

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СИБИРСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ»
(ФГБОУ ВПО «СГГА»)

ВЕСТНИК СГГА

(СИБИРСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ
ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ АКАДЕМИИ)

Выпуск 3 (23)

Новосибирск
СГГА
2013

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, профессор, президент МИИГАиК *В. П. Савиных*; доктор технических наук, профессор, ректор МИИГАиК *А. А. Майоров*; доктор технических наук, профессор МИИГАиК *И. Г. Журкин*; доктор технических наук, профессор, проректор МИИГАиК *А. Г. Чибуничев*; доктор технических наук, профессор МИИГАиК *Х. К. Ямбаев*; доктор физико-математических наук, профессор *Г. А. Сапожников*; член-корреспондент РАН, 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*; 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*; кандидат технических наук, профессор *Т. А. Широкова*

В387 Вестник СГГА (Сибирской государственной геодезической академии) [Текст] : науч.-технич. журн. / учредитель ФГБОУ ВПО «СГГА». – Вып. 3 (23). – Новосибирск: СГГА, 2013. – 166 с. – ISSN 1818-913X

Печатается по решению редакционно-издательского совета СГГА

УДК 528:535:681.7

© ФГБОУ ВПО «Сибирская государственная геодезическая академия» (СГГА), 2013

Тел. (383)343-39-37, факс (383)344-30-60

e-mail: rektorat@ssga.ru

Учредитель – ФГБОУ ВПО «СГГА».

Рег. свид. ПИ № ФС 77-46974 от 14.10.2011 г.

Индекс 43809 в бюллетене «Объединенный каталог. Пресса России. Газеты и журналы»,
Internet-каталог «Российская периодика».

Журнал включен в систему РИНЦ.

ГЕОДЕЗИЯ И ГЕОИНФОРМАТИКА



УДК 528.2/3

НОВЫЙ ЭТАП РАЗВИТИЯ ГЕОДЕЗИИ – ПЕРЕХОД К ИЗУЧЕНИЮ ДЕФОРМАЦИЙ БЛОКОВ ЗЕМНОЙ КОРЫ В РАЙОНАХ ОСВОЕНИЯ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Александр Петрович Карпик

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, доктор технических наук, профессор, ректор, тел. (383)343-39-37, e-mail: rektorat@ssga.ru

Анатолий Иванович Каленицкий

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, доктор технических наук, профессор кафедры астрономии и гравиметрии, тел. (383)361-01-59, e-mail: kaf.astronomy@ssga.ru

Александр Николаевич Соловицкий

Кузбасский государственный технический университет, 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28, соискатель, кандидат технических наук, доцент кафедры маркшейдерского дела, кадастра и геодезии, тел. (384)239-63-85, e-mail: san.mdig@mail.ru

Показано, что новый этап развития геодезии включает изучение изменений во времени деформаций блоков земной коры в районах освоения угольных месторождений. Установлено, что переход к каждому новому этапу для геодезии характерен совершенствованием приборной базы, разработкой новых методов и технологий. Предложены новые технологические решения по совершенствованию построений на геодинамических полигонах.

Ключевые слова: блок земной коры, ранг, геодинамический полигон, деформация.

NEW STAGE OF GEODESY DEVELOPMENT: INVESTIGATION OF EARTH BLOCKS DEFORMATION IN REGIONS OF COAL DEPOSITS DEVELOPMENT

Alexander P. Karpik

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., prof., rector, tel. (383)343-39-37, e-mail: rektorat@ssga.ru

Anatoly I. Kalenitsky

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., prof., Department of Astronomy and Gravimetry, tel. (383)361-01-59, e-mail: kaf.astronomy@ssga.ru

Alexander N. Solovitsky

Kuzbass State Technical University, 650000, Russia, Kemerovo, 28 Vesennyaya St., Ph. D., Assist. Prof., Department of Mine Survey, Cadastre and Geodesy, tel. (384)239-63-85, e-mail: san.mdig@mail.ru

The new stage of geodesy development is shown to comprise investigation of time changes as concerns Earth blocks deformations in the regions of coal deposits development. It has been ascertained that each new stage of geodesy development requires improvement of instruments and new techniques. New technological solutions on improving the geodynamic networks on testing areas are offered.

Key words: Earth crust block, grade, geodynamic testing area, deformation.

В течение нескольких веков геодезия решала одну из главных своих задач – детальное изучение фигуры Земли с последующим картографированием территорий. Особенно масштабные работы в нашей стране были выполнены в прошлом веке. При этом не только был получен национальный референц-эллипсоид и создана система координат СК-42, но и построен весь масштабный ряд карт.

Следует отметить, что во второй половине прошлого века развитие картографирования территорий происходило и в количественных показателях, которые характеризовали увеличение площадей съемок, и в качественных – путем создания новых методов. Это привело к повышению точности, мобильности и технологичности. Для традиционных карт на бумажной основе такая точность зависела от их масштаба и ограничивала проектирование инженерных объектов [1]. Затраты времени при картографировании территорий определялись значительной долей ручного труда, а также последовательным выполнением основных процессов. Появление новых измерительных и вычислительных технологий не только на порядок увеличило точность, но и обеспечило мобильность и автоматизацию значительной доли полевых и камеральных работ [1]. Так характеризовался этот этап развития геодезии.

Однако картографирование территорий не стало апогеем развития геодезии. Его продолжение связано с решением фундаментальной проблемы «Современные движения земной коры». Общностью перечисленных этапов развития геодезии стало представление результатов в виде карт. А основным их различием явилось то, что при интерпретации современных движений земной коры исходной информацией служили только высокоточные повторные геодезические наблюдения, полученные по программам наблюдений не ниже 2-го класса.

Решение фундаментальной проблемы «Современные движения земной коры» обусловило поиск не только повышения точности повторных геодезических наблюдений, но и их математической обработки, для которой стали использоваться следующие методы:

- наименьших квадратов;
- коллокации;

- динамической фильтрации;
- трансформирования;
- идентификации динамических систем;
- конечных элементов.

Для анализа и интерпретации повторных геодезических наблюдений использовались различные количественные характеристики движений, а также различные приемы вычислительной математики [2]:

- методы проверки статистических гипотез;
- моделирование;
- полиномы;
- сплайн-функции;
- теория случайных стационарных процессов;
- спектральный анализ.

Кульминацией решения фундаментальной проблемы «Современные движения земной коры» стало изучение деформаций поверхности земной коры. Анализ повторных инструментальных наблюдений показывал, что в определенной сфере человеческой деятельности, в первую очередь – это линейные объекты (железные дороги, газо- и нефтепроводы), изучение деформаций поверхности земной коры традиционными методами дало положительные результаты. При этом следует отметить, что стороны построений на геодинамических полигонах (ГДП) (векторы соединения пунктов наблюдения) ориентировались перпендикулярно направлению разломов, являющихся границами блоков земной коры. А их взаимодействие оценивалось по профилям (плоские модели). Плоские модели характеризовались простотой интерпретации, но являлись часто первым простейшим приближением реальных процессов [2, 3].

Для изучения деформаций поверхности земной коры в настоящее время широко используется механика сплошной среды, из которой наибольшее распространение получил метод конечных элементов (МКЭ), примененный впервые в Японии. Теория и результаты применения МКЭ для различных регионов бывшего СССР представлены в монографиях Н. П. Есикова, что было рассмотрено в [2].

Для оценки деформаций участков земной поверхности разработаны методики, позволяющие выполнять ее как по изменениям координат, так и непосредственно по разностям повторных угловых и линейных измерений на ГДП [2].

Новый этап развития геодезии под общим названием «Геодинамика» связан, в том числе, с изучением деформаций блоков земной коры при освоении угольных месторождений. Такое изучение определяется востребованностью геодезических и гравиметрических методов для исследования геодинамических и техногенных процессов при освоении недр. Информация об указанных процессах является важнейшей в аспекте прогноза катастрофических геодинамических явлений (ГДЯ): горных ударов, внезапных выбросов, землетрясений. Последствия проявления ГДЯ отражаются изменениями геологической среды

и подземными авариями. При этом страдают не только горнопромышленные предприятия, но и люди. Число смертельных случаев в Кузбассе оценивается зависимостью: один человек на 1 млн тонн добычи угля, а ежегодный материальный ущерб – более 500 млн. рублей.

Исследования по изучению природных и техногенных геодинамических процессов при освоении угольных месторождений соответствуют приоритетным направлениям развития науки и техники РФ и имеют важное научное и практическое значение. Цель таких исследований заключается в получении новых знаний о блоках земной коры, их иерархии, взаимодействии, энергообмене, а также об изменениях во времени гравитационного поля. Важнейшее практическое значение при изучении указанных процессов на основе мониторинга окружающей среды и прогноза имеет решение задач повышения уровня безопасности при освоении недр, снижения риска и уменьшения последствий геодинамических катастроф природного и техногенного характера в рамках «Долгосрочной программы развития угольной промышленности на период до 2030 года».

Естественное состояние земной коры характеризуется природными геодинамическими процессами, а ее состояние при подземной, открытой и строительной геотехнологии освоения недр – совместным влиянием техногенных и естественных факторов. В статическом состоянии она представляет собой энергетически уравновешенную систему с определенным запасом накопленной упругой энергии. При освоении подземного пространства это равновесие нарушается, и могут образовываться энергетические очаги. При формировании очага в глубине массива возможно проявление геодинамического явления большего масштаба – техногенного землетрясения [2].

При разработке угольных месторождений Кузбасса и других бассейнов России, а также за рубежом происходят горно-тектонические удары, вызывающие разрушения на поверхности, образование провалов, появление трещин, отмечается техногенная сейсмичность при разработке нефтяных и газовых месторождений, строительстве многоэтажных зданий в городах, происходят землетрясения в районах санации шахт. В России возникло несколько горнопромышленных районов, в которых техногенная сейсмичность стала социальным фактором, и для которых исследования механизмов очагов землетрясений представляют значительный интерес.

Следовательно, встает задача исследования деформаций блоков земной коры в глубине массива горных пород. Ее решение традиционными методами классической геодезии невозможно. Поэтому предложены новые технологические решения [4–7], включающие, в том числе, совершенствование:

- геодезических построений ГДП;
- регистрации кинематики блоков земной коры и ее интерпретации.

Реализацию новых технологических решений предложено начать с установления динамических параметров блоков земной коры [2, 4]. В настоящее время доминирующими количественными характеристиками движений земной

поверхности являются кинематические. Отметим их неоднозначность. Если принять скорость медленных деформаций блоков земной коры разных рангов $3 \cdot 10^{-6}$ год⁻¹ за пренебрегаемо малую, не приводящую к проявлению геодинамических явлений, то ей будут соответствовать следующие амплитуды их движений (табл. 1).

Таблица 1

Зависимость скоростей движений блоков земной коры разных рангов в год от предложенного критерия их геодинамической активности

Ранг блока земной коры	Скорость движения блока земной коры, мм/год
II	158
III	40
IV	17
V	4
VI	2,6

Из-за различия величин скоростей движений блоков земной коры разных рангов (см. табл. 1) одинаковым значениям изменения во времени деформации, указанные кинематические характеристики блоков земной коры не могут быть приняты в качестве динамических параметров. Более приемлемый вариант указанных параметров – изменения во времени деформаций блоков земной коры, которые являются интегральными характеристиками. Таковыми являются изменения во времени деформаций (напряжений) и потенциальной энергии, обуславливающие кинематику блока земной коры. Основой определения динамических параметров блока земной коры является связь его перемещений с компонентами тензора деформаций, описываемая с помощью уравнений Коши. Следовательно, переход к определению таких динамических параметров блоков земной коры – необходимая составная часть предлагаемых технологических решений.

Поэтому при переходе от изучения кинематики поверхности земной коры к изучению развития деформаций отдельных блоков требуется совершенствование существующей технологии построений ГДП. Особенно такой переход важен в районах освоения угольных месторождений, так как в этом случае объектом исследования становится изменение деформированного состояния блочного массива горных пород.

Поскольку состояние нетронутого массива горных пород сформировалось в новейший период, то, следовательно, теоретической основой указанного перехода является гипотеза о преемственности новейших движений в современный период. Для реализации этой гипотезы предложен метод структурно ориентированных построений ГДП. Такие построения ГДП находятся в прямой зависимости от взаимодействия блоков земной коры месторождения по разломам.

Минимальное количество мобильных пунктов для каждого из них должно быть не менее четырех, с заложением в вершине и узлах пересечения разломов с учетом глубины проникновения [2, 4].

Метод структурно ориентированных построений ГДП обеспечивает определение динамических параметров блоков земной коры не в какой-то субгоризонтальной плоскости, а на глубине h , характеризующей центр тяжести этого построения. Таким образом, наиболее распространенной фигурой построений ГДП в Кузбассе будет тетраэдр (аналог типовой фигуры – центральной системы).

Основные отличия предлагаемого метода от существующего приведены в табл. 2.

Таблица 2

Основные отличия метода структурно ориентированных построений ГДП от традиционной технологии

Наименование	Традиционная технология	Метод структурно ориентированных построений ГДП
Многоступенчатость	От площади территории	От динамической активности блоков разных рангов
Классификация построений	1, 2, 3-й и 4-й класс	1, 2, 3, 4, 5-й и 6-й ранги блоков земной коры
Элементарная ячейка	Треугольник	Тетраэдр
Длина сторон	Регламентируется 1, 2, 3-м и 4-м классом	Определяется протяженностью разломов между узлами их пересечений
Минимальный угол	Регламентируется 1, 2, 3-м и 4-м классом	Определяется конфигурацией блока земной коры
Глубина заложения	На 1 метр ниже промерзания грунта	Определяется протяженностью разломов
Исходный пункт	Пулково	В условно-стабильном блоке земной коры

На основании выполненных исследований сделаны следующие выводы:

1. Этапы развития геодезии характеризуют не только ее функциональный характер, но и иерархию (статическая, кинематическая и динамическая), а также увеличение отражения размерности пространства (статическая – 3D, кинематическая – 4D).

2. Отмечено, что на каждом этапе развития не только совершенствуется приборная база, но и появляются новые методы и технологии, отличающиеся уровнем автоматизации, точности и оперативности.

3. Развитие геодезии сопровождается как усилением фундаментальных исследований, так и их практическим применением.

4. Переход к определению динамических параметров блоков земной коры – это не только реализация предложенного авторами метода структурно ориентированных построений ГДП, но и тесная интеграция со смежными науками о Земле.

5. Изучение изменений во времени деформаций блоков земной коры позволяет как расширить информацию о геодинамических и техногенных процессах при освоении недр, так и повысить уровень их безопасности, снизить риск и уменьшить последствия проявлений ГДЯ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Карпик А. П. Методологические и технологические основы геоинформационного обеспечения территорий. – Новосибирск: СГГА, 2004. – 259 с.

2. Соловицкий А. Н. Интегральный метод контроля напряженного состояния блочного массива горных пород. – Кемерово: ГУ КузГТУ, 2003. – 260 с.

3. Колмогоров В. Г. К вопросу о возможности изучения деформационного состояния земной поверхности по результатам повторного высокоточного нивелирования // Вестник СГГА. – 2012. – Вып. 1 (17). – С. 9–14.

4. Каленицкий А. И., Соловицкий А. Н. Особенности технологии изучения изменений во времени деформаций блоков земной коры при освоении месторождений Кузбасса // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск: СГГА, 2012. Т. 3. – С. 58–61.

5. Современная геодинамика Дальнего Востока по результатам геофизических и геодинамических измерений / Тимофеев В. Ю. и др. // Вестник СГГА. – 2012. – Вып. 3 (19). – С. 30–36.

