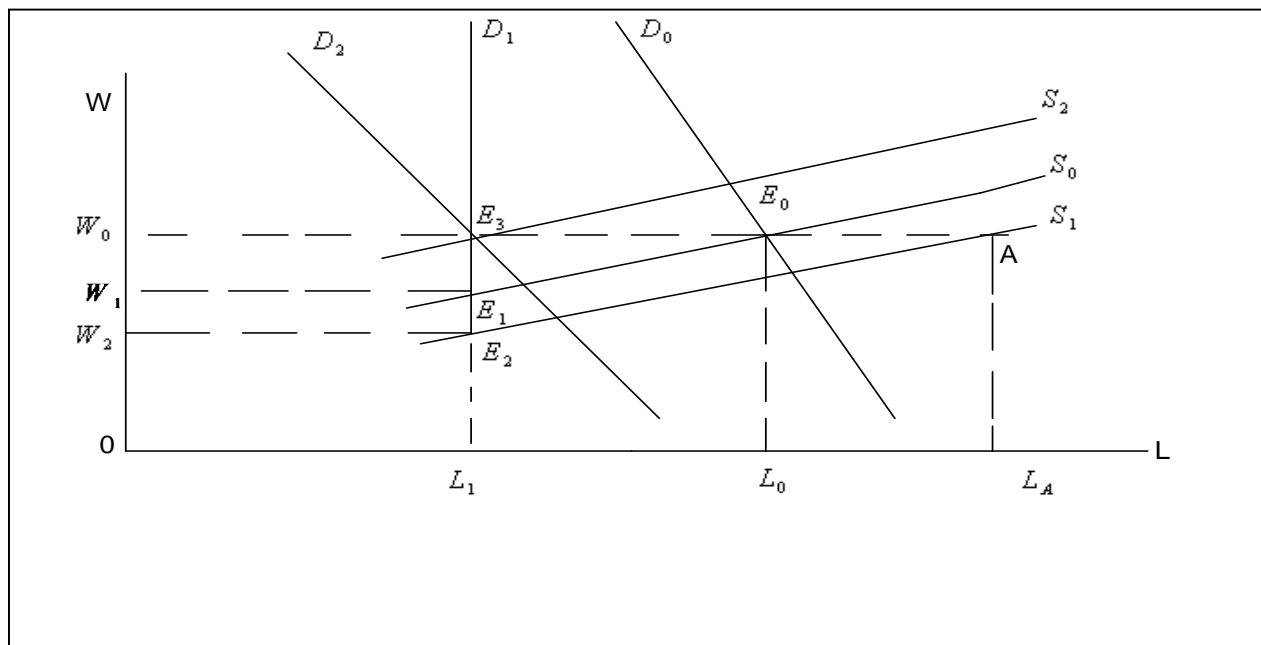


Рис. 1. Рынок труда экономических специальностей в РФ

Линия спроса D_0 – эластична, а линия предложения S_0 – высокоэластична, поскольку достаточно высокий уровень инфляции ($\approx 15\%$) заставлял молодых специалистов по экономике быстро реагировать на небольшие изменения ставки заработной платы ΔW , увеличивая предложение.

В 2008–2010 гг. отечественный рынок труда для экономических специальностей в полной мере ощутил на себе влияние мирового финансового кризиса, что должно было бы привести к смещению равновесной точки E_0 в положение E_1 . При этом изменился и сам характер спроса на отечественном рынке экономических специальностей: из эластичного D_0 он превратился в неэластичный D_1 (см. рис. 1). Такая трансформация объясняется структурой российского рынка, который в период кризиса проявил свое несовершенство, а именно: преувеличенный сектор рынка по торговле импортными и отечественными товарами и очень слабый сектор рынка материального производства. Развитие сектора материального производства было приостановлено повышением ставок кредитования материального сектора экономики, а торговый сектор уменьшился за счет снижения платежеспособности населения Российской Федерации. Характер линии S_0 не изменился, но она сдвинулась вправо, в положение S_1 из-за того, что был раскручен «маховик приема» в высшие и средние профессиональные учебные заведения страны студентов на экономические специальности.

Точкой равновесия должна бы стать E_2 , а среднечасовая ставка заработной платы работников экономических специальностей должна была бы понизиться до значения W_2 . Однако в действительности этого не произошло, поскольку инфляция заставляет предпринимательский сектор, государство и профсоюзы препятствовать снижению W_0 , дабы не вызвать массовых выступлений трудящихся. Но такая ситуация привела к тому, что число безработных экономистов увеличилось по сравнению с равновесным значением не на L_0-L_1 , а на L_A-L_1 (см. рис. 1).

Для ликвидации структурной безработицы на рынке экономических специальностей в РФ можно предложить следующие меры:

1. Предоставление молодым специалистам – экономистам, выпускникам высших и средних профессиональных учебных заведений 2008–2014 гг., возможности получить второе высшее техническое образование за счет средств федерального бюджета с последующим распределением их на работу в модернизированные малые, средние и крупные промышленные предприятия страны.

2. Сокращение приема студентов в высшие и средние профессиональные учебные заведения Российской Федерации на экономические специальности, финансируемые из бюджета.

3. Существенное расширение бюджетного финансирования образования студентов технических специальностей и переориентация внебюджетного образования в высших и средних профессиональных учебных заведениях на подготовку специалистов инновационных профессий.

Эти три программы позволят уменьшить объем предложения специалистов экономических специальностей, выпускаемых высшими и средними профессиональными учебными заведениями на отечественный трудовой рынок. За счет этого линия предложения S_0 должна сдвинуться влево, в положение S_2 , и новое равновесие установится в точке E_3 . При этом линия спроса D_2 снова станет эластичной. Не следует забывать, что принятие таких мер в 2010 г. даст ощутимый эффект только через 3–5 лет, т. е. имеет место лаг между началом выполнения предложенной программы и результатами от ее реализации.

В 2010–2011 гг. в российской системе образования планируется закончить переход к двухуровневой системе образования в высших профессиональных учебных заведениях: бакалавр – магистр. В настоящее время по статистическим данным высшее профессиональное образование насчитывает ≈ 8 миллионов студентов, и поэтому переход к 4-летнему обучению бакалавров означает «выплескивание» на перегруженный отечественный рынок еще нескольких миллионов молодых специалистов по экономике. А это приведет к еще большему сдвигу кривой предложения труда S_1 вправо и увеличению масштабов структурной безработицы. Поэтому с присоединением российской образовательной системы к Болонскому процессу, наверное, не стоит торопиться. Желательно, чтобы на период финансово-экономического кризиса в российском государстве было бы как можно меньше административных реорганизаций, вполне доста-

точно обязательного введения единого государственного экзамена на территории всей страны.

Имеет смысл рассмотреть еще одну тенденцию в изменении статуса средних профессиональных учебных заведений. Это передача их из федерального в региональное подчинение для повышения ответственности руководителей регионов за модернизацию экономики в области, крае, автономном округе и целевую подготовку молодых специалистов. Большинство таких колледжей и техникумов стремятся войти в состав высших профессиональных учебных заведений. При этом оба участника такого объединения выигрывают. Почему бы Правительству и Президенту РФ не узаконить такой переход путем распространения системы бакалавриата на средние профессиональные учебные заведения, вошедшие в состав высших профессиональных учебных заведений, оставив вузу подготовку специалистов и магистров. Такое решение принесет пользу всем:

- сократится армия безработных за счет увеличения срока обучения в среднем профессиональном учебном заведении;
- повысится статус среднего профессионального учебного заведения, которое будет выпускать бакалавров;
- ректоры вузов будут обязаны нести личную ответственность за образовательный уровень бакалавриата.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Агапова, Т.А. Макроэкономика: учебник / Т.А. Агапова, С.Ф. Серегина. – М.: МГУ, Дело и Сибирь, 1999. – 416 с.
2. Попов, Е.В. Эволюция институтов миниэкономики / Е.В. Попов. – М.: Наука, 2007. – 542 с.
3. Стенограмма заседания научно-экспертного совета при Председателе Совета Федерации на тему: Российское высшее образование: проблемы и перспективы развития // Администратор образования. – 2009. – № 14. – С. 7–18.
4. Постановление Правительства РФ «О проведении эксперимента по созданию прикладного бакалавриата в образовательных учреждениях среднего профессионального и высшего профессионального образования» от 19 августа 2009 г. // Администратор образования. – 2009. – № 14. – С. 62–65.

Получено 11.06.2010

© Ю.А. Голиков, 2010

УДК 504.03:504.6

А.И. Гагарин

СГГА, Новосибирск

Т.А. Лебедева

Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург

ОЦЕНКА СОЦИАЛЬНЫХ ФУНКЦИЙ ЛЕСНЫХ ЛАНДШАФТОВ СИБИРИ И УРАЛА

Рассматривается эколого-экономическая оценка лесов с учетом их социальных функций. Приведена схема дифференциации полезностей леса, представлен анализ натуральных показателей оценки социальных нематериальных благ и осуществлен переход от таких показателей к их экономическим эквивалентам.

оценка, социальные функции, лесной ландшафт, рекреация, экосистема, урбанизированная среда, экономические эквиваленты.

A.I. Gagarin

SSGA, Novosibirsk

N.F. Lebedeva

Botanical garden, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg

EVALUATION OF SIBERIA AND URAL FOREST LANDSCAPES SOCIAL FUNCTIONS

In the paper it is reviewed the economic evaluation of forests from ecological point of view in consideration of their social functions. The scheme of forests usage differentiation is given, the analyses of social incorporeal benefits natural exponents is made and the transfer from such indicators to their economic equivalents is fulfilled.

evaluation, social functions, forest landscape, recreation, ecosystem, urban environment, economic equivalents.

Лесные ландшафты (леса) как элемент экономической сферы представляются в виде совокупности природных благ, которые включают лесные ресурсы и природные условия, выражающиеся в форме разнообразных функций лесов, разделенных на средоформирующие и социальные (рис. 1). Основными особенностями предлагаемой дифференциации является то, что она, во-первых, охватывает практически все блага природных ландшафтов, возможные для использования и оценки в данный и ближайший периоды времени и, во-вторых, характеризуется с позиций экономики однотипным подходом, заключающимся в рассмотрении первичных эффектов, соответствующих каждой функции леса.

Лесные ресурсы и средоформирующие функции лесов служат для удовлетворения материальных потребностей людей, обеспечивая жизнь человека как биологического существа. Социальные же функции леса являются одним из условий удовлетворения духовных потребностей людей, обеспечивая их существование как вида. Особенностью социальных функций лесов является то, что они реализуются при конкретном социальном заказе. К таким функциям отно-

сятся рекреационная, оздоровительная, воспитательно-образовательная, эстетическая, а также роль леса по сохранению традиционного природопользования в этноприродных зонах.



Рис. 1. Характеристика леса как объекта экономической сферы

Научные принципы эколого-экономической оценки лесных ландшафтов (экосистем) включают следующие положения:

- формирование совокупности натуральных показателей лесных экосистем;
- обоснование системы экономических эквивалентов показателей лесных благ;
- выбор комплексного критерия экономической оценки лесных экосистем;

- дисконтирование эффектов лесных благ в соответствии с характером развития леса;
- расчет стоимости лесных экосистем в зависимости от конкретных природно-экономических условий.

Натуральные показатели

Натуральные показатели социальных функций лесных ландшафтов представляются качественными и количественными величинами.

Обычно рекреационная функция лесов рассматривается совместно с оздоровительной. В нашей работе они разделены, поскольку их основные параметры (в экономическом смысле) отличаются друг от друга. Рекреационная функция заключается в удовлетворении потребностей населения в отдыхе в лесу, но обязательно при сохранности лесных экосистем.