6. Каленицкий А. И., Ким Э. Л. О комплексной интерпретации данных геодезическо-гравиметрического мониторинга техногенной геодинамики на месторождениях нефти и газа // Вестник СГГА. – 2012. – Вып. 4 (20). – С. 3–13.

7. Дорогова И. Е. Изучение движений и деформаций земной коры на геодинамическом полигоне Таштагольского железорудного месторождения // Вестник СГГА. – 2010. – Вып. 2 (13). – С. 9–12.

Получено 21.08.2013

© А. П. Карпик, А. И. Каленицкий, А. Н. Соловицкий, 2013

УДК 528.3

НОРМАЛЬНЫЕ СЛУЧАЙНЫЕ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ В ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ СЕТЯХ И ИХ МНК-ОЦЕНКИ

Владимир Абрамович Падве

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры прикладной информатики, тел. (383)343-18-53, e-mail: evdapav@mail.ru

Петр Павлович Мурзинцев

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент, декан геодезического факультета, тел. (383)343-27-09

Рассматривается вопрос о компенсации нормальных случайных погрешностей измерений оценками, получаемыми в процессе уравнивания по методу наименьших квадратов (МНК). Представлены результаты уравнивания измерений, искаженных нормальными случайными псевдопогрешностями, для некоторых типов геодезических построений. Результаты моделирования показывают, что МНК-оценки, как правило, компенсируют допущенные ошибки.

Ключевые слова: нормальные псевдопогрешности измерений, МНК-оценки.

NORMAL ACCIDENTAL MEASUREMENT ERRORS IN GEODETIC NETWORKS AND LEAST-SQUARE METHOD ASSESSMENT

Vladimir A. Padve

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., prof., Department of Applied Information Science, tel. (383)343-18-53, e-mail: evdapav@mail.ru

Petr P. Murzintsev

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., Assist. prof., dean of the Faculty of Geodesy, tel. (383)343-27-09

The problem under consideration deals with normal accidental measurement errors compensation by least-squares method estimation. The authors present measurement compensation results for some types of geodetic constructions as concerns measurements distorted by normal accidental pseudo-errors. Modeling proves that the least-square method assessment may compensate for the errors.

Key words: normal pseudo-errors of measurements, least-square method assessment.

При уравнивании результатов измерений в геодезических построениях по методу наименьших квадратов (МНК) получаемые при этом МНК-поправки в измерения \tilde{V}_{n1} подвергаются воздействию всех свободных членов L_{n1} линеаризованных уравнений погрешностей и, как следствие, распределяются произвольно-неопределенно.

Такое мнение мотивировано аналитическими связями этих векторов:

$$\tilde{V}_{n1} = A_{nk} \tilde{X}_{k1} - L_{n1} = A_{nk} N_{kk}^{-1} G_{k1} - L_{n1} = (A_{nk} N_{kk}^{-1} A_{kn}^T K_{nn}^{-1} - I_{nn}) L_{n1} = -R_{nn} L_{n1}, \quad (1)$$

где

$$R_{nn} = (I_{nn} - A_{nk} N_{kk}^{-1} A_{kn}^T K_{nn}^{-1}) \quad (2)$$

– матрица «избыточностей» [1] (идемпотентная и особенная), след которой равен количеству избыточных измерений: $\text{tr}(R) = r = n - k$.

В уравнениях (1) и (2) дополнительно задействованы следующие матрицы и векторы параметрического способа:

A_{nk} – матрица коэффициентов линейризованных параметрических уравнений;

\tilde{X}_{k1} – вектор МНК-поправок к приближенным значениям параметров;

N_{kk}^{-1} – обратная матрица коэффициентов нормальных уравнений;

G_{k1} – вектор свободных членов нормальных уравнений;

K_{nn}^{-1} – обратная ковариационная матрица результатов измерений;

n – количество всех измерений;

k – количество необходимых измерений.

Любая строка вектора \tilde{V}_{n1} действительно зависит от всех свободных членов, образующих вектор L_{n1} , и элементов соответствующей строки матрицы избыточностей (2):

$$\tilde{V}_i = r_{i1} l_1 + r_{i2} l_2 + \dots + r_{ii} l_i + \dots + r_{in} l_n. \quad (3)$$

Каждый квадратичный коэффициент r_{ii} выражения (3) всегда положителен и превышает абсолютные значения остальных элементов своей строки. Этот факт приводит к тому, что доминирующим слагаемым поправки \tilde{V}_i как раз и будет произведение квадратичного коэффициента r_{ii} на соответствующий свободный член l_i . Известные формулы (1)–(3), записанные в наших обозначениях, согласуются с результатами и выводами, содержащимися в трудах [3–15].

Нами был поставлен ряд экспериментов на модели линейно-угловой сети мостовой триангуляции, модели нивелирной сети и модели линейной регрессии. Эксперименты проводились в среде Excel и базировались на созданном с использованием *центральной предельной теоремы* генераторе стандартных нормальных чисел, с помощью которого моделировались *псевдопогрешности* измерений.

Линейно-угловая сеть мостовой триангуляции представляла собой два смежных четырехугольника, в которых «измерялись» 16 углов и 10 сторон. Общая сторона фигуры содержала ось моста. Координаты концов этой стороны задавались экспериментаторами и полагались безошибочными величинами. Значения смоделированных *псевдопогрешностей* угловых ($m_\beta = 3''$) и линейных ($m_s/s = 1/70\,000$) измерений, а также их МНК-оценок (с противоположными знаками) выводились на общую диаграмму. Диаграммы для углов и линий строились отдельно. Дополнительно, в обоих случаях вычислялся коэффициент корреляции векторов Δ_{n1} и $-\tilde{V}_{n1}$ и оценивалась его значимость. На рис. 1 приведены результаты одного из выполненных экспериментов.

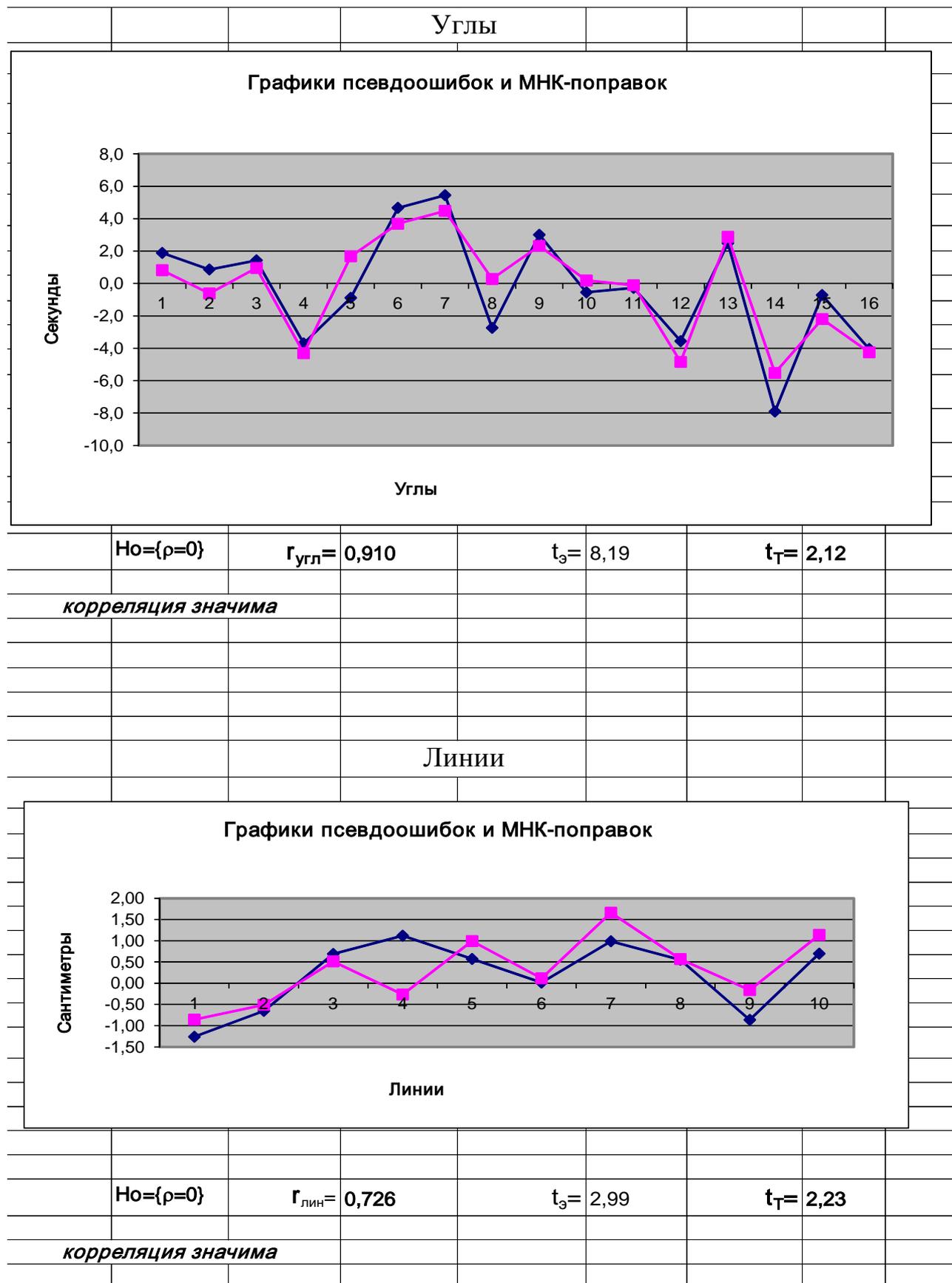


Рис. 1. Линейно-угловая сеть. Синий график – псевдоошибки, светло-сиреневый – МНК-поправки (с минусом!)

Нивелирная сеть опиралась на три репера и имела четыре узловые точки (рис. 2). Планировалось выполнение нивелирования со среднеквадратической погрешностью $m_{1km} = 10$ мм/км хода. Моделирование *псевдопогрешностей* выполнялось с помощью генератора стандартных нормальных чисел. Его данные модулировались величиной m_{1km} и значением квадратного корня из длины соответствующего хода. Диаграмма результатов одного из экспериментов приведена на рис. 3. Коэффициент корреляции векторов Δ_{n1} и $-\tilde{V}_{n1}$ также оценивался. Его незначимость проверялась по тесту Стьюдента.

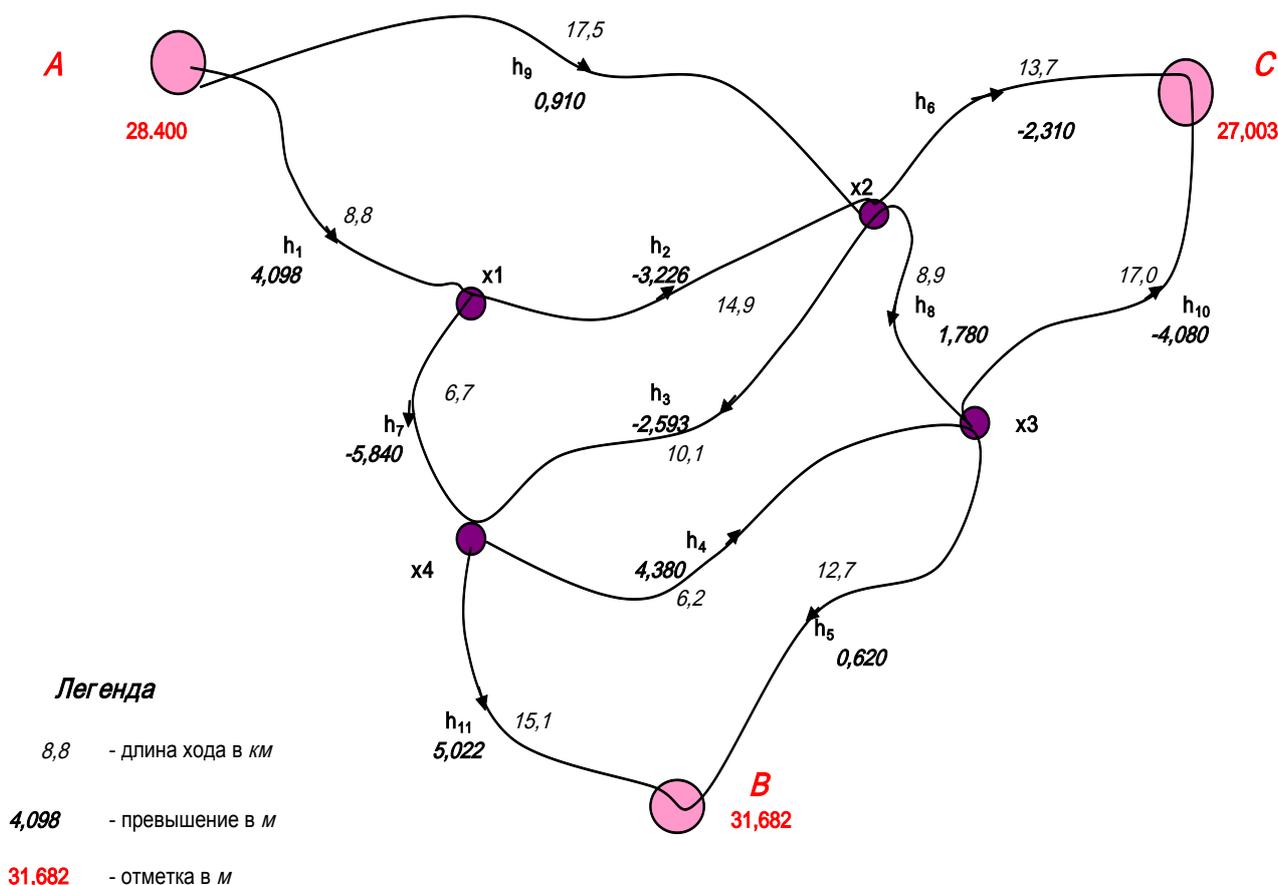
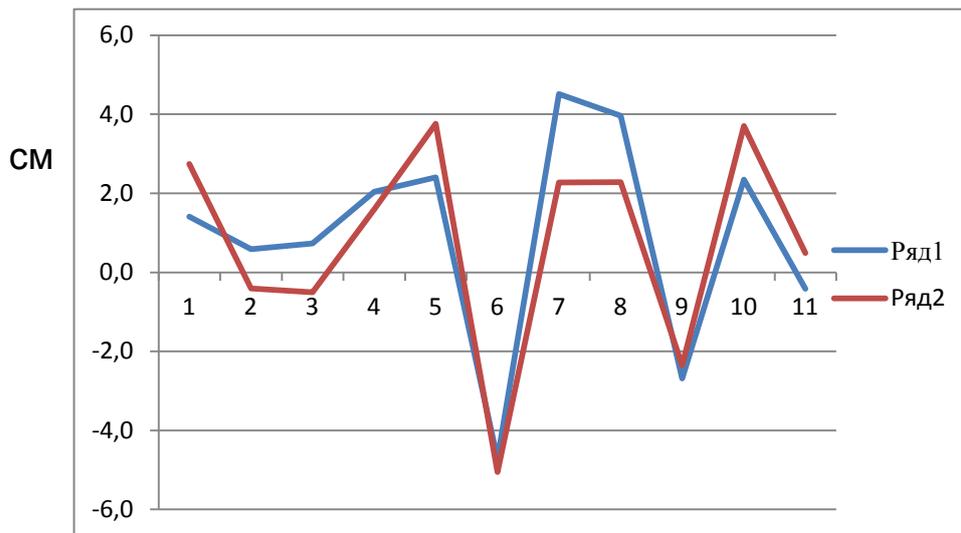


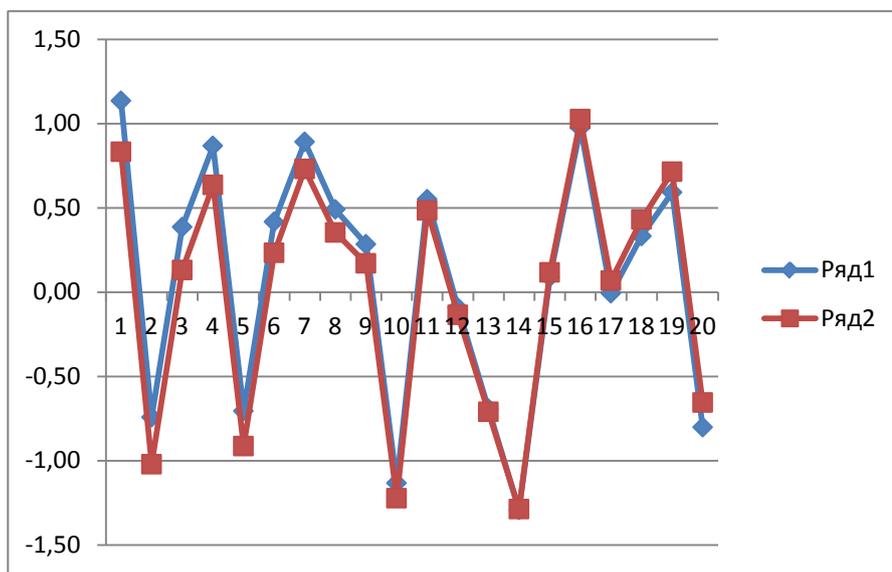
Рис. 2. Схема нивелирной сети

Модель линейной регрессии реализовывала подбор уравнения прямой линии по данным «наблюдений», массив u_{n1} которой дополнительно искажался стандартными нормальными *псевдопогрешностями*. Диаграмма соотношений вводимых псевдопогрешностей и их МНК-оценок вновь подтверждает значимую стохастическую связь этих векторов (рис. 4).



$H_0 = \{\rho = 0\}$ $r = 0,779$ $t_9 = 3,73$ $t_T = 2,20$
корреляция значима

Рис. 3. Диаграмма псевдопогрешностей (ряд 1) и МНК-поправок (ряд 2) для нивелирной сети



$H_0 = \{\rho = 0\}$ $r_{\Delta yv} = 0,996$ $t_9 = 49,23$ $t_T = 2,09$
корреляция значима

Рис. 4. Диаграмма псевдопогрешностей (ряд 1) и МНК-остатков (ряд 2) для модели линейной регрессии

Таким образом, можно констатировать, что МНК-поправки компенсируют именно те случайные погрешности, которые имели место в процессе измерений. Учитывая тот факт, что согласно [2] сумма отношений дисперсий МНК-поправок к дисперсиям исходных измерений равна числу избыточных измерений, т. е. $[\sigma_v^2 / \sigma_\Delta^2] = r = n - k$, то можно принять такое *осредненное значение модуля отношений* МНК-поправок \tilde{V} к погрешностям Δ :

$$\left| \frac{\tilde{V}}{\Delta} \right| \approx \sqrt{\frac{r}{n}} = \sqrt{1 - \frac{k}{n}}. \quad (4)$$

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Линник Ю. В. Метод наименьших квадратов и основы теории обработки наблюдений. – М.: Физматгиз, 1962.
2. Падве В. А. Две теоремы об отношении дисперсий уравненных измерений, дисперсий МНК-поправок и дисперсий исходных измерений // Вестник СГГА. – 2012. – Вып. 1 (17). – С. 65–68.
3. Падве В. А. Масштабный показатель точности геопространственных данных // ГЕО-Сибирь-2007. III Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 25–27 апреля 2007 г.). – Новосибирск: СГГА, 2007. Т. 6. – С. 115–118.
4. Падве В. А. Математическая обработка коррелированных парных данных // ГЕО-Сибирь-2005. науч. конгр. : сб. материалов в 7 т. (Новосибирск, 25–29 апреля 2005 г.). – Новосибирск: СГГА, 2005. Т. 7. – С. 98–103.
5. Маркузе Ю. И., Голубев В. В. Теория математической обработки геодезических измерений: учеб. пособие (доп.). – М., 2010. – 247 с.
6. Антонович К. М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии: монография. В 2 т. Т. 1. – М.: Картгеоцентр, 2005. – 334 с.
7. Антонович К. М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии: монография. В 2 т. Т. 2. – М.: Картгеоцентр, 2006. – 360 с.
8. Барлиани А. Г. Разработка алгоритмов уравнивания и оценки точности свободных и несвободных геодезических сетей на основе псевдонормального решения: монография. – Новосибирск: СГГА, 2010. – 135 с.
9. Карпик А. П. Методологические и технологические основы геоинформационного обеспечения территорий: монография. – Новосибирск: СГГА, 2004. – 260 с.
10. Гуляев Ю. П., Хорошилов В. С. Математическое моделирование. Анализ и прогнозирование деформаций сооружений по геодезическим данным на основе кинематической модели: учеб. пособие. – Новосибирск: СГГА, 2012. – 93 с.
11. Мазуров Б. Т., Дорогова И. Е., Дербенев К. В. Горизонтальные движения земной коры вращательного характера, наблюдаемые на геодинамических полигонах // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск: СГГА, 2012. Т. 1. – С. 232–236.
12. Мазуров Б. Т., Некрасова О. И. Аппроксимация гравитационного влияния рельефа // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 1. – С. 211–213.
13. Панкрушин В. К. Математическое моделирование и идентификация геодинамических систем. – Новосибирск: СГГА, 2002. – 424 с.

14. Идентификация движений и напряженно-деформированного состояния самоорганизующихся геодинамических систем: монография / В. А. Середович, В. К. Панкрушин, Ю. И. Кузнецов, Б. Т. Мазуров, В. Ф. Ловягин. – Новосибирск: СГГА, 2004. – 356 с.

15. Вовк И. Г. Математическое моделирование в прикладной геоинформатике // Вестник СГГА. – 2012. – Вып. 1 (17). – С. 94–103.

Получено 04.07.2013

© В. А. Падве, П. П. Мурзинцев, 2013

УДК 531.314.2

НОВЫЕ МЕТОДОЛОГИИ В ПРОЕКЦИИ ЛАГРАНЖА

Мохаммед Сабри Акреш

Университет Триполи, Сиди Элместри 818, Аль Фурнай Роуд, доктор, технический факультет, e-mail: Sab20084@mail.ru

Новые технологии в геодезических работах и ГИС являются важным фактором обеспечения точности работ в различных системах координат. Все эти системы используют проекции по гармоническим уравнениям (определенным классам) Меркатора, Ламберта, Руссиля, Лагранжа, а также композиционную проекцию в одной зоне.

Для проекции Лагранжа известны 8 алгоритмов решения прямой задачи, предложенные профессором В. П. Подшиваловым (1998) с довольно сложным математическим аппаратом.

В статье предложен новый метод решения подобной задачи для проекции Лагранжа с использованием прямого алгоритма, применяемого в проекциях Меркатора и Руссиля.

Ключевые слова: проекция Меркатора, проекция Руссиля, проекция Лагранжа, алгоритмы, система координат, искажение.

NEW METODOLOGIES IN PROJECTION OF LAGRANGE

Mohammed Sabri Ali Akresh

University of Tripoli, 818, Sidy Almasry, Al Furnaj Road, Dr., Faculty of engineering at University of Tripoli, e-mail: Sab20084@mail.ru

The modern technologies in the field of geodesy and geographical information system are important in surveying work; this paper presents a system of coordinates in projections by harmonic equations or united projections, which has five projections (Mercator, Lambert, Russell, Lagrange, and the compound projection) in one zone coordinate system. The theory of the projection by harmonic equations as well as Lagrange projection has eight direct algorithms defined by Professor Vladimir Podshivolev 1998 with a very complicated method.

A new methodology has been established for Lagrange projection with unlimited direct algorithms. This method is more simple as well as more accurate than the other methods.

Key words: Mercator projection, Russell projection, Lagrange projection, algorithms, system, distortion.

Introduction

Lagrange projection is one of the types of conformal projection polyclinic, the first who used it as a geodesic projection was Bulgarian scientist Andreev, in 1998 Professor Vladimir Podshivolev solved all the major problems to be geodetic projection.

In 1998, Professor Vladimir Padshyvalav create a new theory for map projections by harmonic equations, he solved eight direct and indirect algorithms (Mercator, Lambert, Russell and Lagrange projections) [6].

In 2008-2012, Dr. Mohammed Sabri Akresh solved twelve direct algorithms for Mercator projection and unlimited direct algorithms for Russell, but for the projection

of Lagrange was difficult to solve 12 coefficients by method Professor Vladimir Padshyvalav, and the reason is a complex function and impossible to find up to 8 algorithms without errors [1].

Methodology

The methodology in this study uses the direct algorithm Mercator and Russell projection as a fundamental solution for the algorithms of Lagrange [1], substituting algorithms Mercator only $\sin B$ functions in the expansion of the series (second, third, ... Boundaries divide C_1), we know $\alpha=0$ in projection of Mercator, $\alpha=1$ in Russell while $\alpha<1$ in Lagrange projection [4,6], we will add α in all boundaries for algorithms projection of Mercator, where sine and α directly proportional between them, illustrates in equation (1) then uses direct algorithms of Russell[3] to the following.

$$\begin{aligned}
 M_1 &= N \cos B \\
 M_2 &= \frac{1}{2} \sin B \\
 M_3 &= \frac{1}{6} (\alpha^2 - 2 \sin^2 B) \\
 M_4 &= \frac{1}{24} (5\alpha^2 \sin B - 6 \sin^3 B) \\
 M_5 &= \frac{1}{120} (5\alpha^4 - 28\alpha^2 \sin^2 B + 24 \sin^4 B) \\
 M_6 &= \frac{1}{720} (61\alpha^4 \sin B - 180\alpha^2 \sin^3 B + 120 \sin^5 B) \\
 M_7 &= \frac{1}{5040} (61\alpha^6 - 662\alpha^4 \sin^2 B + 1320\alpha^2 \sin^4 B - 720 \sin^6 B) \\
 M_8 &= \frac{1}{40320} (1385\alpha^6 \sin B - 7266\alpha^4 \sin^3 B + 10920\alpha^2 \sin^5 B - 5040 \sin^7 B) \\
 M_9 &= \frac{1}{362880} (1385\alpha^8 - 24568\alpha^6 \sin^2 B + 83664\alpha^4 \sin^4 B - 100800\alpha^2 \sin^6 B + 40320 \sin^8 B) \\
 M_{10} &= \frac{1}{3628800} \left(\begin{aligned} &50521\alpha^8 \sin B - 408360\alpha^6 \sin^3 B + 1023120\alpha^4 \sin^5 B - 1028160\alpha^2 \sin^7 B + \\ &+ 362880 \sin^9 B \end{aligned} \right) \\
 M_{11} &= \frac{1}{39916800} \left(\begin{aligned} &50521\alpha^{10} - 1326122\alpha^8 \sin^2 B + 6749040\alpha^6 \sin^4 B - 13335840\alpha^4 \sin^6 B + \\ &+ 11491200\alpha^2 \sin^8 B - 3628800 \sin^{10} B \end{aligned} \right) \\
 M_{12} &= \frac{1}{479001600} \left(\begin{aligned} &2702765\alpha^{10} \sin B - 30974526\alpha^8 \sin^3 B + 113760240\alpha^6 \sin^5 B - \\ &- 185280480\alpha^4 \sin^7 B + 139708800\alpha^2 \sin^9 B - 39916800 \sin^{11} B \end{aligned} \right)
 \end{aligned} \tag{1}$$

Assume $\alpha = 1$, then $\sin^2 B + \cos^2 B = \alpha^2 \rightarrow \cos^2 B = \alpha^2 - \sin^2 B$

$$k_3 M_1^2 = \frac{N^2}{12R^2} \cos^2 B = \frac{1}{12} V^2 \cos^2 B = \frac{1}{12} (\alpha^2 - \sin^2 B)$$

$$\alpha = \sqrt{1 + \frac{1 - \left(\frac{b}{a}\right)^2}{1 + \left(\frac{b}{a}\right)^2} \cos^2 B_0}$$

Where:

b – width of zone ;

a – long of zone;

B_0 – standard of parallel .

Use all coefficients equation (1) in general law for direct coefficients of Russell [3] then get 12 coefficient for Lagrange of projection as following

$$G_1 = M_1 = C_1$$

$$G_2 = -M_1M_2$$

$$G_3 = M_1(k_3M_1^2 - M_3)$$

$$G_4 = M_1(M_4 - 3k_3M_1^2M_2)$$

$$G_5 = M_1(M_5 + 3k_3M_1^2(M_2^2 - M_3) + k_5M_1^4)$$

$$G_6 = M_1(-M_6 + k_3M_1^2(3M_4 + 6M_2M_3 - M_2^3) - 5k_5M_1^4M_2)$$

$$G_7 = M_1(-M_7 + k_3M_1^2(3M_5 - 6M_2M_4 + 3M_3^2 - 3M_2^2M_3) + k_5M_1^4(10M_2^2 - 5M_3) + k_7M_1^6)$$

$$G_8 = M_1\{ M_8 + k_3M_1^2(3M_2^2M_4 - 3M_6 - 6M_2M_5 - 6M_3M_4 - 3M_2M_3^2) + k_5M_1^4(5M_4 - 10M_2^3 + 20M_2M_3) - 7k_7M_1^6M_2 \}$$

$$G_9 = M_1\{ M_9 + k_3M_1^2(6M_2M_6 - 3M_7 - 6M_3M_5 + 3M_4^2 + 3M_2^2M_5 + 6M_2M_3M_4 - M_3^3) + 5k_5M_1^4(M_5 - 4M_2M_4 + 2M_3^2 - 6M_2^2M_3 + M_2^4) + 7k_7M_1^6(3M_2 - M_3) + k_9M_1^8 \}$$

$$G_{10} = M_1\{ -M_{10} + 3k_3M_1^2(M_8 + 2M_2M_7 + 2M_3M_6 + 2M_4M_5 + 2M_2M_3M_5 - M_2^2M_6 - M_2M_4^2 + M_3^2M_4) + k_5M_1^4(30M_2M_4 - 5M_6 - 20M_2M_5 - 20M_3M_4 - 30M_2M_3^2 - M_2^5 - 20M_2^3M_3) + 7k_7M_1^6(M_4 - 5M_2^3 + 6M_2M_3) - 9k_9M_1^8M_2 \}$$

$$G_{11} = M_1\{ -M_{11} + 3k_3M_1^2(M_9 - 2M_2M_8 + 2M_3M_7 - 2M_4M_6 - 2M_2M_3M_6 - 2M_2M_4M_5 + M_5^2 - M_2^2M_7 - M_3^2M_5 - M_3M_4^2) + k_5M_1^4(20M_2M_6 - 5M_7 - 20M_3M_5 + 10M_4^2 + 30M_2^2M_5 + 60M_2M_3M_4 - 10M_3^3 - 20M_2^3M_4 + 30M_2^2M_3^2 - M_2^4M_3) + 7k_7M_1^6(M_5 - 6M_2M_4 + 3M_3^2 - 15M_2^2M_3 + 5M_2^4) + 9k_9M_1^8(4M_2^2 - M_3) + k_{11}M_1^{10} \}$$

$$G_{12} = M_1\{ M_{12} + k_3M_1^2(3M_2^2M_8 - 6M_2M_9 - 6M_3M_8 - 6M_4M_7 - 6M_5M_6 - 6M_2M_3M_7 + 6M_2M_4M_6 - 6M_3M_4M_5 - 3M_{10} - 3M_5^2M_2 - 3M_3^2M_6 + M_4^3) + k_5M_1^4(20M_2M_7 + 5M_8 + 20M_3M_6 + 20M_4M_5 - 30M_2^2M_6 + 60M_2M_3M_5 - 60M_2^2M_3M_4 - 30M_2M_4^2 + 30M_3^2M_4 - 20M_2^3M_5 + 20M_2M_3^3 - 10M_2^3M_3^2 + 5M_2^4M_4) + 7k_7M_1^6(20M_2^3M_3 - 6M_2M_5 + 6M_3M_4 + 15M_2^2M_4 - 15M_2M_3^2 - 3M_2^5 - M_6) + 9k_9M_1^8(M_4 - 7M_2^3 + 8M_2M_3) + 11k_{11}M_1^{10}M_2 \}$$

All 12 coefficients G_j of Lagrange use in united projections theory (projections by harmonic equations), the rectangular coordinate system can be obtained with high accuracy for large zone width 22 degrees and long 22 degrees.