При оценке рекреационной роли лесного массива учитывается степень его устойчивости к воздействию рекреационной нагрузки. Лесные экосистемы характеризуются разной способностью противостоять рекреационным нагрузкам. Выявлены основные факторы, определяющие устойчивость лесных экосистем к рекреации.

По вопросам устойчивости лесов к рекреационным нагрузкам накоплен значительный объем информации, полученный в разных условиях и регионах. Это позволило ВНИИЛМ составить укрупненные «Нормы допустимых рекреационных нагрузок» для равнинных лесов таежно-лесной зоны европейской части СССР.

В табл. 1 приведены значения допустимых рекреационных нагрузок в лесах Свердловской области, установленные для массового повседневного отдыха; в скобках указаны нагрузки по нормам ВНИИЛМ для европейской территории России.

Таблица 1

Допустимые среднегодовые единовременные рекреационные нагрузки

Преобладающая порода	Тип леса	Рельеф	
		горный	равнинный
Сосна	Брусничный	0,08 (0,23)	0,10 (0,23)
	Ягодниковый	0,18 (0,54)	0,23 (0,54)
	Липняковый, разнотравный	0,34 (1,00)	0,43 (1,00)
	Травяно-зеленомошный	0,18 (0,54)	0,23 (0,54)
	Мшисто-хвощовый	0,08 (0,23)	0,10 (0,23)
	Сфагновый	0,02 (0,08)	0,03 (0,08)
Береза	Брусничный	—	0,41 (0,54)
	Ягодниковый	—	0,77 (100)
	Липняковый, разнотравный	—	1,18 (1,54)
Осина	Травяно-зеленомошный	—	0,77 (1,00)
	Мшисто-хвощовый	—	0,18 (0,23)
	Сфагновый	—	0,06 (0,08)

Оценка оздоровительной функции леса заключается в определении степени ионизации кислорода воздуха и выделении химически активных летучих органических веществ, в первую очередь, фитонцидов. Воздух с повышенной ионизацией оказывает благотворное влияние на организм человека; фитонциды, выделяемые лесной растительностью, обладают сильным бактерицидным действием.

Сравнительная оценка степени ионизации кислорода главными лесобразующими породами деревьев получена на основе анализа опубликованных данных и приведена в табл. 2.

Таблица 2

Сравнительная оценка степени ионизации кислорода главными лесобразующими породами деревьев

Порода деревьев	Коэффициент
Сосна, ель	1,0
Береза	0,9
Лиственница	0,8
Осина, ольха, липа	0,6

Суммарная степень ионизации кислорода в лесу зависит от породного состава, возраста, бонитета, полноты древостоя. В зависимости от полноты лесонасаждения, его класса возраста и класса бонитета получена оценка степени ионизации кислорода основными лесобразующими породами, а также поправочные коэффициенты на полноту, возраст и класс бонитета насаждения при оценке ионизации кислорода (приведены в табл. 3).

Таблица 3

Поправочные коэффициенты на полноту, возраст и класс бонитета насаждения при оценке ионизации кислорода

Полнота	Коэффициент	Класс возраста	Коэффициент	Бонитет	Коэффициент
0,9–1,0	0,8	I–II	0,6	I–V	1,0
0,6–0,8	1,0	III–IV	1,0	III–IV	0,8
0,3–0,5	0,6	V–VII	0,8	V	0,6

Исходя из общих позиций, оценка воспитательно-образовательной функции леса заключается в определении положительного воздействия как всей лесной зоны, так и отдельных участков леса (например, около детских и учебных учреждений), лесных ландшафтов, памятников природы на формирование морально-нравственных основ, духовности как отдельных групп людей, так и целых этносов [1]. Люди и сейчас познают окружающий мир, общаясь с природой

(в большинстве случаев в первую очередь с лесами). Формы такого общения меняются от постоянно-неосознанной прежде до организованно-периодической сейчас.

Огромную роль леса в развитии духовной жизни народа отразил в романе «Русский лес» русский писатель Л.М. Леонов (1976). Не было еще ни одного произведения в нашей литературе, которое равнялось бы с ним по духу, пафосу защиты «зеленого друга» нашей страны, по любви к русскому лесу как одному из бесценных богатств России. В романе особое место занимает идея отечественного патриотизма, основанная на глубоком понимании ценностей русской цивилизации. Л.М. Леонов, отмечая значение леса как мудрого воспитателя народа, писал: «Было бы неблагодарностью не назвать и лес в числе воспитателей и немногочисленных покровителей нашего народа. Лес научил осторожности, наблюдательности, трудолюбию и той тяжелой, упорной поступи, какую русские всегда шли к поставленной цели. Лес встречал русского человека при появлении на свет и безотлучно провожал его через все возрастные этапы».

Герой романа Леонова «Русский лес» Иван Матвеевич Вихров призывал: «Терпеливо растолкуйте детям, что лес входит в понятие Отечества, что сила патриотизма всегда пропорциональна количеству вложенного в нее личного труда: бродягам и тунеядцам всегда бывало чуждо чувство Родины».

Воспитательное значение общения человека с лесом особенно ярко отражено в книгах М.М. Пришвина, для которого «охранять природу – значит охранять свою Родину». Лесные ландшафты наполняют конкретным содержанием свойственное всякому народу чувство Родины.

Можно считать, что лесные экосистемы, лесные ландшафты способствуют сохранению духовной самобытности народов России, органических черт национального характера, сохранению менталитета народа – исторически сложившегося, создававшегося веками образа мыслей, чувств и мироотношений в противовес внедрению представлений о человеке как о «потребителе», обладающем «рыночным» мышлением.

Лес в значительной степени способствует экологическому воспитанию людей (воздействуя на сознание личности, влияет на выработку социально психологических установок и активной гражданской позиции), бережному отношению как к лесу, так и ко всей совокупности природных благ.

Особо важную воспитательную и образовательную роль выполняют леса школьных лесничеств. Важно, что экологическое образование здесь совмещается с приобретением трудовых навыков, которым сопутствует познавательная деятельность в форме опыта, наблюдения, исследования, изучения основ экологии и лесоводства.

Воспитательно-образовательная функция леса весьма значима для изменения представлений о приоритетах развития общества. Сейчас повсеместно главенствует концепция максимального удовлетворения возрастающих материальных потребностей и соответствующего расхода природных ресурсов, рекламируются принципы формирования все новых материальных желаний потреби-

телей. Академик Д.С. Лихачев ввел термин [2] «эксплуатация будущего», имея в виду эгоизм, который заставляет людей жить за счет будущих поколений, расходуя их, потомков, наследие – леса, воды, полезные ископаемые и другие природные ресурсы, а в общем случае – игнорировать память о прошлом.

Лесные экосистемы могут стать одним из факторов, обосновывающих приоритет иных принципов развития общества. Общее представление о таких принципах сформировано в «Концепции устойчивого развития» участниками конференции ООН в Рио-де-Жанейро (1992 г.).

Воспитательная и образовательная функции леса реализуются практически на всем протяжении истории человечества. За последние десятилетия формы общения человека с лесом радикально изменились. В наше время отдельные лесные участки полностью предназначены для выполнения единственной функции – воспитательно-образовательной. Это особо охраняемые природные территории, в первую очередь национальные, региональные, природные и ландшафтные парки, памятники природы.

Оценка воспитательной и образовательной роли леса может производиться, исходя из положения о том, что лесные естественные ландшафты являются альтернативным вариантом все расширяющейся урбанизации окружающего мира. Наглядным примером этому служат однообразные плоские поверхности многоэтажных городских застроек с неестественными формами архитектуры среди асфальтово-бетонных пространств.

Городская среда травмирует эстетические чувства человека, лишает его психику теплых эмоциональных красок. В таких условиях общение с природой – потребность всякого нормального человека, поскольку в любых условиях, в том числе и городских, он остается биологическим существом. На примере города особенно наглядна сила этого великого зова, влекущего человека из «моря камня, бетона, стекла и пластмасс» в естественную природную среду – в лесные ландшафты.

Особенно отрицательно урбанизированная среда влияет на детей. По данным социологов, монотонные, плоские фасады огромных домов переносятся ими с трудом. Дети еще не могут, как взрослые, выталкивать эти «видения» за пределы своего сознания. По мнению И. Шкляревского, однообразные коробки «уже украли творческое воображение у целого поколения». Поэтому так важно озеленение территорий, расположенных около детских и учебных учреждений и мест массового посещения детьми. Участки леса вокруг таких мест выполняют важную воспитательную роль, поэтому эти территории целесообразно выделять как особо защитные участки леса (что обусловит более щадящий режим лесопользования).

Рассмотренные положения о воспитательно-образовательной роли лесных ландшафтов представлены на рис. 2 в виде основных принципиальных подходов при формировании соответствующих характеристик (или параметров) этой функции лесов.

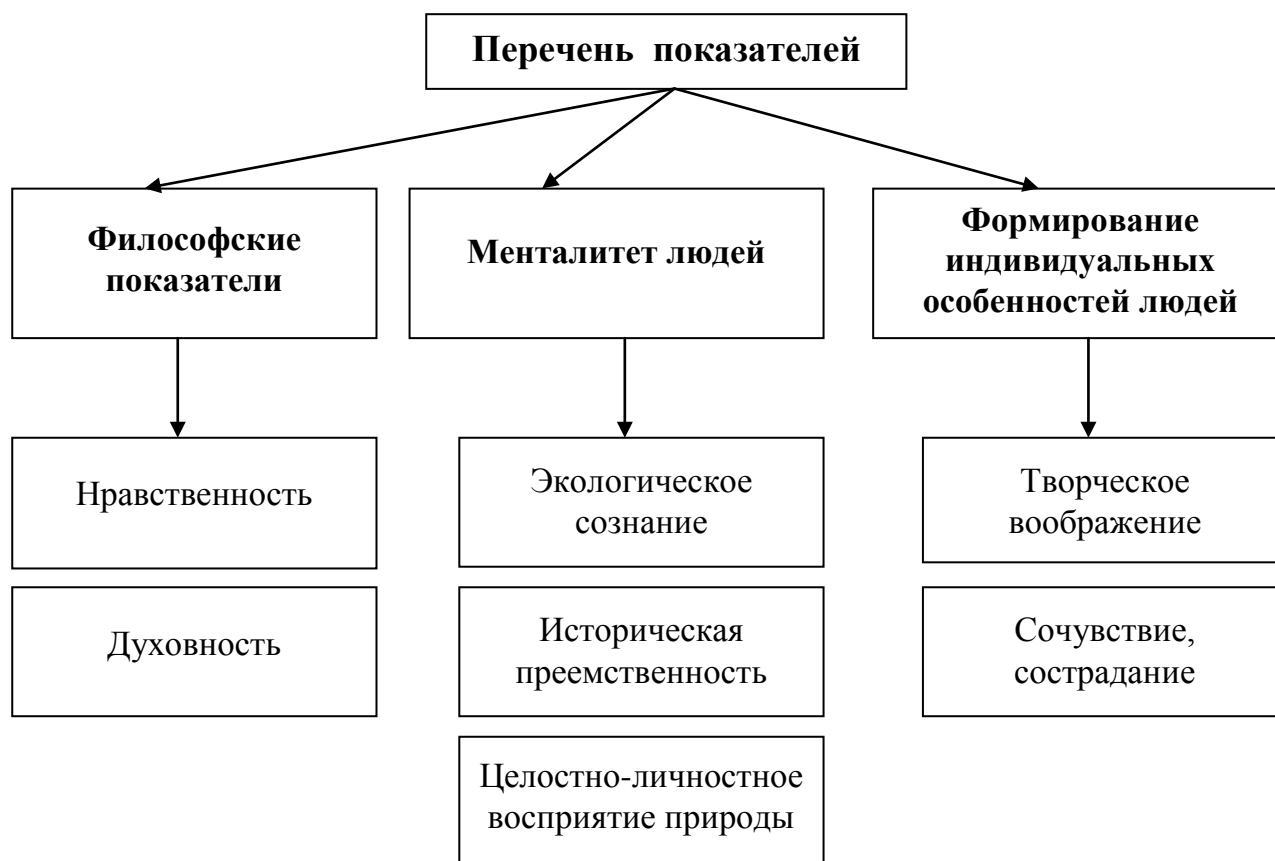


Рис. 2. Основные подходы при формировании характеристик (параметров) воспитательно-образовательной роли лесных ландшафтов

На научных конференциях по истории взаимодействия общества и природы подчеркивается, что именно от воспитания и образования, стимулирующих проявление «высших качеств человеческой души, зависит будущее и биосферы и человечества». И можно, перефразировав известное положение, предположить, что именно ставшая для всех очевидной красота окружающей нас природы в конце концов спасет мир.

Близка по своему социальному значению к воспитательно-образовательной функции эстетическая роль лесных ландшафтов. Основной проблемой философско-эстетической мысли древности, средневековья и в значительной мере новейшего времени была и есть проблема прекрасного, проблема красоты.

Философами давно осмысливается научное и общественно-политическое значение вопроса: чувствовали ли наши далекие предки красоту природы так же, как мы, или в своем отношении к природным красотам существенно отличались от нас. В меньшей степени данный вопрос привлекал внимание историков. Существуют разные мнения – от полного отрицания до глубокого понимания поэтичности и красоты природы.

Современному человеку могут нравиться дремучие леса, бурные реки, голые скалы, грозы. В минувшие времена эти природные объекты и явления

вряд ли «нравились», а порой вызывали ужас; причем это относилось не только к простым малограмотным, но и к высокообразованным людям.

Рассматривая эстетическую роль леса, необходимо упомянуть об одном интересном явлении. Отмечено, что в северорусских и сибирских селениях возле домов обычно не было палисадников с деревьями и кустами. Отдельные деревья кедра (сосны сибирской) и даже целые участки с группами таких деревьев в населенных пунктах Урала и Сибири являлись объектами чисто промыслового, ресурсного значения, их же эстетическое восприятие появилось уже в наше время, да и то главным образом у приезжающих горожан. Объясняли это по-разному: от пресловутой лености человека до далеких положительных ассоциативных связей людей с полем или степью. Но, по-видимому, более правдоподобное объяснение данного факта заключается в том, что напоминание о лесе вблизи жилья в прошлые времена приятных эмоций у людей не вызывало.

Сейчас уже не вызывает сомнения необходимость учитывать в комплексной оценке лесов эстетическую роль лесных ландшафтов. В Лесном кодексе РФ (1996 г.) эстетическая роль леса описывалась в трех видах категорий защитности лесов. В законе РФ «Об особо охраняемых природных территориях» сохранение эстетической роли природных комплексов предусматривает выделение трех (из семи) видов таких территорий (национальные парки, природные парки, памятники природы). В Законе Свердловской области «Об особо охраняемых природных территориях» из шестнадцати таких территорий эстетическая роль лесных ландшафтов указывается в шести.

С формальной (или биологической) точки зрения лесные ландшафты таежной зоны бедны видами древесных пород. Древесный ярус здесь образуют представители четырех–пяти видов хвойных деревьев: сосны, ели, пихты, кедра, лиственницы и не более двух–трех мелколиственных древесных пород: березы и осины. Но с позиций эстетической значимости такие ландшафты имеют непреходящую ценность. В художественной литературе многократно описаны сосновые боры с их «... сухим, смолистым ароматом».

Ель, еловые леса имеют несколько иной, по сравнению с сосновыми борами, отзвук в душе человека, чаще всего связанный именно с отдельными деревьями. Чего стоят одни новогодние дни!

Положительные эмоции вызывают кедровые рощи (часто их называют кедровыми садами) около старинных уральских поселков и городов – Нижней Салды, Ивделя, Махнево и др.

Береза, березовые опушки, березовые рощи – едва ли не самый распространенный объект в поэзии о лесе. Пронзительный по силе впечатления киноэпизод общения человека с березами показал В. Шукшин в кинофильме «Калина красная».

И даже осина, эта «нецелевая» порода в лесном хозяйстве, вызывает только ей присущий отклик в душе человека, конечно, главным образом осенью, когда расцветивается она розовыми, вишневыми, красными листьями.

В лесных ландшафтах черпали свое вдохновение великие русские художники И.И. Шишкин (сосновые боры вокруг г. Елабуги и оз. Селигер), И.И. Левитан (окрестности Плеса), В.М. Васнецов и А.М. Васнецов (леса в бассейне р. Вятки), В.Д. Поленов.

О благотворном влиянии лесов на развитие творческих способностей человека писали П.И. Чайковский, А.П. Чехов, И.С. Тургенев и многие другие выдающиеся деятели культуры.

Л.Н. Толстой, Н.А. Некрасов, А.И. Куприн, Д.Н. Мамин-Сибиряк использовали лес для раскрытия человеческих характеров и судеб. Наиболее устойчивые народно-поэтические символы были взяты прежде всего из природы. Например, дуб означал мужчину, береза – девушку, калина, малина – невесту, сосна, рябина и осина – замужнюю женщину. Опадающие листья были символом печали.

Широко распространенный на Урале спортивный туризм основывается (наряду с чисто спортивными целями – преодолением естественных препятствий) на положительных впечатлениях, получаемых от созерцания таёжных лесных ландшафтов.

Очень важный специфический показатель эстетической роли леса – тишина в лесу, которая пробуждает в душе человека особое настроение. С лесной тишиной связано и другое таинство леса – эхо. Таинственная (мистическая) роль лесного эха отражена в многочисленных сказках и сказаниях народов России.

Таким образом, характеристики эстетической роли лесов при их оценке должны отражать чувства прекрасного, проявляющиеся в человеке при нахождении в лесу, среди лесных ландшафтов. Несмотря на то, что оценить эстетический эффект леса количественно пока можно лишь приблизительно, все же следует искать подходы к определению такой оценки. В качестве возможных показателей эстетического наслаждения, получаемого от посещения лесных ландшафтов, могут быть использованы системы специальных комментариев или балльных шкал оценок, формируемых, например, группами профессиональных, признанных специалистов. Формализованные показатели эстетической привлекательности лесных ландшафтов чаще всего характеризуют рельеф местности, пространственное размещение деревьев и кустарников, конфигурацию и размер открытых участков, наличие водных объектов и т. д.

М.И. Гальперин при разработке научно-методических основ оценки санитарно-гигиенических функций и рекреационной роли леса пригородных зон Свердловской области сформировал систему специальных коэффициентов эстетической привлекательности лесов [3]. Эти материалы совместно с аналогичными данными из других литературных источников приведены в табл. 4, 5.

Эстетическая привлекательность различных участков леса, зависящая от класса возраста, состава древостоя, сомкнутости полога конфигурации участков, учитывается с помощью специальных коэффициентов, приведенных в табл. 6, 7.

Таблица 4

Коэффициенты эстетической привлекательности лесов
в зависимости от рельефа местности

Рельеф	Коэффициент
Гористый, сильно пересеченный	2,0
Холмистый, пересеченный	2,5
Слабо пересеченный	1,5
Равнинный, плоский	1,0

Таблица 5

Коэффициенты эстетической привлекательности лесов в зависимости
от наличия, качества, пространственного размещения деревьев и кустарников

Характеристика участков	Коэффициент
Наличие декоративных форм деревьев или сформированных древесно-кустарниковых групп	1,7
Наличие отдельных деревьев или кустарников, равномерно расположенных на территории	1,3
Остальные участки леса	1,0

Таблица 6

Коэффициенты рекреационной привлекательности лесов в зависимости
от класса возраста, состава древостоя и сомкнутости полога древостоя

Класс возраста	Коэффициент	Состав древостоя	Коэффициент	Сомкнутость полога древостоя	Коэффициент
III и старше	1,0	Хвойные и лиственные насаждения I–II класса бонитета	1,0	0,9–1,0	0,8
Молодняки II класса	0,8	Хвойные III класса бонитета с примесью осины и ольхи – до 0,5	0,8	0,6–0,8 0,3–0,5	1,0 0,6
Молодняки I класса	0,7	Насаждения с преобладанием осины и ольхи	0,4	Менее 0,3	0,4

Таблица 7

Коэффициенты эстетической привлекательности лесов в зависимости от конфигурации открытых участков

Характеристика территории	Коэффициент
Отсутствуют водоемы, ручьи, реки	1,0
Площадь водного зеркала озер и прудов до 1 % (на 100 га), либо протяженность ручьев и рек до 0,5 км (на 100 га)	3,0
Площадь водного зеркала озер и прудов 2–10 %, либо протяженность ручьев до 1 км (на 100 га)	4,0
Площадь водного зеркала озер и прудов более 10 %, либо протяженность ручьев более 1 км (на 100 га)	5,0

Экономические эквиваленты

Экономическая оценка социальных функций природных комплексов (лесов) менее разработана по сравнению с оценкой других природных (лесных) благ.

Экономические эквиваленты социальных функций леса должны иметь сходную экономическую основу с показателями оценки как лесных ресурсов, так и средоформирующих функций леса. Отличие социальных функций леса от лесных ресурсов обусловлено правами собственности и политикой.

Существуют две главные причины, по которым эти функции леса не оцениваются и не продаются: одна – практическая, другая – политическая. Практическая причина состоит в том, что социальные функции трудно оценить и продать обычным путем. Лесные ландшафты необходимо выделить в натуре, «продать» индивидуальным потребителям и исключить тех лиц, которые не намерены платить за пользование ими. Лесные ландшафты являются общественным товаром, поскольку их потребление одним потребителем не приведет к сокращению полезности для других. В данном случае любая цена не сможет регулировать эффективность потребления социальных функций леса.

Политическая причина исключения социальных функций из рыночного процесса – их особое общественное положение. Власть обеспечивает потребление этими благами индивидуальных потребителей без какой-либо платы.

Существуют различные классификации методов оценки природного потенциала экосистем. Для оценки непосредственно социальных функций лесов полезна дифференциация методов, предложенная НПП «Кадастр» Госкомэкологии (г. Ярославль, 2000 г.): прямые методы оценки природного потенциала и косвенные методы оценки социальных функций лесов.

Суть прямых методов сводится к определению стоимости социальных функций лесов путем выявления их значимости для конкретных людей на основе данных о предполагаемом, фактическом или высказанном ими отношении к оцениваемой территории лесов. К ним относятся:

- метод субъективной оценки (на основе опросов);
- метод транспортно-путевых затрат;
- метод гедонического ценообразования;
- метод превентивных расходов (на основе готовности платить за недопущение ущерба).

Косвенная оценка социальных функций лесов основана на использовании данных об издержках (затратах), связанных с предотвращением последствий ухудшения качества природного потенциала. Гибель или вырубка древостоев в пригородных лесах ведут к снижению их рекреационной привлекательности, снижению оздоровительной роли, а это, в свою очередь, влечет за собой затраты с чьей-либо стороны. К ним относятся:

- метод человеческого капитала;
- метод функции производства;
- метод функции ущерба;
- метод стоимости восстановления.

Критерий оценки

В качестве комплексного критерия экономической оценки социальных функций лесных ландшафтов могут использоваться различные показатели, основанные на тех же принципах, что и экономические эквиваленты: затраты, продуктивность, доход, рента.

В общем виде критерий комплексной оценки лесных ландшафтов (экосистем) \mathcal{E} представляет функциональную зависимость от суммы годовых эффектов R_i за n лет, определяемых значениями натуральных показателей K_i , их экономическими эквивалентами C_i и соответствующими затратами Z_i , которые, в свою очередь, зависят от временных моментов t_i :

$$\mathcal{E} = f \left(\sum_{i=1}^n \{R_i = (K_j, C_j, Z_j); t_i\} \right).$$

Суммарный эффект рассчитывается с учетом пространственно-временной динамики природолесообразовательного процесса, характера природопользования и дисконтирования денежных величин.