Projection of Lagrange one of five projections of geodesic by united projections, who has a better results than the traditional projections UTM (Universal Transverse Mercator) and LPC (Lambert Projection conformal), because the distances measured by rectangular system from maps are more accurate, as well as they have relationship between them.

Conclusion

We used for proof results method of the mathematical analysis for map projection, and results following;

- The new method by coefficients Mercator and Russell better than of method by series[6];
- Old method does not get boundary 9 directly only, while by new method very easy get 9,10,11,12, 13, 14....;
- The mathematical analysis uses very simple;
- Projection of Lagrange the better projections for all countries near from equator.

Reference

1. Akresh M. S.: The constructing and development of scientific - fundamentals of technologies and transformation technology of systems coordinates Geographic information system "GIS" for the study area of Libya. 2010 PSU, Novopolotsk. p.131.
2. Akresh M. S.: New method in map projection indirect coefficients. Proceedings of 12th AGILE international conference on geographic information science and ISPRS Hannover workshop 2009 High-Resolution Earth imaging for geospatial information. 2nd -5th June. 2009 Hannover of Germany (2009). First paper in CD. www.agile-online.org.
3. Akresh M. S.: New Methodology for Direct Algorithms in Russell Projection "Stereographic Projection". (2012, volume2,number4) journal of Earth science and engineering , David publishing company .253-256.
4. Bugayevskiy L. M.: Map projections. A reference Manual. J.P. Snyder London: Taylor Francis, (1995). p 328.
5. Morozoff V.P: Course of Special High Geodetic for Earth. Nedra, Moscow (1979). p. 296.
6. Padshyvalau U. P.: The Theoretical Background of Formation Coordinate Environment for GIS. PSU(1998) Novopolotsk, p.125.
7. Padshyvalau U. P: Automated design of coordinate system for long linear objects. Proceedings of the 11th Scandinavian Research Conference on Geographical Information Science 5th-7th September Scan GIS (2007) Norway. 147-155.
8. Padshyvalau U. P, Matkin A., Rymasheuskaja M.: Principles of design of projections for geographical information technologies. Proceedings of the 10th Scandinavian Research Conference on Geographical Information Science/ Scan GIS (2005) Stockholm. 137-145.

Получено 04.07.2013

© Мохаммед Сабри Акреш, 2013

УДК 519.2:528.1

О КОРРЕЛЯЦИИ ФУНКЦИЙ СЛУЧАЙНЫХ ОШИБОК ИЗМЕРЕНИЙ

Наталья Борисовна Лесных

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, тел. (383)343-18-53

Владимир Евгеньевич Мизин

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры геодезии, тел. (383)344-36-60, e-mail: ssga221@mail.ru

Исследована корреляция повторных определений координат пунктов полигонометрического хода как функций случайных ошибок измерений.

Ключевые слова: корреляция, координаты, анализ, разности, ошибки, функции.

CORRELATION OF ACCIDENTAL MEASUREMENT ERRORS FUNCTIONS

Natalya B. Lesnykh

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., leading researcher, tel. (383)343-18-53

Vladimir E. Mizin

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., senior lecturer, Department of Geodesy, tel. (383)344-36-60, e-mail: ssga221@mail.ru

The authors investigate correlation of repeated determinations of polygon traverse points coordinates as functions of random measurement errors.

Key words: correlation, coordinates, analysis, differences, errors, functions.

Корреляционная (вероятностная) связь между случайными величинами возникает тогда, когда имеются общие факторы, влияющие на значения этих величин. Показателем тесноты линейной связи между случайными величинами системы X_1, X_2, \dots, X_n служит коэффициент корреляции

$$r_{i,j} = \frac{k_{i,j}}{\sigma_i \sigma_j}, \quad (1)$$

где $k_{i,j} = M\{[X_i - M(X_i)] \cdot [X_j - M(X_j)]\}$ – корреляционный момент пары X_i, X_j ; σ_i, σ_j – средние квадратические отклонения X_i и X_j . Для независимых (некоррелированных) случайных величин $k_{i,j} = r_{i,j} = 0$.

Случайные, нормально распределенные ошибки измерений Δ_i и Δ'_i некоррелированы (независимы), имеют математическое ожидание $M(\Delta)=0$ и дисперсию $\sigma^2 = M\{\Delta - M(\Delta)\}^2 = M(\Delta^2)$, $M(\Delta \cdot \Delta') = M(\Delta) \cdot M(\Delta') = 0$.

Проверим наличие корреляционной связи для некоторых функций случайных ошибок измерений, содержащих одинаковые коэффициенты при соответствующих ошибках. Рассмотрим систему двух случайных величин, заданную вектором $F = \begin{pmatrix} f \\ f' \end{pmatrix}$.

Ковариационная матрица системы определяется формулой:

$$K_F = M\{[F - M(F)] \cdot [F - M(F)]^m\} = M\left\{\begin{bmatrix} f \\ f' \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} M(f) \\ M(f') \end{bmatrix} \cdot \left[\begin{pmatrix} f^m & f'^m \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} M(f)^m & M(f')^m \end{pmatrix}\right]\right\}.$$

Для функций $f = \begin{Bmatrix} a_1\Delta_1 \\ a_2\Delta_2 \\ \dots \\ a_n\Delta_n \end{Bmatrix} = \{a_i\Delta_i\}$ и $f' = \begin{Bmatrix} a_1\Delta'_1 \\ a_2\Delta'_2 \\ \dots \\ a_n\Delta'_n \end{Bmatrix} = \{a_i\Delta'_i\}$, где a_i –

постоянные коэффициенты, $M\{a_i\Delta_i\} = \{a_i M(\Delta_i)\} = 0$; $M(f) = M(f') = 0$

и $K_F = M\left\{\begin{pmatrix} f \\ f' \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} f^m & f'^m \end{pmatrix}\right\} = \begin{pmatrix} \sigma_f^2 & 0 \\ 0 & \sigma_{f'}^2 \end{pmatrix}$ является дисперсионной матрицей.

Здесь $\sigma_f^2 = M(f \cdot f^m)$, $\sigma_{f'}^2 = M(f' \cdot f'^m)$, $k_{ff'} = M(f \cdot f'^m) = 0$ – корреляционный момент пары случайных величин f и f' .

Для функций:

$$f = \{a_i\Delta_a^{(i)} + b_i\Delta_b^{(i)}\} \text{ и } f' = \{a_i\Delta'_a^{(i)} + b_i\Delta'_b^{(i)}\}, (i = 1, 2, \dots, n); \quad (2)$$

$$M(f) = \{a_i M(\Delta_a^{(i)}) + b_i M(\Delta_b^{(i)})\} = 0, \quad M(f') = 0;$$

$$k_{ff'} = M\left\{\begin{pmatrix} a_1\Delta_a^{(1)} + b_1\Delta_b^{(1)} \\ \dots \\ a_n\Delta_a^{(n)} + b_n\Delta_b^{(n)} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} a_1\Delta'_a^{(1)} + b_1\Delta'_b^{(1)} & \dots & a_n\Delta'_a^{(n)} + b_n\Delta'_b^{(n)} \end{pmatrix}\right\} = 0$$

функции f и f' некоррелированы.

Для функций накопленных случайных ошибок измерений

$$f = \left\{ \begin{array}{c} \Delta_1 \\ \Delta_1 + \Delta_2 \\ \dots \\ \Delta_1 + \Delta_2 + \dots + \Delta_n \end{array} \right\} \text{ и } f' = \left\{ \begin{array}{c} \Delta'_1 \\ \Delta'_1 + \Delta'_2 \\ \dots \\ \Delta'_1 + \Delta'_2 + \dots + \Delta'_n \end{array} \right\}; \quad (3)$$

$$k_{ff'} = M \left\{ \left(\begin{array}{c} \Delta_1 \\ \Delta_1 + \Delta_2 \\ \dots \\ \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_n \end{array} \right) \cdot (\Delta'_1 \quad \Delta'_1 + \Delta'_2 \quad \dots \quad \Delta'_1 + \Delta'_2 + \dots + \Delta'_n) \right\} = 0$$

функции f и f' также некоррелированы, $M(f) = 0$, $M(f') = 0$.

Разности повторных определений координат полигонометрического хода содержат информацию о стабильности пунктов геодезической основы при мониторинге инженерного сооружения. Если координаты, вычисленные по результатам независимых повторных измерений, некоррелированы, предельно допустимое значение их разностей можно определить по формуле [1]:

$$|d|_{пред.} = t \cdot m_x \cdot \sqrt{2}. \quad (4)$$

На моделях ходов полигонометрии 4-го класса исследована корреляционная связь между координатами пунктов, полученными по результатам повторных, независимых измерений углов и сторон.

Представим разности координат $d(x)$, $d(y)$ как функции их истинных случайных ошибок Δ_x , Δ_y , Δ'_x , Δ'_y :

$$d(x) = x - x' = X + \Delta_x - X - \Delta'_x = \Delta_x - \Delta'_x; \quad d(y) = y - y' = \Delta_y - \Delta'_y.$$

Истинные ошибки координат можно получить через истинные ошибки приращений:

$$\Delta_{dx}^{(i)} = \Delta_S^{(i)} \cos \alpha_i - \frac{dy_i}{\rho''} \Delta_\alpha^{(i)}, \quad \Delta_{dy}^{(i)} = \Delta_S^{(i)} \sin \alpha_i + \frac{dx_i}{\rho''} \Delta_\alpha^{(i)}. \quad (5)$$

Случайные ошибки дирекционных углов и координат являются функциями накопленных аргументов – случайных ошибок измеренных углов и приращений координат соответственно:

$$\Delta_\alpha^{(i)} = \sum_{j=1}^i \Delta_\beta^{(j)}, \quad \Delta_x^{(i)} = \sum_{j=1}^i \Delta_{dx}^{(j)}, \quad \Delta_y^{(i)} = \sum_{j=1}^i \Delta_{dy}^{(j)}. \quad (6)$$

Функции (5), (6) аналогичны (2), (3) и теоретически не коррелированы с результатами их повторных определений. Проверим это утверждение экспериментально. Оценка коэффициента корреляции вычисляется по формуле:

$$\bar{r}_{x,x'} = \frac{[\delta x \cdot \delta x']}{\bar{\sigma}_x \cdot \bar{\sigma}_{x'} (n-1)}, \quad (7)$$

где $\delta x_i = x_i - \bar{x}$, $\bar{M}_x = \bar{x} = [x]/n$ – оценка математического ожидания,

$\bar{\sigma}_x = \sqrt{[\delta x^2]/n-1}$ – оценка среднего квадратического отклонения.

Значимость $\bar{r}_{x,x'}$, $\bar{r}_{y,y'}$ устанавливалась с использованием функции z Фишера для доверительной вероятности $\Phi(t) = 0,997$, $t = 3$ [2].

Характеристики ходов полигонометрии и оценки коэффициентов корреляции истинных ошибок координат первого и второго циклов наблюдений представлены в табл. 1.

Таблица 1

Корреляция повторных определений координат

Варианты	1	2	3	4	5
Характеристики	$\alpha = 170^\circ - 195^\circ$ $s = 300$ м, $n = 20$, $\sigma_\beta = 2''$ $\sigma_s = 2$ см	$\alpha = 170^\circ - 195^\circ$ $s = 500$ м, $n = 20$, $\sigma_\beta = 2''$ $\sigma_s = 3$ см	$\alpha = 85^\circ - 96^\circ$ $s = 300$ м, $n = 20$, $\sigma_\beta = 2''$ $\sigma_s = 2$ см	$\alpha = 85^\circ - 96^\circ$ $s = 300$ м, $n = 20$, $\sigma_\beta = 2''$ $\sigma_s = 2$ см	$\alpha = 10^\circ - 180^\circ$ $s = 300$ м, $n = 20$, $\sigma_\beta = 2''$ $\sigma_s = 2$ см
$\bar{r}_{x,x'}$	-0,237	-0,583	-0,379	-0,984	0,963
$r_2 - r_1$	1,199	0,944	1,127	0,064	0,141
Корреляция	-	-	-	+	+
$\bar{r}_{y,y'}$	-0,993	-0,980	-0,229	-0,288	0,230
$r_2 - r_1$	0,029	0,077	1,203	1,178	1,202
Корреляция	+	+	-	-	-

В четырех случаях из десяти между координатами первого и второго циклов установлено наличие корреляционной связи. Почему некоторые функции (5) оказались коррелированы? Вероятностно-статистический анализ закона распределения [3–5] ошибок приращений координат Δ_{dx} , $\Delta_{dx'}$, Δ_{dy} , $\Delta_{dy'}$, выполненный по каждому из пяти вариантов хода, выявил несоответствие распределения коррелированных рядов ошибок нормальному закону.

В частности, критерием равенства средних, статистика которого

$$t_3 = \frac{|\bar{\Delta} - M(\Delta)|}{\bar{\sigma} / \sqrt{n}}, \quad (8)$$

установлено существенное отклонение оценки математического ожидания случайных ошибок приращений координат от нуля, что противоречит теоретическим предпосылкам некоррелированности координат (табл. 2).

Таблица 2

Закон распределения

№	1		2		4		5	
	Δ_{dy}	$\Delta_{dy'}$	Δ_{dy}	$\Delta_{dy'}$	Δ_{dx}	$\Delta_{dx'}$	Δ_{dx}	$\Delta_{dx'}$
$\bar{\Delta}$ (см)	-0,80	0,68	-2,82	2,07	-0,98	0,72	-0,53	-1,27
$\bar{\sigma}$ (см)	0,70	0,43	1,48	1,50	0,47	0,30	1,40	1,46
t_3	5,1	7,1	8,5	6,2	9,3	10,8	1,67	3,89
$P(t > t_3)$	$6 \cdot 10^{-5}$	$9 \cdot 10^{-7}$	$7 \cdot 10^{-8}$	$6 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{-9}$	0,08	$9 \cdot 10^{-4}$
Три свойства	±	–	–	–	–	–	+	±

Знак «–» в табл. 2 означает, что свойства случайных ошибок не выполняются.

В формулах (5), в зависимости от значения дирекционного угла, преобладают слагаемые $\Delta_s \cos \alpha$, $\Delta_s \sin \alpha$ или $(-s \cdot \sin \alpha / \rho) \cdot \Delta_\alpha$, $(s \cdot \cos \alpha / \rho) \cdot \Delta_\alpha$. Закон распределения первого слагаемого соответствует закону случайных, нормально распределенных ошибок Δ_s с математическим ожиданием $M(\Delta_s) = 0$ и оценкой математического ожидания, несущественно отличающейся от нуля. Ошибки дирекционных углов второго слагаемого являются функциями накопленных аргументов – случайных ошибок угловых измерений (6). Подобные функции могут на значительном протяжении сохранять один и тот же знак и вследствие этого, по своим статистическим свойствам не совпадать со свойствами случайных, нормально распределенных ошибок измерений.

Представим эту ситуацию в табл. 3 примерами из варианта 1.