В табл. 8 приведены оценки социальных функций лесных ландшафтов (лесов) в одном из лесокадастровых округов Красноярского края (2000 г.).

Таблица 8

Стоимость отдельных социальных функций лесов, тыс. руб./га
(равнинный южно-таежный лесокадастровый округ, Красноярский край)

Порода	Группа таежных лесов	Преобладающий класс бонитета	Виды социальных функций		
			Рекреационная	Оздоровительная	Воспитательно-образовательная
Кедр	Крупнотравная	I-II	16,6	21,4	23,7
	Осочково-разнотравная	II	12,8	16,5	18,3
	Зеленомошная	III-IV	12,5	16,0	17,8
	Травяно-болотная	V	10,7	13,8	15,3
	Сфагновая	V-Va	9,6	12,0	13,6
Сосна	Осочково-разнотравная	I-II	13,6	17,5	16,5
	Зеленомошная	II-III	11,4	14,8	7,4
	Сфагновая	IV-V	5,2	6,7	7,9
	Лишайниковая	IV	5,5	7,1	
Ель	Зеленомошная	III	10,1	13,0	14,4
	Осочково-разнотравная	II-III	10,6	13,6	15,1
	Сфагновая	V	6,3	8,1	9,0
Береза	Крупнотравная	I-II	7,9	10,1	11,2
	Осочково-разнотравная	II	7,1	9,1	10,1
	Зеленомошная	III	6,1	7,8	8,7
	Травяно-болотная	V	4,2	5,4	6,0
	Сфагновая	V-Va	3,2	4,1	4,5

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гумилев, Л.Н. Этногенез и биосфера Земли / Л.Н. Гумилев. – 2-е изд. – Л.: Изд. ЛГУ, 1989. – 496 с.
2. Лихачев, Д.С. Экология культуры // Советские писатели о жизни и мире. – М.: 1989. – С. 93–105.
3. Гальперин, М.И. Ландшафтная таксация лесопарковых насаждений / М.И. Гальперин, А.А. Николин. – Свердловск, 1971. – 136 с.

Получено 11.06.2010

© А.И. Гагарин, Т.А. Лебедева, 2010

ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ



УДК 378

И.В. Рязанцева

СГГА, Новосибирск

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ НАБОРА СТУДЕНТОВ В ВУЗЫ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ

I.V. Ryazantseva

SSGA, Novosibirsk

APPLICATION OF MODERN TECHNOLOGIES FOR STUDENT'S ADMISSION TO GEODETIC HIGHER EDUCATIONAL ESTABLISHMENTS

Набор абитуриентов в вузы в последние годы становится все более актуальной задачей. По оценкам экспертов уже в 2009 г. в вузах ожидался недобор студентов. Основные причины – демографический спад, экономическая нестабильность, а так же серьезные изменения в правилах приема. Несмотря на это, в 2008 г. набор в Сибирскую государственную геодезическую академию прошел успешно. В СГГА в основном шли те выпускники школ, которые уже определились с выбором профессии. Широко востребованные специальности академии традиционно пользуются популярностью среди школьников и их родителей, и это сыграло главную роль.

Академия в 2009 г. приняла более 8 000 заявлений, из них на очную форму – почти 6 500 заявлений от абитуриентов из разных регионов России. Многие воспользовались возможностью подачи документов по почте, что существенно расширило географию набора. Самый высокий конкурс был на специальностях «Экономика и управление на предприятии», «Городской кадастр», «Информационные системы и технологии», «Геоэкология». Средний конкурс по академии по заявлениям составил 13,6 человек на место, реальный – около 4 человек на место.

По итогам зачисления уже в первую волну в академии были заполнены все бюджетные места. Количество абитуриентов, принятых на договорную форму в 2009/10 учебном году практически совпало с результатами от прошлого года.

Факторы, которые повлияли на прием в 2009/10 учебном году:

- ухудшение демографической ситуации;
- востребованность информации о порядке приема в академию;

- введение ЕГЭ в штатный режим;
- новый перечень вступительных испытаний;
- изменение сроков подачи документов;
- различные формы вступительных испытаний;
- организация пункта приема ЕГЭ «вторая волна» в академии по трем предметам;
- изменение порядка приема для победителей олимпиад школьников;
- соблюдение нового порядка приема граждан с ОВЗ.

Из рис. 1 следует, что процент сокращения количества выпускников по отношению к 2006 г. составил: 2007 г. – 9,9 %; 2008 г. – 14 %; 2009 г. – 19,7 %; 2010 г. – 25,3 %.

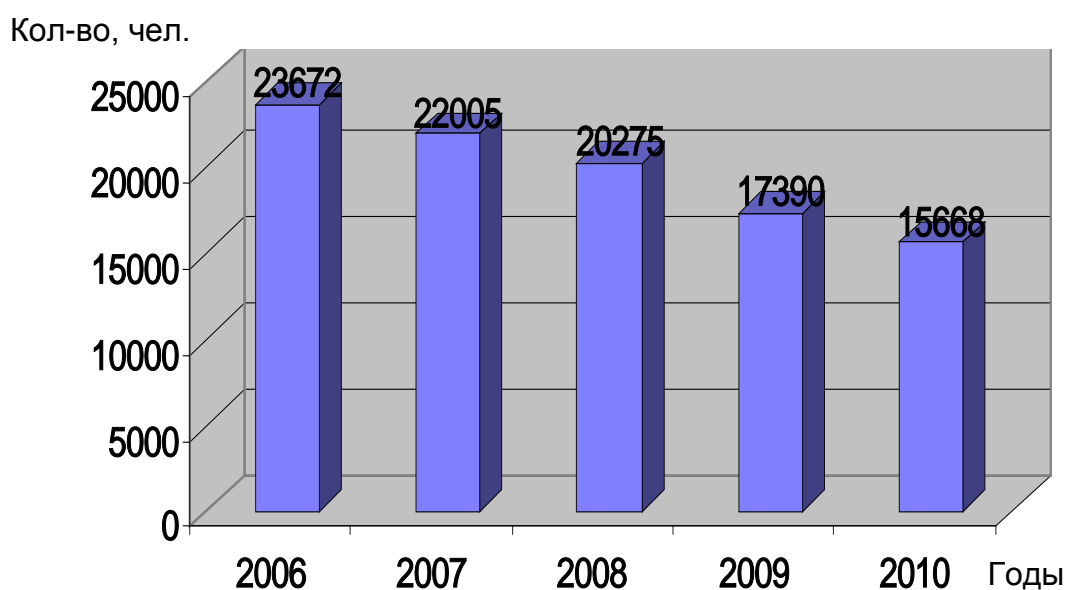


Рис. 1. Количество выпускников 11-х классов школ региона за период 2006–2010 гг.

В сложившейся ситуации основные направления работы центра тестирования и профориентации выглядели следующим образом:

- формирование нормативной базы приема;
- организация и проведение профориентационной работы;
- организация подготовительных курсов;
- размещение информации о вузе в справочных изданиях, на сайте СГГА;
- участие в образовательных ярмарках;
- проведение «Дня открытых дверей»;
- формирование структуры и состава комиссий (отборочных, предметных, апелляционных и т. д.);
- подготовка и проведение региональной олимпиады;
- организация работы приемной комиссии;

- подготовка ППЭ и проведение июльской волны ЕГЭ;
- подготовка отчетных документов.

Рассмотрим подробнее основные направления работы Центра тестирования и профориентации (ЦТиП).

Профориентационная работа в академии велась в соответствии с планом работы приемной комиссии. Информация для абитуриентов о специальностях (направлениях) и условиях поступления в академию выставлялась в различных информационных сборниках и СМИ.

28 марта 2009 г. в академии был проведен «День открытых дверей».

В мероприятии приняло участие 270 школьников. Кроме того, академия участвовала в Международной образовательной выставке «УчСиб-2009», где была представлена экспозиция академии, ориентированная на привлечение абитуриентов, проводились консультации для потенциальных абитуриентов, демонстрировались видеоролики.

Профориентационная работа концентрировалась в школах г. Новосибирска и районах Новосибирской области. Наряду с информацией о специальностях и направлениях обучения, условиях приема в СГГА, учащимся предлагалась разнообразная наглядная информация.

ЦТиП проводил предварительное компьютерное тестирование абитуриентов в форме ЕГЭ, позволившее выпускникам школ пройти демонстрационные тесты по всем предметам школьной программы, получить репетиционный опыт, оценить уровень знаний по предметам школьной программы, подготовиться психологически к процедуре тестирования.

По результатам тестирования школьники смогли оценить свой уровень готовности к сдаче базовой составляющей экзамена, получить распечатку с анализом эффективности выполнения заданий по тематическим разделам курса школьной программы.

Через тестирование прошло 240 человек, что в 2 раза больше, чем в 2008 г.

Для абитуриентов, не определившихся с выбором специальности, ЦТиП предлагал пройти дополнительное профориентационное компьютерное тестирование, которое помогало школьникам выбрать профильное обучение, вуз, специальность, определить профессиональные склонности, выявить свои сильные и слабые стороны, наметить пути подготовки в вуз.

Сеанс профконсультации включал два основных этапа: компьютерное тестирование и консультацию. Профориентационное тестирование позволило провести анализ интересов, личностных качеств и способностей учащихся.

Традиционно проводились подготовительные курсы разной продолжительности (до 7-ми месяцев).

Была проведена региональная открытая межвузовская предметная олимпиада по математике (дополнительный этап Всесибирской Олимпиады), в которой участвовали 180 человек.

Набор в академию в 2009 г. проводился в соответствии с контрольными цифрами приема и был увеличен на 47 мест по сравнению с предыдущим годом. Результаты приведены в табл. 1.

Таблица 1

Количество бюджетных мест в СГГА (2008, 2009 гг.)

Перечень укрупненных групп специальностей	2008 г.	2009 г.
Естественные науки	40	40
Экономика и управление	60	53
Информационная безопасность	15	20
Геодезия и землеустройство	185	214
Оружие и системы вооружения	20	25
Приборостроение и оптотехника	100	110
Информатика и вычислительная техника	35	35
Безопасность жизнедеятельности, природообустройство и защита окружающей среды	20	25
Всего	475	522

Прием и оформление документов абитуриентов проводились в специально оборудованной аудитории, оснащенной компьютерами. Информация об абитуриенте заносилась в адаптированную для этого базу данных. Сформированные на этой базе заявления распечатывались и передавались абитуриентам с целью проверки и проставления подписи. Одновременно заверялись копии необходимых документов. Режим работы по принципу «одного окна» существенно позволил сократить время подачи и оформления документов абитуриентов, поступающих одновременно на несколько специальностей. На оформление одного заявления требовалось 7–10 минут, пакет документов формировался в личное дело абитуриента и передавался в приемную комиссию.

Абитуриентов, желающих участвовать во второй волне ЕГЭ, оформляли и регистрировали в отдельном порядке. Консультанты знакомили абитуриентов с расписанием проведения ЕГЭ, давали направления в другие вузы, обеспечивали ксерокопиями документов для подачи заявления.

В сложных случаях к услугам абитуриентов были специалисты Центра тестирования и профориентации СГГА, в том числе ответственный секретарь приемной комиссии и консультанты приемной комиссии. Для иногородних абитуриентов была организована возможность задавать вопросы по телефону, электронной почте и через группу на сайте «ВКонтакте», где наши специалисты

отвечали в режиме реального времени. Кроме того, на сайте «НГС» была организована он-лайн конференция с ректором Сибирской государственной геодезической академии А.П. Карпиком.

По окончании срока приема документов были сформированы объединенные списки рекомендованных к зачислению.

На рис. 2 приведена динамика подачи заявлений и характеристика состава абитуриентов.

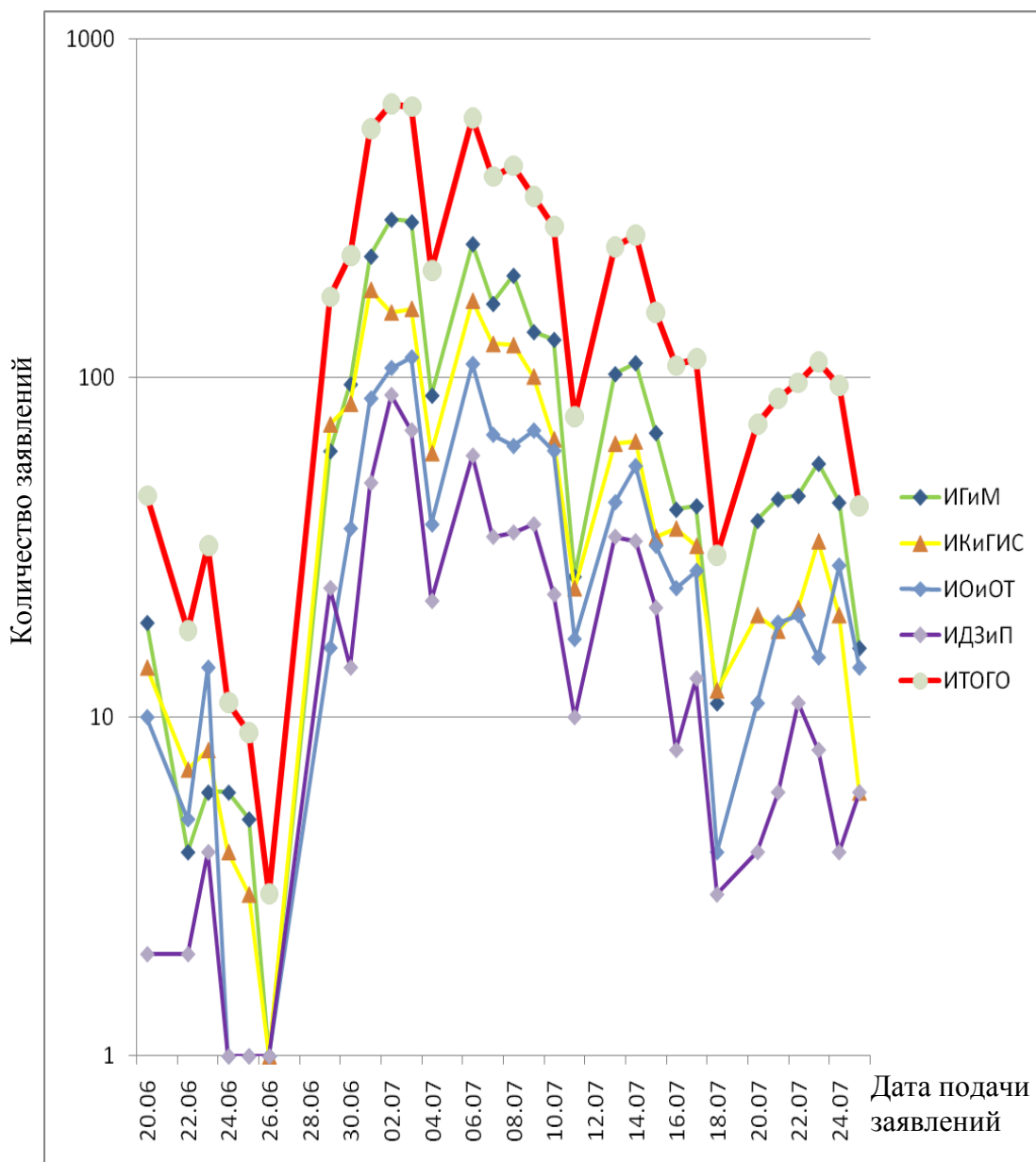


Рис. 2. Динамика подачи заявлений

В табл. 2–5 представлена конкурсная ситуация и проходной балл на специальности институтов при зачислении.

Таблица 2

Институт геодезии и менеджмента

Название специальности и направления	Количество бюджетных мест	Подано заявлений	Конкурс ч/место	Проходной балл
Экономика и управление на предприятии (туризма и гостиничного хозяйства)	8	633	79	210
Экономика и управление на предприятии (в геодезическом производстве)	8	488	61	197
Менеджмент организации	14	580	41	193
Геодезия (бакалавр)	15	82	5	114
Прикладная геодезия	50	270	5	137
Астрономогеодезия	10	97	10	121
Космическая геодезия	15	110	7	127
Информационные системы и технологии	35	304	9	160
Менеджмент (бакалавр)	9	147	16	170

Таблица 3

Институт кадастра и геоинформационных систем

Название специальности и направления	Количество бюджетных мест	Подано заявлений	Конкурс ч/место	Проходной балл
Экономика и управление на предприятии (в природопользовании)	3	411	136	203
Экономика и управление на предприятии (в операциях с недвижимым имуществом)	8	652	82	205
Землеустройство и кадастры (бакалавр)	15	136	9	158
Городской кадастр	29	362	12	169
Безопасность жизнедеятельности в техносфере	25	192	8	132

Таблица 4

Институт дистанционного зондирования и природопользования

Название специальности и направления	Количество бюджетных мест	Подано заявлений	Конкурс ч/место	Проходной балл
Картография	20	192	10	165
Геоэкология	20	228	11	175
Исследование природных ресурсов аэрокосмическими методами	15	121	8	134
Аэрофотогеодезия	15	133	8	116

Таблица 5

Институт оптики и оптических технологий

Название специальности и направления	Количество бюджетных мест	Подано заявлений	Конкурс ч/место	Проходной балл
Экономика и управление на предприятии (в машиностроении)	3	364	121	201
Организация и технология защиты информации	20	260	13	155
Испытание и эксплуатация техники (электроника)	25	116	5	102
Опtotехника (бакалавр)	20	75	4	111
Оптико-электронные приборы и системы	23	114	5	94
Технология приборостроения	23	140	6	101
Метрология и метрологическое обеспечение	24	172	7	134

Характеристика состава абитуриентов

Подано заявлений:

- очная форма: 6 463;
- очно-заочная форма: 167;
- заочная: 1 814.

Зачислено:

– очная форма – 832 чел. (2008 г. – 897 чел.). Из них на бюджетную форму обучения – 552 чел.: по направлению подготовки бакалавров – 59 чел.; специа-

листов – 393 чел.; магистров – 70 чел. (для сравнения: 2008 г. – 415 чел.). На договорной основе – 310 чел. (в 2008 г. – 423 чел.);

– очно-заочная форма – 89 чел. (на бюджетное обучение – 38 чел.; обучение на договорной основе – 51 чел.);

– заочная форма – 791 чел. (на бюджетную форму обучения – 91 чел.; обучение на договорной основе – 700 чел.).

Зачислено из особых категорий граждан:

– сироты, дети оставшиеся без попечения родителей – 14 чел. (2008 г. – 13 чел.);

– инвалиды – 1 чел. (2008 г. – 10 чел.);

– по целевому набору – 36 чел. (2008 г. – 59 чел.);

– иностранные граждане – 2 чел.;

– лица с медалью – 9 чел. (2008 г. – 31 чел.);

– технический лицей при СГГА – 48 чел. (2008 г. – 61 чел.).

Средний конкурс составил 14,2 чел. на место (по заявлениям), 3,9 чел. на место (по 1 приоритету).

Динамика подачи заявлений на места госбюджетного финансирования за период 2005–2009 гг. представлена на рис. 3.

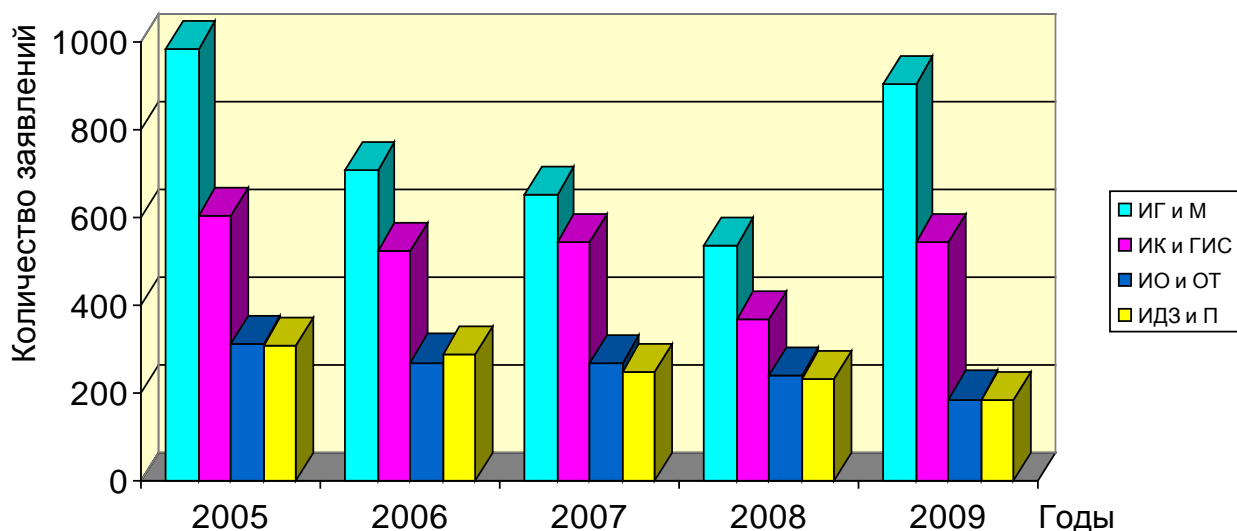


Рис. 3. Динамика подачи заявлений на места госбюджетного финансирования в СГГА по каждому институту

Анализ работы приемной комиссии позволяет сделать следующие выводы.

1. Исходя из прогноза выпуска школ Новосибирской области в 2010 г., необходимо увеличить объем профориентационной работы, в том числе:

- увеличить число «Дней открытых дверей»;

- улучшить рекламную продукцию;
- использовать для профориентации лучшие лаборатории;
- разнообразить формы профориентационной работы.

2. Особое внимание следует обратить на снижение численности абитуриентов, поступающих по целевому набору. Необходимо развивать взаимодействие с производственными организациями и школами, способными заинтересовать школьников инженерными специальностями.

Получено 11.06.2010

© *И.В. Рязанцева, 2010*

ХРОНИКА



УДК 65.9 (2.Рос) 28
И.В. Лесных
СГГА, Новосибирск

НАЧАЛО СТАНОВЛЕНИЮ ОБЪЕДИНЕНИЯ КАДАСТРОВЫХ ИНЖЕНЕРОВ СИБИРИ ПОЛОЖЕНО

I.V. Lesnykh
SSGA, Novosibirsk

THE BEGINNING OF CADASTRE ENGINEERS INTEGRATION IN SIBERIA HAS BEEN STARTED

В апреле 2008 г. Координационный совет по государственному кадастру объектов недвижимости и регулированию земельных отношений Межрегиональной Ассоциации (МА) «Сибирское соглашение» принял решение о необходимости создания в Сибири саморегулируемой организации кадастровых инженеров.

Сама квалификация «кадастровый инженер» предусмотрена Федеральным законом РФ № 221-ФЗ «О государственном кадастре недвижимости» (ст. 29, гл. 4), вступившим в действие с 1 марта 2008 г. Следует отметить, что к началу 2010 г. положение ст. 29 Федерального закона № 221-ФЗ пока не реализовано, а продлено до 01.01.2011 г.