Закон распределения преобладающего слагаемого в формулах ошибок приращений координат определил закон распределения суммы слагаемых. В формулах Δ_{dx} преобладает первое слагаемое. Ошибки Δ_{dx} распределены нормально, как и случайные ошибки Δ_s , оценка математического ожидания $\bar{\Delta}_{dx}$ пренебрегаемо мало отличается от нуля, между результатами повторных определений координат корреляционной связи не установлено.

Таблица 3

Слагаемые формул ошибок приращений координат

α	Δ''_{α}	Δ_{dx} (см)		Δ_{dy} (см)	
		$\Delta_s \cos \alpha$	$-(dy / \rho'')\Delta_{\alpha}$	$\Delta_s \sin \alpha$	$(dx / \rho'')\Delta_{\alpha}$
170 °	0,93	-0,256	-0,023	0,045	-0,133
195	1,05	4,878	0,040	1,308	-0,146
170	4,02	0,699	-0,102	-0,123	-0,576
175	6,06	0,936	-0,077	-0,082	-0,878
190	8,85	1,093	0,224	0,193	-1,268
.....

В формулах Δ_{dy} преобладает, в основном, второе слагаемое. Закон распределения ошибок Δ_{dy} , как и Δ_{α} , не является нормальным, среднее арифметическое $\bar{\Delta}_{dy}$ существенно отличается от нуля, что и привело к значительному увеличению оценки коэффициента корреляции $\bar{r}_{y,y'}$.

Появление в полигонометрическом ходе невязок, близких к предельным значениям, свидетельствует о накоплении ошибок одного знака и возможном искажении случайных свойств в рядах истинных ошибок дирекционных углов и координат.

Очевидно, исследование устойчивости пунктов геодезической основы требует комплексного подхода и не может быть ограничено единственно расчетом допустимого значения разности повторных определений координат [2, 6–10].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мизин В. Е. Допустимые значения разностей повторных определений координат полигонометрического хода // ГЕО-Сибирь-2011. VII Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2011 г.). – Новосибирск: СГГА, 2011. Т. 3, ч. 2. – С. 42–45.
2. Мизин В. Е. Корреляционный анализ разностей повторных наблюдений геодезической основы при мониторинге линейных объектов // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2011. – № 3. – С. 26–28.
3. Лесных Н. Б. Законы распределения случайных величин в геодезии: монография. – Новосибирск: СГГА, 2005. – 128 с.
4. Лесных Н. Б. Объекты статистического анализа в геодезии: монография. – Новосибирск: СГГА, – 2010. – 128 с.
5. Лесных Н. Б., Мизин В. Е. Сравнительная характеристика результатов двух статистических методов анализа разностей повторных измерений // Вестник СГГА. – Новосибирск: СГГА, 2012. – Вып. 1 (17). – С. 41–46.
6. Мизин В. Е. Оценка точности геодезических измерений при мониторинге линейных объектов // ГЕО-Сибирь-2006. Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 24–28 апреля 2006 г.). – Новосибирск: СГГА, 2006. Т. 2, ч. 1. – С. 91–94.

7. Мизин В. Е. Проектирование полигонометрического хода методом моделирования // ГЕО-Сибирь-2010. VI Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2010 г.). – Новосибирск: СГГА, 2010. Т. 1, ч. 1. – С. 123–126.

8. Мизин В. Е. Предрасчет точности координат полигонометрического хода для целей мониторинга земель линейных объектов // ГЕО-Сибирь-2010. VI Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2010 г.). – Новосибирск: СГГА, 2010. Т. 2, ч. 1. – С. 127–130.

9. Мизин В. Е. О систематических ошибках повторных // ГЕО-Сибирь-2011. VII Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2011 г.). – Новосибирск: СГГА, 2011. Т. 3, ч. 2. – С. 38–41.

10. Лесных Н. Б. Две ошибки проверки гипотезы об отсутствии систематических влияний // ГЕО-Сибирь-2010. VI Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2010 г.). – Новосибирск: СГГА, 2010. Т. 1, ч. 1. – С. 85–90.

Получено 15.06.2013

© Н. Б. Лесных, В. Е. Мизин, 2013

УДК 528.422.1

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ СПОСОБОМ ИЗ СЕРЕДИНЫ ПРИ ВИЗИРОВАНИИ НАД РАЗНЫМИ ПОДСТИЛАЮЩИМИ ПОВЕРХНОСТЯМИ

Антон Викторович Никонов

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, аспирант кафедры инженерной геодезии и информационных систем, e-mail: sibte@bk.ru

В статье приведены результаты исследований нивелирования наклонным лучом в равнинной местности с использованием высокоточного электронного тахеометра для расстояний от 60 до 340 м. Исследования проводились вдоль дороги, с прохождением визирного луча над тремя подстилающими поверхностями: песок, трава и асфальт.

Ключевые слова: тригонометрическое нивелирование, нивелирование тахеометром, высота.

STUDY OF ACCURACY IN TRIGONOMETRIC LEVELING BY METHOD "FROM THE MIDDLE" WHEN SIGHTING OVER DIFFERENT UNDERLYING SURFACES

Anton V. Nikonov

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Post-graduate student, Department of Engineering Geodesy and Information Systems, e-mail: sibte@bk.ru

The results of the research are presented as concerns leveling by inclined ray on the plane surface using high-precision total station for 60 to 340 m distances. The investigation was conducted along the road with directional ray transmitted over three underlying surfaces: sand, grass and asphalt.

Key words: trigonometric leveling, total station leveling, height.

Тригонометрическое нивелирование широко используется при проведении различных геодезических работ [1, 2], несмотря на то, что еще отсутствует достаточная нормативная база по его применению. Для более полного изучения достижимой точности геодезического нивелирования мы провели ряд исследований [3, 4, 5].

Считается, что при выполнении тригонометрического нивелирования из середины влияние вертикальной рефракции в большей степени компенсируется [6]. Это допущение приемлемо при достаточной высоте визирного луча над землей, а также при одинаковых условиях прохождения визирного луча на заднюю и переднюю цели. Однако эти условия не всегда могут быть соблюдены на практике. Для определения точности тригонометрического нивелирования при прохождении визирного луча над разными подстилающими поверхностями при взгляде «назад» и «вперед» нами были выполнены полевые эксперименты в течение двух дней (26 и 27 июля 2012 г.).

Для проведения эксперимента на противоположных концах железобетонной трубы, проходящей под асфальтированной дорогой, были выбраны две

точки. Между ними было измерено превышение цифровым высокоточным нивелиром *DiNi12* (5 приемов). На эти точки были установлены вехи с отражателями, имеющие одинаковую в пределах 0,5 мм высоту ~1,7 м. Превышение между точками определялось электронным тахеометром *Leica TS-06* ($m_z = 2''$) путем визирования на отражатели.

Прибор располагался на обочине так, чтобы визирный луч при наведении на заднюю цель проходил в большей мере над асфальтом, а при наведении на переднюю цель – над травой или песком. Местность равнинная (углы наклона в пределах 1°), высота прохождения визирного луча над землей не менее 1,5 м.

Превышение (h) между двумя точками находилось как [7]

$$h = h_{\Pi} - h_3 = D_{\Pi} \cos z_{\Pi} - D_3 \cos z_3, \quad (1)$$

где D – наклонное расстояние; z – зенитное расстояние; h_3 и h_{Π} – превышения между осью вращения зрительной трубы и задней и передней целями соответственно.

Превышения между двумя целями измерялись в основном 15 полными приемами по схеме 3З'П', где З и П – измерения при круге лево; З', П' – при круге право.

Измерения в первый день выполнялись с 16:00 в облачную погоду при $t = 16^\circ\text{C}$.

Были вычислены средние квадратические ошибки измерения превышений отдельно для каждой цели (m_{h_3} , $m_{h_{\Pi}}$) и для общего превышения (m_h). Результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1

СКО измерения превышений (опыт 1)

D , м	n приемов	m_{h_3} , мм	Подст. поверх. «назад»	$m_{h_{\Pi}}$, мм	Подст. поверх. «вперед»	$m_h = \sqrt{m_{h_3}^2 + m_{h_{\Pi}}^2}$, мм	$m_{h_{\text{ВНУТР}}}$, мм	$m_{h_{\text{ИСТИН}}}$, мм
126	15	0,6	асфальт	0,8	песок	1,0	0,6	0,8
128	16	0,7	асфальт	1,1	трава	1,3	1,0	1,1
248	16	1,3	асфальт	2,4	песок	2,8	2,0	2,0
251	16	1,4	асфальт	1,1	трава	1,8	1,8	1,8
337	16	1,9	асфальт	1,8	песок	2,6	2,0	2,2
79	10	0,4	асфальт	0,3	песок	0,5	0,4	0,6

Величины m_{h_3} , $m_{h_{\Pi}}$, $m_{h_{\text{ВНУТР}}}$ и $m_{h_{\text{ИСТИН}}}$ вычислялись по формуле Бесселя. При нахождении $m_{h_{\text{ВНУТР}}}$ определялись отклонения от среднего значения (оценка по внутренней сходимости), а для $m_{h_{\text{ИСТИН}}}$ определялись отклонения от значения превышения, полученного из геометрического нивелирования. Как видно из табл. 1, эти значения согласуются между собой. Из табл. 1 также следует, что СКО превышений при взгляде «назад» и «вперед» в основном отличаются на

величину до 0,5 мм. Средняя квадратическая ошибка общего превышения не отличается от аналогичных значений из работы [4] и даже для расстояний более 200 м не выходит за пределы $\sqrt{2}m_z (\pm 2,8'')$. По полученным в ходе эксперимента данным, также как и в [4, 5], были вычислены разности максимальных и минимальных по серии превышений для h_3 , h_{II} и результирующего превышения h между двумя точками (табл. 2).

Таблица 2

Разности (Δ) между h_{max} и h_{min} для превышений h_3 , h_{II} , h (опыт 1)

D , м	Δ задняя h_3 , мм	Δ передняя h_{II} , мм	Сред., мм	Для h между задней и передней, мм	$\Delta^{доп} = 2(2m_z)$ $\Delta^{доп} = 8''$, мм
1	2	3	4	5	6
126	1,9	2,9	2,4	2,5	4,9
128	2,5	4,4	3,4	3,4	5,0
248	4,9	7,6	6,2	5,9	9,6
251	4,9	4,1	4,5	6,6	9,7
337	7,2	5,6	6,4	7,7	13,0
79	1,2	0,9	1,0	1,3	3,1

Полученные в табл. 2 величины (столбцы 2, 3, 4, 5) не превышают аналогичных значений для опыта [5] с одинаковой подстилающей поверхностью.

Допустимая величина $\Delta^{доп}$ для разностей из столбца 5 (см. табл. 2) принималась из соображения, что в худшем случае истинные ошибки при визировании на обе цели будут максимальны (равны $2m$) и с противоположными знаками.

Разницы средних по серии превышений из тригонометрического нивелирования $\overline{h_{ТРИГ}}$ и превышений из геометрического нивелирования $h_{ГЕОМ}$ представлены в табл. 3.

Таблица 3

Сравнение значений превышений из тригонометрического и геометрического нивелирования (опыт 1)

D , м	$\overline{h_{ТРИГ}}$, мм	$h_{ГЕОМ}$, мм	$\Delta = h_{ГЕОМ} - \overline{h_{ТРИГ}}$ мм
1	2	3	4
126	-164,0	-164,5	-0,5
128	-165,0		+0,5
248	-164,3		-0,2
251	-164,0		-0,5
337	-163,7		-0,8
79	-164,9		+0,4

Во второй день (27.07.2012 г.) был проведен аналогичный опыт для расстояний 60, 111, 200 м. Измерения выполнялись при $t = +22\text{ }^{\circ}\text{C}$ и переменной облачности. Визирный луч при наведении на заднюю цель проходил над асфальтом, при наведении на переднюю цель – над песком (обочина дороги). Для данного опыта были произведены аналогичные вычисления (табл. 4).

Таблица 4

СКО измерения превышений (опыт 2)

D , м	m_{h_3} , мм	$m_{h_{\Pi}}$, мм	$m_h = \sqrt{m_{h_3}^2 + m_{h_{\Pi}}^2}$, мм	$m_{h_{\text{ВНУТР}}}$, мм	$m_{h_{\text{ИСТИН}}}$, мм
60	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6
111	0,6	0,9	1,1	1,1	1,2
200	1,1	1,1	1,6	1,4	1,4

Из табл. 4 видно, что СКО превышений между осью вращения зрительной трубы и задней (m_{h_3}) и передней ($m_{h_{\Pi}}$) целями практически не отличаются друг от друга и находятся в соответствующих доверительных интервалах из [4].

Разности максимальных и минимальных превышений для второго опыта представлены в табл. 5.

Таблица 5

Разности (Δ) между h_{max} и h_{min} для превышений h_3 , h_{Π} , h (опыт 2)

D , м	n приемов	Δ задняя h_3 , мм	Δ передняя h_{Π} , мм	Сред., мм	Для h между задней и передней, мм	$\Delta^{\text{доп}} = 2(2m_z)$ $\Delta^{\text{доп}} = 8''$, мм
60	15	0,9	1,1	1,0	1,3	2,3
111	16	2,2	3,3	2,8	4,0	4,3
200	16	3,9	3,8	3,8	5,2	7,8

Из табл. 5 видно, что полученные разности не превосходят допустимых пределов. В табл. 6 измеренные тахеометром превышения сравниваются со значением, принятым за истинное.

Таблица 6

Сравнение значений превышений из тригонометрического и геометрического нивелирования (опыт 2)

D , м	Количество приемов	$\overline{h_{\text{ТРИГ}}}$, мм	$h_{\text{ГЕОМ}}$, мм	$\Delta = h_{\text{ГЕОМ}} - \overline{h_{\text{ТРИГ}}}$, мм
60	15	-164,9	-164,5	+0,4
111	16	-164,6		+0,1
200	16	-164,3		-0,2

Из табл. 3 и 6 следует, что среднее из 15 приемов превышения, полученное из тригонометрического нивелирования, не отличается от его значения из геометрического нивелирования более чем на 1 мм.

В работе [8] проводились аналогичные исследования тригонометрического нивелирования. Измерения выполнялись в течение нескольких дней, в разных погодных условиях. Высота применяемых целей 2,13 и 3,5 м, а высота прибора около 2,3 м. Углы наклона составили до $2,5^\circ$, а длины плеч 200 м. Углы наклона измерялись четырьмя приемами. В качестве подстилающей поверхности были выбраны трава, гравий и асфальт. Полученные превышения также сравнивались со значениями из геометрического нивелирования. Разности по абсолютной величине в большинстве случаев находятся в пределах 2 мм, и лишь в наихудшем случае разность составила 4 мм. Следует также отметить, что данные разности не постоянны и изменяются в зависимости от погоды и времени суток (в основном в пределах 3 мм). В работе [8] пришли к выводу, что разная подстилающая поверхность при взгляде «назад» и «вперед» приводит к систематической ошибке в превышении.

Из наших исследований и работы [8] следует, что в равнинной местности, при высоте целей и прибора не менее 1,7 м, разная подстилающая поверхность при выполнении тригонометрического нивелирования не вносит существенных (более 2 мм) ошибок в измеряемое превышение и лишь в исключительных случаях ошибка может достигать величины 4 мм. Даже если на станции данная ошибка имеет систематический характер, то при проложении хода маловероятно ее накопление.