Первым шагом по выполнению решения Координационного совета МА «Сибирское соглашение» стало создание некоммерческого партнерства «Объединение кадастровых инженеров Сибири» (НП «ОКИС»).

НП «ОКИС» создавалось в соответствии с Федеральным законом №7-ФЗ «О некоммерческих организациях» (с дополнениями), действующим с января 1996 г.

В июле 2008 г. в Новосибирске состоялось учредительное собрание по созданию некоммерческого партнерства «Объединение кадастровых инженеров Сибири». На собрании присутствовали около 40 представителей общественных, образовательных и производственных организаций (Межрегиональной организации «Сибирское соглашение», территориального управления Роснедвижимости по НСО, Сибирской государственной геодезической академии) 7 регионов

СФО: Новосибирской, Кемеровской, Иркутской областей, Красноярского и Алтайского краев, республик Хакасии и Горного Алтая.

На повестке собрания стояли вопросы:

- об учреждении НП «Объединение кадастровых инженеров Сибири» и утверждении его Устава;
- о формировании органов управления и избрании Исполнительного органа партнерства;
- о порядке регистрации партнерства;
- об утверждении итоговой резолюции.

Выступившие участники собрания подчеркнули необходимость создания объединения кадастровых инженеров для производственных организаций, занимающихся землеустроительной и кадастровой деятельностью в Сибири, а также необходимость обобщения передового опыта и подготовки специалистов к квалификационному экзамену на звание «Кадастровый инженер».

В результате обсуждения и проведения голосования участниками собрания был утвержден Устав некоммерческого партнерства «ОКИС», избраны органы управления: президиум, президент, вице-президенты. Президентом НП «ОКИС» стал профессор, заслуженный работник геодезии и картографии РФ И.В. Лесных, а вице-президентами – первый заместитель председателя исполкома МА «Сибирское соглашение» В.А. Алтухов, директор ООО «ГЕОКАД плюс» Г.В. Горн, президент Союза геодезистов и землеустроителей Сибири М.Ф. Зуевский; директором НП «ОКИС» избран Д.А. Крылов.

В резолюции учредительного собрания указано, что важнейшей перспективной задачей НП «ОКИС» является создание саморегулируемой организации кадастровых инженеров Сибири, которая соответствует требованиям Федерального закона №315-ФЗ «О саморегулируемых организациях» и Гражданского кодекса РФ.

После государственной регистрации в 2009 г. некоммерческое партнерство «ОКИС» приступило к осуществлению своей уставной деятельности:

- разработке внутренних стандартов и правил, регулирующих профессиональную и предпринимательскую деятельность ее членов;
- оказанию консультаций и помощи в реализации кадастровой деятельности в регионах при обращении в территориальные органы Росреестра (Роскартографии, Роснедвижимости);
- содействию в поддержании профессионального уровня членов НП и индивидуальных предпринимателей;
- содействию в подготовке к сдаче квалификационного экзамена по программе кадастровых инженеров;
- проведению вместе с партнерами НП «ОКИС» (СГГА, Территориальные организации Роснедвижимости, другие партнеры и специалисты) обучающих краткосрочных семинаров по изменяющемуся законодательству РФ в области кадастровой и иной деятельности (например, по ведению «межевого плана»).

В помощь кадастровым инженерам по инициативе НП «ОКИС» в Сибирской государственной геодезической академии разработаны программы по 7 наиболее важным разделам для сдачи квалификационного экзамена. По итогам освоения отдельных программ будут выдаваться документы государственного образца о повышении квалификации (не менее 72 часов), а в результате освоения всей программы (не менее 500 часов) – диплом о дополнительном профессиональном образовании. Все образовательные программы размещены в сети Интернет на сайте СГГА и на сайте НП «ОКИС». Занятия по вышеуказанным программам будут проводить ведущие специалисты СГГА, других организаций и учебных заведений г. Новосибирска.

В настоящее время функции кадастровых инженеров в Сибирском Федеральном округе выполняют специализированные организации, имеющие лицензии на проведение работ. Часть из них (более 40) объединились в НП «ОКИС», которое в настоящее время преобразуется в саморегулируемую организацию «ОКИС».

Получено 11.06.2010

© *И.В. Лесных*, 2010

Е.А. Луговская

УЦ «Планетарий» СГГА, Новосибирск

НАКАНУНЕ ПЯТОГО СИБИРСКОГО АСТРОНОМИЧЕСКОГО ФОРУМА

E.A. Lugovskaya

EC «Planetarium» SSGA, Novosibirsk

ON THE EVE OF THE 5-TH SIBERIAN ASTRONOMIC FORUM

Звездное небо всегда у нас над головой. Но часто ли мы находим время для того, чтобы побыть наедине с ним?

В Новосибирске с 2006 г. проводятся Сибирские астрономические форумы. Ежегодно в сентябре собираются люди, для которых праздником является сама возможность наблюдать звездное небо без городской засветки, да еще и с использованием современных телескопов. Цель Сибирских астрономических форумов заключается не только в пропаганде научного знания и в профессиональной ориентации молодежи, но также в том, чтобы показать простым жителям города, как можно с интересом и пользой проводить свой досуг. И еще одна очень важная задача – сплочение любителей астрономии г. Новосибирска и других регионов.

Эти идеи нашли поддержку и развитие в администрации города. В оргкомитет форума вошли представители нескольких организаций. В работу с самого начала активно включились энтузиасты из Сибирской государственной геодезической академии, так что СГГА и ФГУП ПО «Новосибирский приборостроительный завод» стали его равноправными организаторами. Было решено, что форум – мероприятие регионального уровня, но уже в 2006 г. в нем участвовали представители из Казахстана, таким образом, форум приобрел международный статус.

Проходит Сибирский астрономический форум каждый год в середине сентября в лагере «Чкаловец» на берегу Обского моря недалеко от деревни Бурмирово.

На первый «Сибастро-2006» собрались представители около 10 городов Сибирского региона и г. Москвы. Почетным гостем первого форума был дважды Герой Советского Союза Г.М. Гречко, по предложению которого форум стал проводиться ежегодно.

Каждый раз программа формируется вокруг одной центральной темы. Так, например, в 2008 г. на третьем «Сибастро» такой темой стало полное солнечное затмение, которое наблюдалось в г. Новосибирске (а также г. Барнауле и Республике Алтай) 1 августа 2008 г. Атмосферу мероприятия создавали любители астрономии, рассказывая о своих достижениях, и гости форума, среди которых было немало известных людей: профессиональный астроном-солнечник из Московского государственного астрономического института Э.В. Кононович, ака-

демик археолог В.Е. Ларичев, известный астроном С.А. Язев из г. Иркутска, основоположник любительской астрономии в г. Новосибирске Л.Л. Сикорук.

На первом форуме была высказана идея, развитие которой привело к решению создать в г. Новосибирске детско-юношеский астрономический центр (планетарий). Проект будущего планетария уже был подготовлен рабочей группой, возглавляемой мэром г. Новосибирска В.Ф. Городецким, выделена площадка и, если бы не сложный период в жизни нашей страны, строительство бы уже началось.

Юбилейным для астрономии был 2009 г. Ровно четыре столетия назад итальянским ученым Галилеем Галилео были проведены астрономические наблюдения с помощью телескопа, тем самым был совершен революционный прорыв в астрономии.

Организацией ЮНЕСКО 2009 г. был объявлен Всемирным годом астрономии. В нашей стране был создан национальный комитет, в состав которого вошел и представитель из г. Новосибирска. Одна из практических задач, которая ставится перед государством – вернуть астрономию в школьную программу и обеспечить каждую школу хотя бы одним телескопом.

Космическая тема в нашем городе имеет крепкие корни. Поэтому астрономический форум легко нашел партнеров и сторонников, среди которых: учебный центр «Планетарий» при СГГА, Аэрокосмический лицей им. Ю.В. Кондратюка, Мемориальный музейный центр Ю.В. Кондратюка, проект «Колокол Мира» и др.

Астрономический форум «Сибастро-2009» был проведен 18–20 сентября 2009 г. Центральной темой форума стало празднование Всемирного года астрономии и 400-летнего юбилея первого телескопа. В работе форума участвовали летчик-космонавт А.И. Лазуткин, астроном С.А. Язев (г. Иркутск), астрофотограф И.И. Чекалин (г. Таганрог), академик археолог В.Е. Ларичев и еще около 300 гостей и участников из 21 города России и стран ближнего зарубежья.

В программе форума были наблюдения звездного неба в телескопы, доклады и сообщения, видеофильмы и презентации, астрономические конкурсы и викторины для школьников, фотовыставки и экспозиции, мастер-классы по астрофотографии и приборам ночного видения, культурно-развлекательные мероприятия, в том числе полеты на настоящем воздушном шаре.

По решению Оргкомитета Международного инновационного форума «Интерра» Сибирский астрономический форум «Сибастро» с 2010 г. является площадкой Прединтерии.

Сибирский астрономический форум – единственный подобный форум в Сибирском регионе и очевидно, что он получит свое дальнейшее развитие. Оргкомитет «Сибастро» ведет работу по привлечению к участию в форуме представителей из стран дальнего зарубежья.

Очень важным фактором при проведении форума, является участие в нем студенческой молодежи и школьников. Ежегодно в «Сибастро» принимают участие учащиеся Аэрокосмического лицея, Технического лицея при СГГА,

омские школьники – любители астрономии, студенты НГПУ, студенты и сотрудники СГГА.

Студенты и преподаватели Сибирской государственной геодезической академии в рамках форума выполняют большой объем организационной и технической работы, но, прежде всего, они реализуют свои профессиональные навыки. Студентам предоставлена прекрасная возможность непосредственного общения с конструкторами телескопов – представителями ФГУП ПО «Новосибирский приборостроительный завод», а также с теми, кто представляет телескопы, сделанные собственноручно. Обсуждаются и особенности конструкции и технические возможности телескопов. Любители и профессионалы делятся своими идеями, обсуждают результаты астрономических наблюдений, возможности фотографирования астрономических объектов, привозят на выставку собственные астрономические снимки.

Студенты также приобретают опыт общения с людьми различного возраста, учатся отвечать на вопросы специалистов и детей, которые участвуют во всех мероприятиях форума.

Особое место уделяется профориентационной работе среди молодежи, присутствующей на форуме. Геодезическая академия готовит специалистов: оптиков, инженеров в области космической геодезии и астрономо-геодезии. Поэтому практические навыки, которые получают студенты академии, работая на форуме, являются важной частью процесса обучения. Формирование навыков, приобретаемых студентами во время «Сибастро», продолжается на Днях астрономии, организуемых на площадках города.

Дни астрономии в г. Новосибирске проводятся с 2006 г. Инициаторы: УЦ «Планетарий», Институт оптики и оптических технологий СГГА. Цель данных мероприятий: познакомить людей с астрономией. Поэтому Дни Астрономии являются тем редким случаем для жителей города, студентов и школьников, когда можно увидеть небесные астрономические объекты с помощью качественной оптической техники, сфотографировать эти объекты с помощью личной фото- и видеоаппаратуры. Данное мероприятие используется для популяризации астрономии, привлечения слушателей в планетарий, а также в целях профориентации, так как основную массу участников составляют школьники и родители с детьми. В течение всего мероприятия (а это целый день) на площадке работают специально подготовленные студенты, в обязанности которых входит не только грамотное общение, профессиональные ответы на вопросы, но и умение работать с приборами.

Дни астрономии, как правило, проводятся весной. Летом 2009 г. эта работа была продолжена в загородных детских лагерях, где по два–три дня работали бригады наших студентов. В их задачи входили астрономические наблюдения, а также демонстрация работы с телескопами для всех желающих. Пока работа осуществлялась только в пяти загородных лагерях, но планируется расширять и количество площадок, и перечень используемых для работы телескопов. Эта работа также была выстроена в тесном сотрудничестве с ФГУП ПО «Новоси-

бирский приборостроительный завод» и отделом образования мэрии г. Новосибирска.