Наибольшее систематическое искажение значения превышения ожидается в солнечную, жаркую погоду. Так, основной источник ошибок тригонометрического нивелирования – вертикальная рефракция, главным образом зависит от величины вертикального температурного градиента, который, в свою очередь, определяется характером теплообмена между подстилающей поверхностью и окружающей средой. Процесс теплообмена во многом зависит от структуры подстилающей поверхности и интенсивности солнечного излучения. Из работы [9] следует, что летом, в солнечную погоду коэффициент рефракции на высоте 1,8 м (над травой) в течение дня изменяется от -4 до +16, а в пасмурную погоду от -2 до +5. Поэтому наибольшее различие в искривлении визирного луча при взгляде «назад» и «вперед» будет наблюдаться в солнечную погоду, при небольшой высоте визирного луча над землей и при прохождении луча над разными подстилающими поверхностями.

Из вышесказанного можно сделать следующие практические рекомендации по проложению ходов тригонометрического нивелирования:

- по возможности избегать разной подстилающей поверхности при взгляде «назад» и «вперед»;
- не допускать прохождения визирного луча ниже 1,5 м над землей;
- ограничивать длину визирного луча в пасмурную погоду – 300 м, в солнечную – 100–200 м (в зависимости от качества изображения).

Выполнение указанных рекомендаций особенно важно в солнечную погоду.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кошелев В. А., Карлин К. С., Чахлова А. П. Особенности развития геодезической разбивочной основы в условиях горной местности // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 1. – С. 87–92.
2. Беспалов Ю. И., Дьяконов Ю. П., Терещенко Т. Ю. Наблюдение за осадками зданий и сооружений способом тригонометрического нивелирования // Геодезия и картография. – 2010. – № 8. – С. 8–10.
3. Никонов А. В., Бабасов С. А. Исследование тригонометрического нивелирования в полевых условиях // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 1. – С. 71–78.
4. Никонов А. В., Рахымбердина М. Е. Исследование точности измерения превышений электронным тахеометром высокой точности в полевых условиях // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 1 (21). – С. 16–26.
5. Никонов А. В. Исследование точности тригонометрического нивелирования способом из середины с применением электронных тахеометров // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 2 (22). – С. 26–35.
6. Дрок М. К. Исследование точности определения превышений в ходах геодезического нивелирования на короткие расстояния в равнинной местности // Научные записки ЛПИ. – 1961. – № 6. – С. 183–199.
7. Пискунов М. Е. Методика геодезических наблюдений за деформациями сооружений. – М.: Недра, 1980. – 248 с.
8. Chrzanowski A. Implementation of trigonometric height traversing in geodetic levelling of high precision. Technical report №142. University of New Brunswick. Canada. 1989.
9. Hirt C., Guillaume S., Wisbar A., Bürki B. and Sternberg, H. Monitoring of the refraction coefficient of the lower atmosphere using a controlled set-up of simultaneous reciprocal vertical angle measurements // Journal of Geophysical Research (JGR). – 2010. – 115, D21102.

Получено 13.09.2013

© А. В. Никонов, 2013

УДК 528.711.18:550.83:608

**ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ТОЧНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ИСТИННОЙ ВЫСОТЫ ВЫНОСНОЙ ВЕРТОЛЕТНОЙ ПЛАТФОРМЫ
АЭРОГЕОФИЗИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКИМ СПОСОБОМ**

Станислав Олегович Шевчук

ФГУП «Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья», 630091, Россия, г. Новосибирск, Красный проспект, 67, и.о. заведующего отделом геодезического обеспечения геолого-геофизических работ, тел. (383)222-45-86, 8-903-936-78-53, e-mail: staspp@211.ru

Рассмотрены факторы, влияющие на точность получения истинной высоты аэрогеофизической платформы посредством фотограмметрического способа и устройства.

Ключевые слова: истинная высота, альтиметрия, геодезическое обеспечение, способ, фотограмметрия.

**FACTORS AFFECTING TRUE ALTITUDE DETERMINATION ACCURACY
BY PHOTOGRAMMETRIC TECHNIQUES FOR HELICOPTER EXTERNAL
PLATFORM OF AERIAL GEOPHYSICAL STATION**

Stanislav O. Shevchuk

Siberian Research Institute of Geology, 630091, Russia, Novosibirsk, 67 Krasny Pr., Acting head of the Department of Geodetic Dataware for Geological and Geophysical works, Geophysics and Minerals, tel. (383)222-45-86, 8-903-936-78-53, e-mail: staspp@211.ru

The factors affecting the accuracy of true altitude determination by photogrammetric techniques are considered as concerns aerial geophysical platform.

Key words: true altitude, altimetry, geodetic dataware, technique, photogrammetry.

Фотограмметрические способ и устройство для определения высоты подвижного объекта (в частности – электроразведочной выносной вертолетной платформы) были приведены в статье [16]. На данный способ и устройство отправлена патентная заявка на изобретение [5].

Посредством указанных способа и устройства решается задача получения истинных высот подвижных объектов, в частности, выносной электроразведочной платформы комплекса «Импульс-Аэро», описанного в [1, 10, 11, 17]. Истинная высота является одним из навигационно-геодезических параметров данного аэрогеофизического комплекса. Навигационно-геодезические параметры и требуемые точности их определения (включая их теоретические исследования) приведены в статье [12].

Важно отметить, что большинство навигационно-геодезических параметров аэроэлектромагнитного комплекса «Импульс-Аэро» могут определяться с помощью аппаратуры ГНСС различными методами позиционирования, исследования которых, в первую очередь применительно к данному виду работ, приведены в [8, 13–15].

В настоящей статье рассмотрены факторы, влияющие на точность получения истинной высоты h подвесной вертолетной платформы комплекса «Импульс-Аэро» с использованием фотограмметрического способа и устройства, включающего в себя пару неметрических камер (которые в настоящее время получают все более широкое применение, например при съемках с беспилотных летательных аппаратов [3, 4]) и инерциальную навигационную систему (ИНС), состоящую из твердотельных гироскопа и акселерометра.

Как было описано в [16], фотокамеры закрепляются по краям платформы напротив центра приемной антенны ЭМ-платформы и выполняют синхронную съемку. При этом ведется фиксация времени срабатывания камер и измерений ИНС в общем временном пространстве, задаваемым прибором блока управления (портативным компьютером), периодически синхронизируемым со временем приемника ГНСС. Основная формула, применяемая при расчетах истинной высоты, будет иметь вид [16]:

$$h = \left| \frac{B_z}{2} - Z_A \right|, \quad (1)$$

где h – истинная высота центра платформы над земной поверхностью;

B_z – составляющая базиса B (измеренного заранее и жестко закрепленного расстояния между фотокамерами) по высоте;

Z_A – высота (координата Z) точки A во вспомогательной системе координат (фотограмметрической системе координат, повернутой в соответствие с углами, измеренными ИНС и отмасштабированной по известной величине базиса B при условии синхронного экспонирования).

Априорный расчет точности предложенного фотограмметрического способа определения высоты

Выполним априорный расчет точности способа и устройства. В первую очередь необходимо оценить точность фотограмметрического метода получения высоты.

Для расчета по формуле (1) необходимо оценить величину СКП Z_A фотограмметрическим методом. Воспользуемся формулой вычисления аппликаты Z_A в базисной системе координат [6, 7] (с допущением, что элементы внутреннего ориентирования снимков, полученных двумя фотокамерами, равны между собой):

$$Z_A = -f \frac{B}{p^0}, \quad (2)$$

где p^0 – трансформированный продольный параллакс.

Используем формулу СКП функции измеренных величин [6, 7]:

$$m_z^2 = \left(\frac{\partial Z_A}{\partial p^0} \right)^2 m_{p^0}^2 = \left(\frac{fB}{(p^0)^2} \right)^2 m_{p^0}^2, \quad (3)$$

где m_Z – СКП вычисления Z_A в базисной системе координат;

m_{p^0} – СКП идентификации соответственных точек (a_1 и a_2) на левом и правом снимке (определяется точностью работы коррелятора или оператора при работе в полуавтоматическом или ручном режиме).

Если принять, что правая часть уравнения всегда больше нуля, будет справедливо равенство:

$$m_Z = \frac{fB}{(p^0)^2} m_{p^0}. \quad (4)$$

Можно допустить, что точки a_1 и a_2 находятся на осях y_1 и y_2 левого и правого снимка соответственно. Тогда будет справедливо равенство:

$$p^0 \approx b = B \frac{f}{H}, \quad (5)$$

где b – базис в масштабе съемки.

Подставим выражение (5) в формулу (4):

$$m_Z = \frac{H^2 m_{p^0}}{Bf}. \quad (6)$$

Для приблизительных расчетов можно принять базисное расстояние B примерно равным 15 м, высоту полета H равной 50 м, а точность коррелятора m_{p^0} – около 1 пикселя. При расчетах необходимо использовать фокусное расстояние в пикселях (может быть взято из технического паспорта фотоаппарата или получено в результате калибровки) либо должен быть произведен пересчет m_{p^0} в те же единицы, что и f .

Таким образом, так как часть параметров аэрофотосъемки задается достаточно жестко, точность получения Z_A посредством описанного способа будет зависеть, в первую очередь, от используемой съемочной системы (фокусного расстояния фотокамеры, и, как следствие, разрешающей способности на местности).

Кроме погрешностей реализации алгоритма фотограмметрической обработки пар снимков (определяемой фотограмметрическими параметрами фотокамер и математическими алгоритмами, заложенными в ПО для обработки снимков), существует ряд факторов, способных заметно понизить точность.

Дисторсия объективов, неточность в известных значениях элементов внешнего ориентирования неметрических фотокамер

В различных оптических системах поперечное увеличение несколько изменяется по мере удаления от оптической оси, что приводит к абберации точек изображения, называемой дисторсией. В результате дисторсии прямые на краях поля зрения изображаются кривыми.

Если снимки не соответствуют центральной проекции или ее параметры известны с некоторыми ошибками, то математическая модель любой фотограмметрической задачи, основанная на условиях коллинеарности и компланарности соответственных лучей, окажется искаженной.

Сохранение главных связей, выраженных общими уравнениями, возможно, если исправить ошибочные элементы модели или включить дополнительные неизвестные – параметры калибровки [2].

Калибровка фотокамер является отдельной, весьма обширной темой фотограмметрических исследований и в рамках данной статьи не будет рассматриваться подробно.

Погрешность, вносимая дисторсией и погрешностями в элементах внутреннего ориентирования (фокусное расстояние f и координаты главной точки снимка x_0, y_0) объективов фотокамер, входит в СКП определения Z по стереопаре m_Z .

Влияние погрешностей ИНС

ИНС, состоящая из гироскопа и акселерометра, задает углы ориентации внешней системы координат. Примем земную поверхность горизонтальной плоскостью. Тогда величину зависимости погрешности в измерении превышения (разности измеренного h' и истинного значения высоты $h_{\text{ист}}$) от угла наклона α можно получить с помощью формулы:

$$(h' - h_{\text{ист}}) = h_{\text{ист}} \left(\frac{1}{\cos \alpha} - 1 \right). \quad (7)$$

Обозначим истинную погрешность определения h из-за ошибок гироскопа и акселерометра $\Delta h_{\text{ИНС}}$.

Известно, что съемка комплексом «Импульс-Аэро» происходит на высотах, близких к 50 м. Для того, чтобы $\Delta h_{\text{ИНС}}$ не превышала 1 см, предельная инструментальная погрешность определения углов должна быть не более $1^\circ 10'$. При этом сдвиг точки проекции центра платформы относительно истинного положения Δx не превысит 1 м.

Для обеспечения необходимой точности в 95 % измерений (согласно нормальному закону распределения), СКП должна быть примерно в два раза меньше [9], не более $35'$. В этом случае СКП определения истинной высоты $m_{\text{ИНС}}$ не превысит 0,5 см.

Неточность измерения величины базиса

Неточное измерение базиса или его изменение в процессе съемки может привести к появлению серьезных погрешностей в измерении превышений.

Наиболее простой метод расчета влияния данной погрешности можно выполнить, исходя из рис. 1.

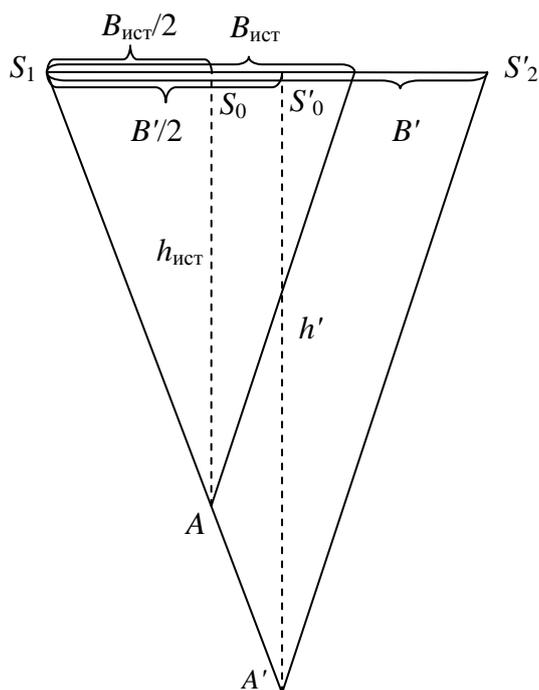


Рис. 1. Влияние ошибки измерения базиса на результаты определения высоты съёмки

Пусть истинное расстояние S_1S_2 равняется величине $B_{ист}$. Тогда величина $S_1S'_2$, равная B' , – измеренное расстояние, применяемое при выполнении расчетов. Вследствие изменения величины B изменится масштаб построенной геометрической модели.

Исходя из подобия треугольников S_1S_2A и $S_1S'_2A'$ выведем следующую зависимость определения высоты h в зависимости от базиса:

$$\frac{S_1S_2}{S_1S'_2} = \frac{S_1S_0}{S_1S'_0} = \frac{h}{h'} = \frac{B_{ист}}{B'}. \quad (8)$$

Отсюда можно вывести истинную погрешность Δh_B , возникающую из-за изменения базиса, как

$$\Delta h_B = h' - h = \left(\frac{B'}{B_{ист}} - 1 \right) h. \quad (9)$$

Известно, что диаметр платформы составляет около 14,5 м. Возьмем данную величину за истину и предположим, что базис измерен с погрешностью 10 см, $B_{изм} = 14,4$ м. Тогда, при высоте полета 50 м погрешность определения высоты составит 0,3 м.

Таким образом, для того, чтобы данная ошибка не превышала 5 см, измерение базиса должно производиться высокоточными приборами (лазерной или геодезической рулеткой) с инструментальной погрешностью не выше 1,5 см.

Неточность вертикальной ориентации крепления камер

При получении h выполняется переход от БСК к внешней системе координат через углы наклона платформы $A_{\text{инс}}$ и дополнительную матрицу перехода A_0 (для компенсации углов наклона осей системы координат фотограмметрической системы относительно плоскости платформы). Если A_0 приравняется к единичной матрице, то данное уравнение предполагает, что левый снимок не имеет угла наклона ω_1 , то есть направлен по нормали к базису в плоскости S_1XZ . Это приводит к необходимости установки главных осей объективов фотокамер в положение, близкое к вертикальному, особенно по углам ω_1 и ω_2 (остальные углы компенсируются при взаимном ориентировании в БСК), соответствующим тангажу платформы на земле.

В процессе подготовительных полевых работ с помощью геодезического уровня угол наклона камер должен быть установлен равным углу наклона платформы или измерен с применением точного геодезического уровня либо инклинометра для левой камеры.

Истинная погрешность $\Delta h_{\text{уст}}$, вызванная неточностью установки камер в вертикальное положение, рассчитывается аналогично $\Delta h_{\text{гир}}$ по формуле (7). Это значит, что при установке камер в вертикальное положение (а точнее, в положение, соответствующее углам наклона платформы на земле, если она не горизонтальна) с точностью 1° , значение $\Delta h_{\text{уст}}$ не превысит 1 см.

Деформация платформы в процессе полета

При наличии нестабильности платформы из-за деформаций, возникает нарушение взаимного положения и ориентации фотокамер, и, как следствие, появление погрешностей в элементах внешнего ориентирования системы координат модели и изменение базиса. То есть ошибка за деформацию платформы $\Delta h_{\text{деф}}$ включает в себя ошибку за изменения базиса $\Delta h_{\text{деф(В)}}$ и за изменение угла наклона системы $\Delta h_{\text{деф(}\gamma)}$.

Элементы взаимного ориентирования снимков вычисляются в процессе обработки результатов измерений. При условии отсутствия деформаций они могут быть приняты постоянными на весь маршрут, однако наличие данного фактора делает операцию взаимного ориентирования необходимой для выполнения на каждой стереопаре.

Изменение углов наклона фотограмметрической системы координат модели относительно внешней системы координат, получаемой из измерений гироскопа и акселерометра, может быть выражено формулой (7), аналогично $\Delta h_{\text{гир}}$. Изменение базиса приводит к ошибкам, рассчитываемым аналогично Δh_B по формуле (9).

Учет деформаций платформы может быть выполнен, если принять некоторые упрощения.

При плотных креплениях, углы κ_1' и κ_2' можно считать постоянными, учитывая конструкцию системы. Также, учитывая дополнительную жесткость, создаваемую центральной балкой платформы, можно исключить продольные деформации платформы и считать постоянными углы ω_2' .

Будем считать переменными углы взаимного ориентирования α_1' и α_2' . Смещения $\Delta\alpha_1'$ и $\Delta\alpha_2'$ складываются из систематических ошибок $\alpha_{1'(\text{уст})}$ и $\alpha_{2'(\text{уст})}$, обусловленных неперпендикулярной установкой камер на земле, и случайных ошибок $\delta\alpha_1'$ и $\delta\alpha_2'$, возникающих при прогибе платформы:

$$\Delta\alpha' = \alpha'_{(\text{уст})} + \delta\alpha'. \quad (10)$$

Величины $\alpha_{1'(\text{уст})}$ и $\alpha_{2'(\text{уст})}$ могут быть определены статистически или из измерений на парах снимков, для которых деформации платформы минимальны.

Если предположить, что крепления неподвижны, сохраняют углы установки $\sigma_{\alpha_1'}$ и $\sigma_{\alpha_2'}$ неизменными и колеблются вместе с платформой, то прогиб платформы может быть смоделирован, как показано на рис. 2.

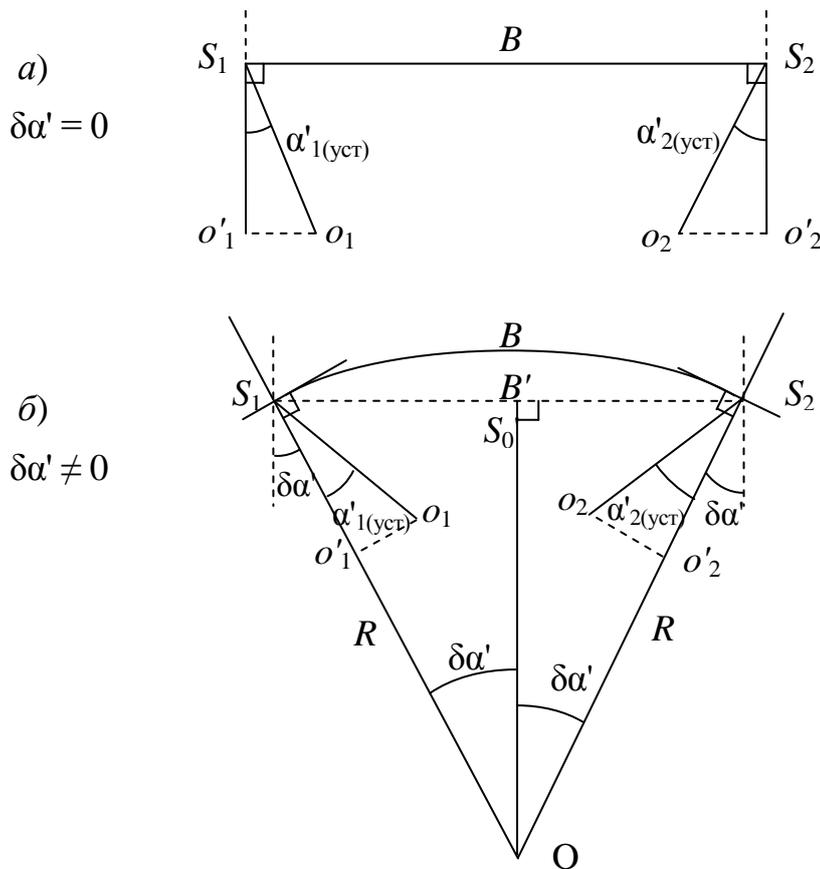


Рис. 2. Модель поперечной деформации платформы

Так как рассчитать модель неравномерного прогиба достаточно сложно, в данной модели прогиба платформы (см. рис. 2) случайные ошибки $\delta\alpha_1'$ и $\delta\alpha_2'$ отклонения углов наклона главных лучей камер от начального положения равны. Это условие позволяет предположить, что платформа деформировалась как дуга окружности определенного радиуса R . В таком случае новый базис B' будет являться хордой дуги S_1S_2 , имеющей длину B , которая соответствует измеренной на земле величине базиса.

Будем считать, что плоскости, направленные по нормали к векторам $\overrightarrow{S_1o_1'}$ и $\overrightarrow{S_2o_2'}$, являются касательными к окружности, тогда сами векторы направлены к центру окружности O . Опустим нормаль из O на хорду S_1S_2 . Углы между продолжениями векторов $\overrightarrow{S_1o_1'}$ и $\overrightarrow{S_2o_2'}$ и нормалью от O к S_1S_2 будут равны $\delta\alpha'$. Отсюда можно сделать вывод, что дуга описывает угол $2\delta\alpha'$. Зная длину дуги окружности и охватываемый ей угол, можно вычислить радиус окружности по формуле:

$$R = \frac{B}{2\delta\alpha'}. \quad (11)$$

В данной формуле угол $\delta\alpha'$ представлен в радианах. Так как в обычных условиях $\delta\alpha_1' \neq \delta\alpha_2'$, берется усредненное значение данного угла.

Таким образом, зная радиус окружности, вычислим хорду S_1S_2 :

$$B' = 2R \sin \delta\alpha'. \quad (12)$$

Таким образом вводится поправка в величину базиса за деформацию платформы. Для определения, насколько такая модель соответствует действительности, требуется выполнить ряд эмпирических исследований.

Асинхронность срабатывания затворов фотокамер

Известно, что система находится в постоянном движении, скорость движения платформы над земной поверхностью составляет около 100 км/ч.

Рассмотрим случай неодновременного экспонирования, приняв для упрощения условие, что за промежуток времени между срабатыванием затворов фотокамер не произойдет существенных изменений в углах ориентации платформы.

Как видно из рис. 3, на разновременных кадрах изменится величина базиса, и, как следствие, изменится и угол поворота базиса τ .

Пусть S_1 и S_2 – точки фотографирования левого и правого снимков при асинхронной съемке; S'_2 – точка фотографирования правого снимка в случае синхронного срабатывания затворов фотокамер; X – ось отсчета курсового угла λ ; \vec{V} – вектор направления движения платформы; ΔX – смещение точки S_2 за промежуток времени между экспонированием первой и второй камерами (обо-

значим $\Delta t_{\text{кам}}$); B – исходная длина базиса; B' – искаженная длина базиса за счет асинхронности срабатывания фотокамер.

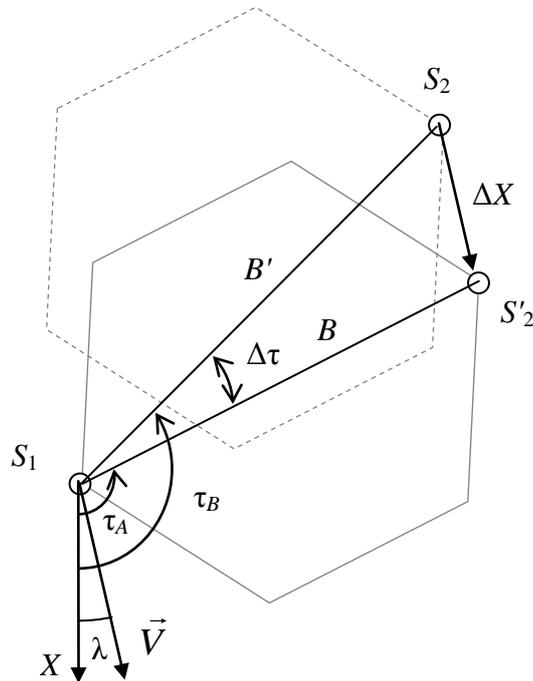


Рис. 3. Изменение геометрии системы фотокамер при разновременном экспонировании

Ввод поправки за асинхронность в величину B' может производиться по известной из лабораторных испытаний разности $\Delta t_{\text{кам}}$ и скорости движения. Предположим, что в период времени $\Delta t_{\text{кам}}$ платформа двигалась равномерно и прямолинейно. Тогда можно вычислить величину смещения $S_2S'_2 = \Delta X$, а, следовательно, и измененный базис:

$$B' = \sqrt{\Delta X^2 + B^2} = \sqrt{(\Delta t_{\text{кам}} \cdot V)^2 + B^2}. \quad (13)$$

Предположим, что промежуток времени $\Delta t_{\text{кам}}$ между срабатыванием левой и правой камеры составил 0,5 с. Тогда, при величине неискаженного базиса 15 м, на скорости 100 км/ч (27,8 м/с), величина фактического базиса, исправленного за асинхронность, составит 20,5 м. Если не вводить поправку в величину БЛ, то высота h будет рассчитана с погрешностью $\Delta h_{\text{асинх}}$, которую можно вычислить аналогично Δh_B по формуле (9), и на высоте 50 м равна 18,9 м. Скорость может определяться по смежным точкам измерений ГНСС-аппаратуры, расположенной на платформе.

Для минимизации величин поправок и повышения надежности измерений превышения рекомендуется применять одинаковые фотокамеры с идентичными

настройками, с отключенной автоматикой, влияющей на время подготовки к срабатыванию затвора.

В перспективе возможно усовершенствование системы датчиками срабатывания затвора, позволяющими получить значение $\Delta t_{\text{кам}}$. Направление и скорость сдвига в положении камер при этом может быть восстановлено из измерений приемником ГНСС.

Величины асинхронности для исполнительных механизмов управления фотокамеры, состоящих из сервомоторов и камер Sony Nex3A (применяемых в тестовом прототипе устройства), в лабораторных условиях колебались (имели случайную погрешность) в пределах 0,02 с, что соответствует погрешности в определении высоты $\Delta h_{\text{асинх}}$, равной 0,03 м.

Асинхронность измерений ИНС с моментом срабатывания затвора

При выполнении съемки важно синхронизировать измерения углов наклона платформы по времени с моментом фотографирования. Данную функцию выполняет командный прибор, фиксирующий время подачи команды съемки на камеры и ведущий запись измерений гироскопа и акселерометра.

Ведение файла измерений происходит в общей системе времени, например в системном времени блока управления устройством, единожды или периодически синхронизированным со временем ГНСС-приемника, задающим для всех измерений общую временную систему координат.

Необходимо учитывать промежуток времени $\Delta t_{\text{затв1}}$ и $\Delta t_{\text{затв2}}$, проходящего от подачи сигнала от блока управления до срабатывания затворов левой и правой камер. Данные величины могут быть определены двумя способами:

- в лабораторных условиях, с применением методики съемки специальных динамичных изображений;
- в полете, с использованием обратной связи устройства управления и фотокамер.

Реализовать первый способ можно с помощью программы, выводящей на экран системное время и время от подачи сигнала. Мониторы на электронно-лучевой трубке позволяют выполнить данную операцию с частотой до 200 Гц (то есть необходимые величины могут быть получены с точностью до 0,005 с). Система должна автоматически посылать сигнал съемки, по которому камеры выполняют фотографирование монитора.

Способ позволяет определить величины $\Delta t_{\text{затв1}}$ и $\Delta t_{\text{затв2}}$ и разность между ними $\Delta t_{\text{кам}}$.

Второй способ более сложен в реализации, однако более надежен и, в отличие от лабораторного, позволяет получить реальные, а не лабораторные значения $\Delta t_{\text{затв1}}$, $\Delta t_{\text{затв2}}$ и $\Delta t_{\text{кам}}$.

Обратная связь может быть реализована по срабатыванию датчиков вспышек на камерах и передаче сигналов их срабатывания на ПК. Для этого необходимо вмешательство в конструкцию камер и создание дополнительных линий связи между устройством управления и камерами.

При разработке экспериментального прототипа устройства применялся первый (лабораторный) способ получения указанных задержек.

Если считать все перечисленные погрешности случайными и независимыми, точность определения h может быть оценена по формуле:

$$m_h = \sqrt{m_Z^2 + m_{\text{ИНС}}^2 + m_B^2 + m_{A_0}^2 + m_{\text{ДЕФ}}^2 + m_A^2 + m_{AC}^2}, \quad (14)$$

где m_h – полная СКП получения истинной высоты h посредством использования разработанных способа и устройства;

$m_{\text{ИНС}}$ – СКП определения $h_{\text{ИСТ}}$ из-за погрешностей блока ИНС;

m_B – СКП определения $h_{\text{ИСТ}}$ из-за погрешностей измерения базиса B ;

m_{A_0} – СКП определения $h_{\text{ИСТ}}$ из-за погрешностей угловой калибровки системы (наличие углов между начальным положением фотокамер и ИНС);

$m_{\text{ДЕФ}}$ – СКП определения $h_{\text{ИСТ}}$ из-за деформаций платформы;

m_A – СКП определения $h_{\text{ИСТ}}$ из-за асинхронности экспонирования фотокамерами;

m_{AC} – СКП определения $h_{\text{ИСТ}}$ из-за погрешности синхронизации системы по времени с другими элементами аэроэлектроразведочного комплекса.

Примем m_{AC} равной нулю, считая, что данная величина устраняется в лабораторных условиях. Будем считать, что применяемая модель также позволяет минимизировать значения $m_{\text{ДЕФ}}$ (так как данная величина может быть оценена только при наличии дополнительных исследований). Используя требования к точности ИНС (35'), точности измерения B (1,5 см) и к точности калибровки системы (1°), перейдем от абсолютных погрешностей определения h из-за влияния данных факторов через коэффициент 0,5 (справедливо при заданной вероятности $\beta = 0,95$ [9] нормального закона распределения). Тогда $m_{\text{ИНС}}$, m_B и m_{A_0} будут равны 0,005, 0,005 и 0,008 м соответственно. Также, примем величину m_A равной 0,015, считая, что полевые условия не добавят погрешности по сравнению с лабораторными.

Примем m_Z равной 0,05 м (средняя величина из предрасчета по формулам (6) для различных камер, в том числе Sony Nex3A). Тогда суммарная СКП определения m_h не превысит 0,057 м.

Данная погрешность на практике может оказаться на порядок выше из-за множества упрощений (особенно большие погрешности могут ввести деформация платформы и асинхронность срабатывания фотокамер, не учтенные при расчетах), принятых при расчетах, поэтому необходимо выполнить ряд практических исследований для определения данной величины и усовершенствования используемых математических моделей.