Работа проводится на высоком качественном уровне и имеет хороший отклик со стороны общественности города. Это стало возможно благодаря тому, что наш город обладает уникальными условиями: наличием приборостроительного завода, выпускающего качественные современные телескопы, профильного вуза, студенты которого ведут активную работу в области популярной и любительской астрономии, а также постоянной поддержке мэрии города, которая оказывает помощь в организации работы со школьниками. Подготовка всех астрономических массовых мероприятий ведется в течение года, при этом организаторы стараются учитывать пожелания их участников, чтобы космос стал открытым для всех желающих.

Получено 31.05.2010

© *Е.А. Луговская, 2010*

В.Б. Жарников, И.А. Мусихин
СГГА, Новосибирск

ОБ УЧАСТИИ СГГА В МЕЖДУНАРОДНОМ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЕКТЕ «TEMPUS»

V.B. Zharnikov, I.A. Musikhin
SSGA, Novosibirsk

ON THE EXPERIENCE OF SSGA PARTICIPATION IN THE INTERNATIONAL EDUCATIONAL PROJECT «TEMPUS»

Участие СГГА в разработке магистерской программы «Земельно-информационные системы и администрирование» в рамках проекта «TEMPUS» началось в феврале 2009 г. Партнерами академии по разработке учебных курсов магистерской программы и участниками проекта выступают: Южный федеральный университет (ЮФУ) и МОСГУГК (МИИГАиК); от Евросоюза – Королевский Технологический Институт (КТН, Швеция); Технологический университет, г. Хельсинки (Финляндия) и Технологический университет (ТУ), г. Дельфт (DTU, Нидерланды).

Проект утвержден и финансируется Еврокомиссией, главный распорядитель гранта – КТН, а общее руководство работой по проекту осуществляет один из ведущих специалистов в области кадастра и земельных отношений Швеции, профессор КТН Ханс Маттссон. В СГГА, как и в других вузах, создан творческий коллектив, перед которым были поставлены задачи, определены сроки разработки учебных программ курсов и составления компендиумов. В рамках реализации проекта предусмотрены обучающие семинары, организуемые зарубежными партнерами на своих образовательных и производственных площадках. Так, за истекший период члены российского консорциума вузов смогли ознакомиться с опытом разработки и внедрения магистерских курсов в образовательные магистерские программы в области кадастра, реализуемые ведущими университетами Финляндии, Швеции и Нидерландов.

Работа всех членов консорциума над формированием тематического и практического наполнения учебных модулей выполняется в строгом соответствии с утвержденным планом мероприятий:

- ✓ разработка учебных программ курсов и компендиумов – 21 сентября 2010 г.;
- ✓ срок завершения всех работ, включая отчетные материалы по проекту, – 01 февраля 2012 г.;
- ✓ первый набор в магистратуру – июль 2011 г., срок обучения – 2 года, контингент – выпускники бакалавриата по направлениям «Землеустройство и кадастр», «Геодезия», «Менеджмент».

Помимо подготовки пакета учебных изданий по курсам магистерской программы, всем членам консорциума были выделены средства на приобретение

учебно-производственного оборудования, программного обеспечения, специальной и учебной литературы.

Проектом предусматривается, что в целях повышения студенческой мобильности все курсы магистерской программы или часть из них будет преподаваться на английском языке. Тем самым, создается база для обмена студентами и преподавателями между членами консорциума вузов, в том числе между ведущими европейскими университетами. В настоящее время в академии организованы курсы языковой подготовки преподавателей и аспирантов для преподавания учебных дисциплин на английском языке.

Особенность предлагаемой магистерской программы подчеркивается глубоко продуманной методологией ее формирования, предполагающей изучение продвинутых курсов технических, правовых и экономических дисциплин, ориентированных на передовые мировые достижения в соответствующих областях, а также прохождение профессионально ориентированных практик и моделирование учебного процесса в тесном взаимопроникновении с поисковой и научно-исследовательской работой под руководством ведущих специалистов СГГА и других организаций.

Исключительная роль отводится систематической, в том числе самостоятельной и групповой (командной) работе магистрантов, итоги которой предполагается оценивать с помощью регулярного тестирования с выдачей необходимых рекомендаций.

Изучаемые дисциплины программы (четырнадцать за два года обучения) будут оцениваться по двум системам: кредитами, т. е. обязательным, официально зафиксированным временем их изучения, включая самостоятельную работу, а также привычной для российской высшей школы системе «5–4–3», получаемой как среднее арифметическое из всех оценок результатов тестирования отдельных блоков программы.

Лучшие магистранты получают возможность пройти научно-образовательные стажировки в ведущих зарубежных и отечественных университетах и производственных организациях.

Необходимо отдать должное тому, что при разработке магистерской программы всеми участниками проекта была проведена большая подготовительная работа по изучению спроса на рынке труда. В связи с этим достигнута договоренность о взаимодействии академии с потенциальными работодателями будущих выпускников. Среди организаций, проявивших интерес к подготовке специалистов в данной сфере, можно выделить: территориальные управления Росреестра ряда субъектов РФ СФО, государственные и негосударственные организации, выполняющие работы в сфере кадастровых систем. Важной частью реализации проекта являются регулярные семинары-совещания координаторов – руководителей вузовских коллективов разработчиков, проводимые администрацией проекта, а также обучающие семинары для специалистов отдельных блоков магистерской программы. Таковыми, в частности, стали семинары в Москве (Россия, февраль, 2009 г., май, 2010 г.), Ростове-на-Дону (Россия, сен-

тябрь, 2009 г.), Стокгольме (Швеция, март, 2009 г.), Хельсинки (Финляндия, ноябрь, 2009 г.), Дельфте (Нидерланды, июнь 2010 г.), Новосибирске (Россия, апрель, 2010 г.). На последнем семинаре остановимся подробнее.



23–29 апреля 2010 г. на базе СГГА и МВЦ «ИТЕ Сибирская ярмарка» прошла Международная научно-методическая конференция, посвященная реализации проекта «TEMPUS», на которой присутствовали представители вузов – участников, в том числе руководитель проекта профессор Х. Маттссон и координатор проекта от российской стороны, заместитель декана гуманитарного факультета МИИГАиК Н.Р. Камынина.

В ходе конференции были заслушаны и обсуждены сообщения разработчиков программы учебных курсов, среди которых активное участие приняли: директор ИГиМ, доцент С.В. Середович, профессора СГГА: Е.И. Аврунев, И.А. Гиниятов, А.Г. Неволин, директор МЦО И.А. Мусихин, доценты: А.И. Маркеев, А.М. Портнов, Е.И. Лобанова, А.В. Дубровский, Я.Г. Пошивайло, А.В. Шабурова, ст. преподаватели: Е.Л. Соболева, Е.В. Елифанова, А.В. Кожемякина, О.А. Мирошникова, А.Л. Ильиных. Активное участие в работе приняли наши гости: профессор Х. Маттссон, заместитель декана гуманитарного факультета МИИГАиК Н.Р. Камынина, директор института прикладной математики ЮФУ, профессор Ф.А. Сурков, профессор Я. Зевенберг (ТУ, г. Дельфт, Нидерланды), почетный профессор И. Бурштедде (Германия).



При их непосредственном участии была торжественно открыта специализированная лаборатория кадастровых технологий «Центр TEMPUS», проведен Круглый стол «Современное состояние и перспективы развития геодезической отрасли России», а также ряд других мероприятий международного форума «ГЕО-Сибирь-2010», проходившего в г. Новосибирске в это же время.

Основные итоги работы СГГА по проекту «TEMPUS» за весь период реализации проекта профессор Х. Маттссон охарактеризовал положительно и отметил высокий уровень организации работ, удачный подбор специалистов – разработчиков программы, своевременность открытия «Центра TEMPUS» и личное участие ректора академии, профессора А.П. Карпика.

Работа конференции и круглого стола проходила во время оснащения «Центра TEMPUS» оборудованием, заказанным СГГА и оплаченным из средств выигранного гранта. Полную установку оборудования и его подключение планируется осуществить к началу 2010/11 учебного года.

Таким образом, за прошедшее время работы над проектом коллективы разработчиков создали, на наш взгляд, все предпосылки для его успешного завершения в феврале 2012 г., подготовки базового варианта учебной программы и ее методического обеспечения к маю 2011 г., и набора группы магистрантов на 2011/12 учебный год.

Получено 26.07.2010



© В.Б. Жарников, И.А. Мусихин, 2010

ХРОНИКА ОСНОВНЫХ СОБЫТИЙ СГГА

THE CHRONICLE OF MAIN SSGA EVENTS

2010 г.

- 28 февраля Дата основания СГГА (НИИГАиК), утверждена постановлением СНК СССР № 33 от 28.02.1933 г. «Об утверждении сети вузов».
Академия отметила 77-й год своей деятельности.
- 19–29 апреля В СГГА и на МВЦ «ITE Сибирская ярмарка» прошел VI Международный форум «ГЕО-Сибирь-2010», в рамках которого проведен масштабный научный конгресс и международная выставка с участием и при поддержке аппарата Полномочного представителя Президента РФ в СФО, Администрации Новосибирской области, Ассоциации Сибирских и Дальневосточных городов, авторитетных международных и российских организаций: FIG, ISPRS, ICA-ACJ, FAGF, DVW, Leica Geosystems, Trimble, ICA-ACI, ГИС-Ассоцисуин, НАВГЕОКОМ, ГСИ и др.
В рамках «ГЕО-Сибирь» также состоялись:
- Международный семинар по проекту «TEMPUS»;
- Специальное заседание Международного общества фотограмметрии и дистанционного зондирования (ISPRS) на тему «Обновление пространственных данных»;
- Заседание «Клуба белых слонов» Международного общества ISPRS;
- Международный семинар «Технология микропроцессов и применения нанотехнологий»;
- Научный симпозиум «Сибирское геопространство в условиях модернизации общества: история и современность».
- 16 мая 15 лет назад в СГГА в результате перестройки системы внутривузовского управления (приказ № 1/51 от 16.05.1995 г.) создано новое структурное учебное подразделение – Институт кадастра и геоинформационных систем, основной задачей которого стала подготовка и переподготовка специалистов в области землеустройства, кадастра, мониторинга земель, операций с недвижимым имуществом, безопасности жизнедеятельности в техносфере.
- 25-26 мая Делегация СГГА во главе с ректором, профессором А.П. Карпиком присутствовала на торжественном заседании и Международном форуме «Высшее геодезическое образование – история,

настоящее и будущее», посвященных 175-летию высшего геодезического образования, которые прошли в Московском государственном университете геодезии и картографии.

26 мая Посетил МИИГАиК и осмотрел выставку вице-премьер Российской Федерации С.Б. Иванов. Ректор А.П. Карпик также лично поздравил ректора Государственного университета по землеустройству, профессора С.Н. Волкова со 175-летней датой высшего землеустроительного образования.

13-16 июня Ректор академии, профессор А.П. Карпик в составе делегации от Новосибирской области во главе с Губернатором В.А. Толоконским выезжал в Китай на Международную выставку «ЭКСПО-2010», проходившую в г. Шанхай.

Состоялись полезные встречи и переговоры с представителями китайских университетов, в том числе, по их участию в международном форуме «Интерра-2010».

16 июня На базе оптического факультета СГГА в 1995 г. создан Институт оптики и оптических технологий, отмечающий ныне свое 15-летие. Здесь ведется подготовка инженеров в области опто-техники, стандартизации, метрологического обеспечения, испытаний и эксплуатации электронной техники, защиты информации, экономики и управления на предприятии. Институт является основной базой подготовки специалистов для крупнейших предприятий оптической промышленности сибирских регионов.

25 июня –
9 июля Прошли торжественные собрания в институтах СГГА. Стали дипломированными специалистами и получили дипломы о высшем профессиональном образовании 873 студента академии, из них свыше 15 % выпускников – дипломы с отличием.

Вручение дипломов проходило в красочно оформленном актовом зале в присутствии ректора, профессора А.П. Карпика, других руководителей академии, представителей органов власти и бизнеса.

ПИСЬМО В РЕДАКЦИЮ

CORRESPONDENCE COLUMN

Известный историк-геодезист, профессор кафедры высшей геодезии СГГА Георгий Николаевич Тетерин в 2008–2010 гг. выпустил в свет три объемных труда, посвященных истории геодезии с древнейших времен до настоящего времени.

Главной особенностью этих книг является то, что аналогов подобной работе в России нет, да и зарубежные сочинения, на наш взгляд, существенно уступают труду сибирского ученого.

Наиболее впечатляющей является первая книга – «История геодезии (до XX века)», изданная новосибирским издательством «Альянс-Регион» в 2008 г., в объеме 39,5 печатных листов. Прекрасные иллюстрации гармонично дополняют интереснейшую историю развития мировой геодезии до XX века. Освещена и отечественная геодезия, в том числе ее роль в развитии межевых и съемочных работ, в постановке специального образования, в издании учебной, научной и производственной литературы, в формировании того фундамента, который стал основой современного землеустройства и кадастра недвижимости.

Не вдаваясь в критику некоторых авторских концепций, хотелось бы подчеркнуть, что книга Г.Н. Тетерина не только показывает сложный, порой противоречивый процесс развития геодезии, ее связь с межеванием, землеустройством и кадастром, но и дает интереснейшие объяснения таковому, выстраивает логику развития значимой сферы жизнедеятельности человека, постижения новых задач и их реализации более, чем за две тысячи лет использования измерительных устройств и геометрических методов при изучении формы, размеров Земли и формирования пространственных территориальных структур на ее поверхности. Книга патриотична в хорошем смысле, дает глубокое и одновременно понятное представление о содержании геодезии, картографии, межевании земель, вобравших в себя огромный объем интеллектуальной и физической деятельности поколений, оказывающей непреходящее влияние на цивилизованное развитие нашего Отечества. Книга полезна многим категориям читателей: от школьников до профессионалов науки и практики.

Две другие книги – «Биографический и хронологический справочник (геодезия до XX в.)», 2009 год, «История геодезии – двадцатый век (Россия, СССР)», 2010 год – не менее интересны. Они содержат огромный исторический, а на наш взгляд, и теоретический материал, раскрывающий деятельность выдающихся геодезистов, картографов и специалистов, близко соприкасавшихся с этими разделами человеческой деятельности, вплоть до настоящего времени. Последний аспект подчеркнут автором книг в специальном приложении в третьей книге, посвященной деятельности геодезических организаций и образовательных учреждений Российской Федерации.

В заключение хочется выразить благодарность профессору Г.Н. Тетерину, создавшему глубокие, интересные, современные и нужные книги.

Д.А. Ламерт, кандидат экономических наук, зам. руководителя
Территориального управления Росреестра по НСО

СОДЕРЖАНИЕ

ГЕОДЕЗИЯ

1. <i>А.П. Карник.</i> Системная связь устойчивого развития территорий с его геодезическим информационным обеспечением.....	3
2. <i>А.И. Каленицкий, Э.Л. Ким, М.Д. Козориз, В.А. Середович.</i> Результаты применения гравиметрии и высокоточного нивелирования при локализации участков повышенного геодинамического риска на месторождениях углеводородов.....	14
3. <i>А.И. Каленицкий, А.В. Дубровский, В.А. Бударова.</i> Технология обработки результатов геодезического обеспечения 3D сейсморазведки на территориях месторождений нефти и газа.....	21
4. <i>А.В. Середович, А.В. Иванов, Т.А. Широкова, А.В. Антипов, А.В. Комиссаров.</i> Особенности наземного лазерного сканирования для мониторинга железнодорожных тоннелей.....	28
5. <i>В.И. Дударев.</i> Сингулярный анализ решения некоторых задач спутниковой геодезии.....	35
6. <i>Ю.В. Дементьев.</i> Учет влияния топографических масс при вычислении возмущающего потенциала.....	44
7. <i>Е.И. Аврунев.</i> Математическая обработка спутниковых построений для целей Государственного кадастра недвижимости.....	49
8. <i>К.Ф. Афонин.</i> Преобразование плоских прямоугольных координат Гаусса – Крюгера из МСК-54 в СК НСО.....	57
9. <i>Ю.В. Сурнин.</i> Адаптивный алгоритм аппроксимации модели вращения Земли.....	63
10. <i>В.Г. Колмогоров.</i> Математическое описание параметров современных движений земной коры.....	70

АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ СЪЕМКИ И ФОТОГРАММЕТРИЯ

11. <i>Т.А. Хлебникова, Е.Н. Кулик.</i> Результаты экспериментальных исследований технологии получения измерительной трехмерной видеосцены по материалам аэрокосмических съемок.....	74
--	----

ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО, КАДАСТР И МОНИТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ

12. <i>В.Б. Жарников, А.В. Ван.</i> Природно-технические системы Новосибирского Приобья как объекты кадастра.....	83
13. <i>В.Н. Щукина.</i> Геоинформационное обеспечение оценки воздействия трубопроводной транспортной системы на земельные ресурсы северных территорий.....	94

МЕТРОЛОГИЯ И МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

14. *А.Н. Теплых.* Методика определения деформаций мостовых кранов и металлоконструкций 105
15. *А.Н. Теплых.* Разработка методики аттестации мер силы с помощью средств измерений длины 112

ОПТИКА, ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

16. *В.С. Корнеев.* Экспериментальное исследование параметров крутильных колебаний полосок микромеханической отражательной дифракционной решетки 117
17. *В.В. Чесноков, Д.В. Чесноков, В.А. Райхерт.* Термомеханические процессы, инициированные импульсным лазерным излучением в слоистых наноструктурах 123

ГЕОИНФОРМАТИКА

18. *К.А. Поздина, Е.А. Кобзева.* Автоматизированная классификация как эффективное решение задач мониторинга городских территорий 134
19. *С.В. Серебряков, В.В. Гусев, Ю.Д. Зраенко.* Опыт создания геоинформационной системы управления рисками чрезвычайных ситуаций в Свердловской области 139

КАРТОГРАФИЯ

20. *О.Н. Николаева.* Биогеографическое картографирование: современное состояние и область применения для сохранения и рационального использования биологических ресурсов 145
21. *В.Г. Колмогоров, А.В. Маноевков.* К вопросу о составлении карт деформационного состояния земной поверхности 151

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ТЕРРИТОРИЯМИ

22. *Ю.А. Голиков.* Экономическое образование и рынок труда в период модернизации 157
23. *А.И. Гагарин, Т.А. Лебедева.* Оценка социальных функций лесных ландшафтов Сибири и Урала 161

ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

24. *И.В. Рязанцева.* Применение современных технологий при организации набора студентов в вузы геодезического профиля 174

ХРОНИКА

25. <i>И.В. Лесных</i> . Начало становлению объединению кадастровых инженеров Сибири положено.....	183
26. <i>Е.А. Луговская</i> . Накануне пятого Сибирского астрономического форума	186
27. <i>В.Б. Жарников, И.А. Мусихин</i> . Об участии СГГА в международном образовательном проекте «TEMPUS».....	190
28. Хроника основных событий СГГА.....	194
29. Письмо в редакцию	196

CONTENTS

GEODESY

1. <i>A.P. Karpik</i> . System link of stable area development and its geodetic dataware.....	3
2. <i>A.I. Kalenitsky, E.L. Kim, M.D. Kozoriz, V.A. Seredovich</i> . The results of gravimetry and highly-accurate leveling application for high geodynamic risk areas localization on hydrocarbon deposits.....	14
3. <i>A.I. Kalenickii, A.V. Dubrovskii, V.A. Budarova</i> . Technology of processing of results of geodetic maintenance 3D seismic prospecting in territories of oil fields and gas	21
4. <i>A.V. Seredovich, A.V. Ivanov, T.A. Shirokova, A.V. Antipov, A.V. Komissarov</i> . Features of the terrestrial laser scanning for the purposes of monitoring of railway tunnels	28
5. <i>V.I. Dudarev</i> . Syngular analysis of some space geodesy tasks solution	35
6. <i>Yu.V. Dementyev</i> . Taking into account the topographic mass influence during the calculation of perturbed potential	44
7. <i>Ye.I. Avrunev</i> . Mathematical treatment of satellite position for State cadastre property purposes.....	49
8. <i>K.F. Afonin</i> . Rectangular plane coordinates transformation	57
9. <i>Yu.V. Surnin</i> . Adaptive algorithm of Earth rotation model approximation	63
10. <i>V.G. Kolmogorov</i> . Matematical formulation of recent Earth crust motion	70

SPACE SURVAYING AND PHOTOGRAMMETRY

11. <i>T.A. Khlebnikova, Ye.N. Kulik</i> . The results of experimental investigations of 3-Dimensional standardised videostage technology obtaining based on aerospace surveying data.....	74
--	----

LAND MANAGEMENT, CADASTRE AND LAND MONITORING

12. <i>V.B. Jarnikov, A.V. Van</i> . Both natural and technical complexes of Ob river system in Novosibirsk area.....	83
13. <i>V.N. Shyukina</i> . Geoinformation support of pipe-line feed system impact on north territories land resources evaluation	94

METROLOGY AND MEASUREMENT ASSURANCE

14. <i>A.N. Teplykh</i> . The estimation method of bridge cranes and fabricated metals deformations	105
15. <i>A.N. Teplykh</i> . The development of the method of the measures of force certification with the help of the mesures of length.....	112

OPTICS, ELECTRO-OPTICAL DEVICES AND SYSTEMS

16. *V.S. Korneev*. The experimental investigation of beams torsional oscillation parameters of micromechanical diffraction grating reflectorray 117
17. *V.V. Chesnokov, D.V. Chesnokov, V.A. Raychert*. Termomechanical process in multi-layer nanostructures initiated by laser irradiation 123

GEOINFORMATION SYSTEMS

18. *K.A. Pozdina, E.A. Kobzeva*. Automated classification as an effective solution for urban-area monitoring applications 134
19. *S.V. Serebryakov, V.V. Gusev, Yu.D. Zraenko*. Experience of creating the geoinformation system for emergency management in Sverdlovsk region 139

MAPPING

20. *O.N. Nikolayeva*. Biogeographic mapping: recent state and range of application for preserving and conservation biological resources 145
21. *V.G. Kolmogorov, A.V. Manoyenkov*. On the question of the earth's surface state of strain mapping 151

ECONOMICS AND TERRITORIAL DOMAINS MANAGEMENT

22. *Yu.A. Golikov*. Economical education and labour-market during modernisation 157
23. *A.I. Gagarin, T.A. Lebedeva*. Evaluation of Siberia and Ural forest landscapes social functions 161

HIGHER EDUCATION MANAGEMENT

24. *I.V. Ryazantseva*. Application of modern technologies for student's admission to geodetic higher educational establishments 174

CHRONICLE

25. *I.V. Lesnykh*. The beginning of cadastre engineers integration in Siberia has been started 183
26. *E.A. Lugovskaya*. On the eve of the 5-th Siberian astronomic forum 186
27. *V.B. Zharnikov, I.A. Musikhin*. On the experience of SSGA participation in the international educational project «TEMPUS» 190
28. The chronicle of main SSGA events 194
29. Correspondence column 196