Способ и устройство, основанное на нем, в настоящее время находятся на этапе исследований.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Особенности построения высокоточной аэрогеофизической системы серии «Импульс-Аэро» / С. В. Барсуков, А. А. Белая, Ю. Ю. Дмитриев, А. С. Сверкунов, Е. Н. Махнач, Г. М. Тригубович // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Недропользование. Горное дело. Новые направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск: СГГА, 2012. Т. 1. – С. 224–229.
2. Дубиновский В. Б. Калибровка снимков. – М.: Недра, 1982. – 224 с.
3. Ессин А. С., Ессин С. С. Технология обработки аэрофотоснимков, полученных с БПЛА, в целях создания ортофотопланов // ГЕО-Сибирь-2010. VI Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2010 г.). – Новосибирск: СГГА, 2010. Т. 4, ч. 1. – С. 72–75.
4. Ессин А. С., Ессин С. С. Особенности фотограмметрической обработки материалов цифровой аэрофотосъемки с БПЛА // ГЕО-Сибирь-2010. VI Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2010 г.). – Новосибирск: СГГА, 2010. Т. 4, ч. 1. – С. 80–82.
5. Заявление о выдаче патента Российской Федерации на изобретение № 2012139733/28(064245) Устройство и способ определения превышений (высоты) подвижного объекта (геофизической платформы) над земной поверхностью при аэрогеофизических исследованиях / С. О. Шевчук, В. Н. Никитин, С. В. Барсуков / приоритет от 17.09.2012.
6. Лобанов А. Н. Фотограмметрия : учеб. для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1984. – 552 с.
7. Назаров А. С. Фотограмметрия : учеб. пособие для студентов вузов. – Минск: ТетраСистемс, 2006. – 368 с.: ил.
8. Навигационно-геодезическое обеспечение геолого-геофизических работ с использованием глобальных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS // ГЕО-Сибирь-2011. VII Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2011 г.). – Новосибирск: СГГА, 2011. Т. 1, ч. 2. – С. 174–180.
9. Оценка достоверности определения координат пунктов геолого-геофизических наблюдений / А. Г. Прихода, А. П. Лапко, Г. И. Мальцев, И. А. Бунцев: метод. рекомендации; Науч. ред. А. Г. Прихода. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 2001. – 122 с.
10. Тригубович Г. М., Персова М. Г., Саленко С. Д. Аэрогеофизические вертолетные платформы серии «Импульс» для поисково-оценочных исследований // Приборы и системы разведочной геофизики – 2006. – № 2 (16) – С. 18–21.
11. Тригубович Г. М. Инновационные поисково-оценочные технологии электроразведки становлением поля воздушного и наземного базирования // Разведка и охрана недр. – 2007. – № 8. – С. 80–87.
12. Навигационно-геодезическое обеспечение аэрогеофизических исследований / Г. М. Тригубович, С. О. Шевчук, А. А. Белая и др. // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири – 2013. – № 2. – С. 61–69.
13. Шевчук С. О. Исследование метода точного точечного позиционирования для геодезического обеспечения геолого-геофизических работ // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск: СГГА, 2012. Т. 2. – С. 251–258.
14. Шевчук С. О. Навигационное и геодезическое обеспечение аэроэлектромагнитных исследований с подвесной вертолетной платформой // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2012. – № 2. – С. 72–75.
15. Шевчук С. О., Косарев Н. С. Применение метода точного точечного позиционирования (PPP) для геодезического обеспечения аэроэлектроразведочных работ // Интерэкспо

ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск: СГГА, 2012. Т. 2. – С. 239–244.

16. Шевчук С. О., Никитин В. Н. Способы определения истинной высоты аэрогеофизической вертолетной электроразведочной платформы // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 1. – С. 74–82.

17. Kamenetsky F. M., Stettler E. H., Trigubovich G. M. Transient Geo-Electromagnetics. – Англ. – Ludwig-Maximilian-University of Munich. Dept. of the Earth and Environmental Sciences. Section Geophysics. - Munich, 2010. - 296 p., 2010. - 296 с.

Получено 01.08.2013

© С. О. Шевчук, 2013

УДК 528.7

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ВИЗИРОВАНИЯ НА ТОЧКИ СТЕРЕОМОДЕЛИ, ПОСТРОЕННОЙ ПО КОСМИЧЕСКИМ СНИМКАМ СВЕРХВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ, ПРИ РАЗЛИЧНОМ УВЕЛИЧЕНИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Тамара Антоновна Широкова

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного 10, кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры фотограмметрии и дистанционного зондирования, тел. (383)-344-39-75, e-mail: dept.asp@ssga.ru

Александр Юрьевич Чермошенцев

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного 10, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры фотограмметрии и дистанционного зондирования, тел. (960)-798-55-06, e-mail: fdz2004@bk.ru

В статье представлены результаты исследований точности визирования на точки стереомодели, построенной по космическим снимкам сверхвысокого разрешения, при различном увеличении масштаба изображения.

Ключевые слова: космические снимки, визирование, оценка точности.

SIGHTING ACCURACY STUDY FOR STEREO MODEL POINTS DEVELOPED BY HIGH-RESOLUTION SATELLITE IMAGES WITH DIFFERENT IMAGE EXPANSIONS

Tamara A. Shirokova

State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., Assoc. prof., prof., Department of Photogrammetry and Remote Sensing, Siberian tel. (383)344-39-75, e-mail: dept.asp@ssga.ru

Alexander Yu. Chermoshentsev

State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., senior lecturer., Department of Photogrammetry and Remote Sensing, Siberian, tel. (960)798-55-06, e-mail: fdz2004@bk.ru

The paper presents research results as concerns sighting the stereo-model points. The model was constructed by super-high-resolution satellite images with different zoom-ins.

Key words: satellite images, sighting, accuracy estimation.

Точность привязки космических снимков в значительной степени зависит от ошибок измерения координат точек на цифровых изображениях. На ошибку визирования влияют такие факторы, как разрешение космического снимка, тип наблюдаемого контура, масштаб изображения, опыт наблюдателя [1, 2, 3]. При обработке стереопар космических снимков с целью создания карт, цифровых моделей рельефа и ортофотопланов важное значение имеет точность визирования на точки модели как в плане, так и по высоте.

Для практической оценки ошибок визирования на точки стереомодели, построенной по космическим снимкам сверхвысокого разрешения, проведены исследования в программном продукте PHOTOMOD 4, аналогичные исследованиям точности визирования на точки одиночных снимков [4]. Для этого по космическим снимкам GeoEye-1 сначала построена модель местности, затем выполнены стереонаблюдения различных объектов (рисунок), которые были разбиты на пять групп, отличающихся типами контуров, по 10 объектов в каждой группе:

- отдельно стоящие деревья;
- строения (углы зданий);
- углы и пересечения ограждений;
- водные объекты (контурные точки береговой линии);
- дорожная сеть (элементы дорожной разметки).

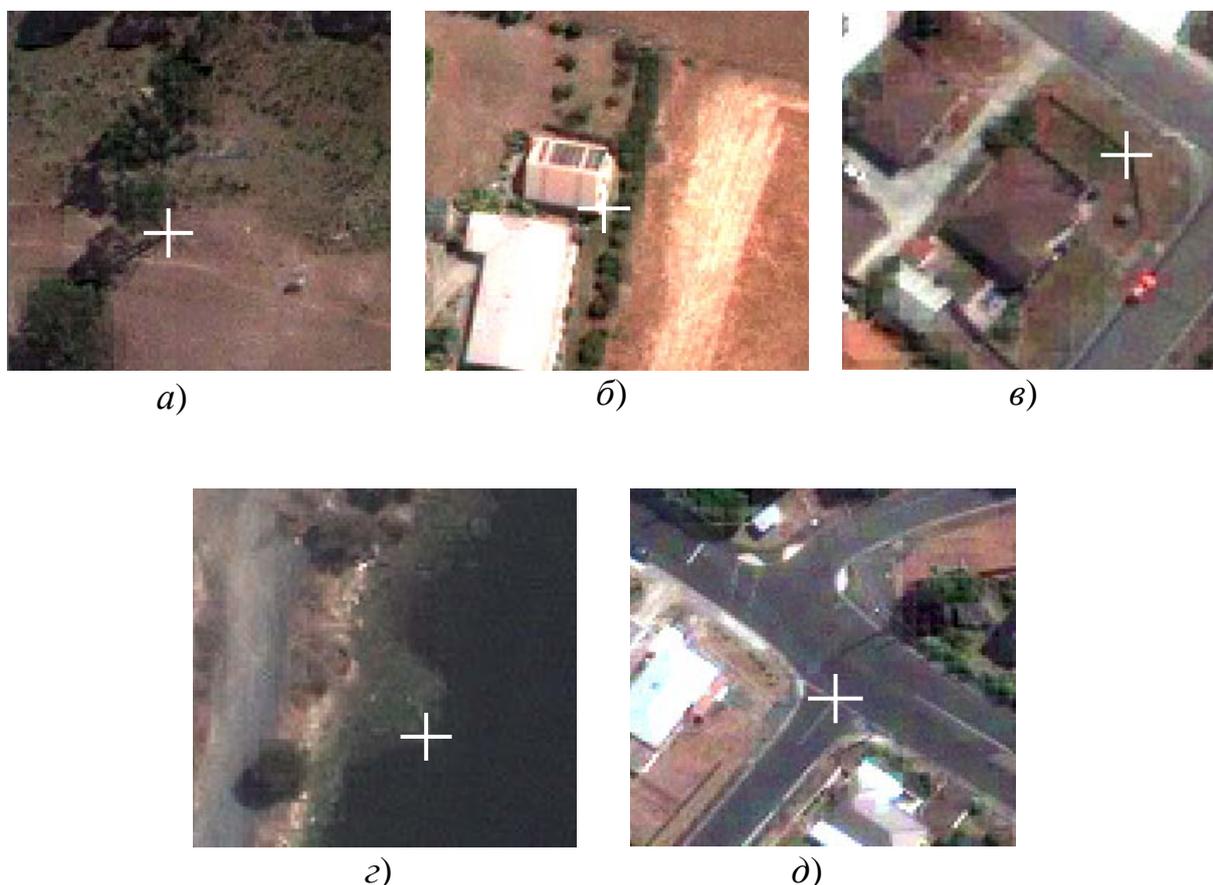


Рис. Типы объектов, используемые при исследовании точности визирования на точки стереомодели:

- а) отдельно стоящие деревья; б) углы зданий; в) углы и пересечения ограждений;
г) контурные точки береговой линии; д) элементы дорожной разметки

Для наиболее точного визирования на объекты наблюдатель часто прибегает к увеличению масштаба изображения. Поэтому измерение координат точек выбранных объектов модели, построенной по снимкам GeoEye-1, производилось при различных увеличениях изображений: в масштабе 1:1, с увеличением в два (2:1), три (3:1), четыре (4:1) раза по сравнению с исходными, наблюдаемыми на экране. Кроме того, был проведен ряд измерений при увеличении изображений, наиболее «комфортном» для наблюдения.

Порядок исследований был организован следующим образом. Измерения координат точек стереомодели X, Y, Z выполнены в десять приемов при каждом увеличении. При этом обязательным условием было обеспечение независимости наблюдений, которое достигалось последовательным измерением координат всех запроектированных точек при каждом увеличении. Таким образом, один прием состоял из измерений координат всех точек при одном и том же заданном увеличении изображений. Следующий прием производился через 12 часов после предыдущего. Это позволило повысить надежность результатов, так как в какой-то мере выявлялись ошибки отождествления точек [5].

Для каждого увеличения изображений по всем приемам были вычислены средние значения координат $(\bar{X}, \bar{Y}, \bar{Z})$ каждой точки модели и средние квадратические ошибки (СКО) визуального наведения пространственной марки на точки каждой группы контуров (табл. 1 и 2).

Таблица 1

Средние квадратические ошибки визирования на точки искусственных объектов

Увеличение изображений	СКО визирования								
	$m_x, \text{М}$	$m_y, \text{М}$	$m_z, \text{М}$	$m_x, \text{М}$	$m_y, \text{М}$	$m_z, \text{М}$	$m_x, \text{М}$	$m_y, \text{М}$	$m_z, \text{М}$
	Углы зданий			Углы и пересечения ограждений			Элементы дорожной разметки		
1:1	0,37	0,32	0,89	0,49	0,43	1,40	0,18	0,20	0,45
2:1	0,36	0,36	0,91	0,37	0,34	1,30	0,18	0,17	0,43
3:1	0,33	0,27	0,80	0,32	0,37	1,15	0,19	0,18	0,43
4:1	0,31	0,25	0,75	0,33	0,31	1,12	0,20	0,19	0,43
Комфортное увеличение	0,34	0,30	0,88	0,35	0,38	1,25	0,21	0,20	0,44

Таблица 2

Средние квадратические ошибки визирования на точки объектов естественного происхождения

СКО визирования						
Увеличение изображений	m_x , М	m_y , М	m_z , М	m_x , М	m_y , М	m_z , М
	Водные объекты			Деревья		
1:1	0,52	0,55	1,15	0,40	0,48	1,04
2:1	0,52	0,58	1,00	0,36	0,37	0,66
3:1	0,49	0,54	0,95	0,37	0,36	0,65
4:1	0,42	0,54	0,86	0,45	0,42	0,70
Комфортное увеличение	0,54	0,59	0,96	0,38	0,40	0,68

Из анализа влияния увеличения изображений на ошибки наведения пространственной марки на точки стереомодели видно, что при визировании на объекты дорожной сети достигается наиболее высокая точность, которая практически не изменяется при всех увеличениях. Наиболее высокая точность визирования на точки других объектов обеспечивается при увеличении изображений в три раза по сравнению с исходными.

В процессе исследований установлено, что для визирования на различные типы объектов оператор использует разное «комфортное» увеличение изображений. Для более комфортного наблюдения контурных точек береговой линии необходимо большее увеличение, чем при наблюдении объектов другого типа. Также разное увеличение изображений требуется при измерении координат точек одного и того же типа объектов. Это связано с тем, что размеры объектов одного типа отличаются между собой. Так, при наведении марки на мелкие объекты наблюдатель устанавливает большее увеличение изображений. В ходе выполнения экспериментальных работ выявлено, что при измерении координат точек стереомодели, построенной по космическим снимкам сверхвысокого разрешения GeoEye-1, наиболее «комфортным» для наблюдателя является двукратное и трехкратное увеличение изображений. В то же время установлено, что наблюдение контурных точек объектов при четырехкратном увеличении не является комфортным, так как границы контуров становятся менее четкими и уверенность в правильности распознавания точек снижается [6].

Следовательно, при выполнении измерений координат точек стереомодели, построенной по снимкам сверхвысокого разрешения, наиболее предпочтительным является то увеличение изображений, при котором обеспечивается наиболее удобное наблюдение стереомодели для оператора [7].

Из анализа результатов исследований можно сделать вывод, что для решения таких задач, как обработка стереопар космических снимков сверхвысокого

разрешения с целью создания карт, цифровых моделей рельефа и ортофотопланов в качестве опорных точек следует выбирать уверенно распознаваемые на снимках элементы дорожной разметки, основания деревьев, углы малоэтажных зданий [8, 9, 10]. При наблюдении этих объектов обеспечивается наиболее высокая точность визирования как в плане, так и по высоте. Контурные точки береговой линии, а также углы и пересечения ограждений не рекомендуется принимать в качестве опорных точек, так как точность визирования на них по высоте самая низкая по сравнению с точностью стереонаблюдений на другие объекты. Кроме того, положение этих объектов подвержено сезонным изменениям. Таким образом, при обработке стереопар космических снимков сверхвысокого разрешения в качестве опорных точек следует выбирать объекты, которые обеспечивают более высокую точность не только стереоскопического визирования на них, но и отождествления.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чермошенцев А. Ю. Обновление топографических планов масштаба 1 : 5 000 с использованием космических снимков сверхвысокого разрешения // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск: СГГА, 2012. Т. 1. – С. 28–32.
2. Использование космических снимков открытого доступа для обновления электронных карт масштаба 1 : 100 000 / М. А. Алтынцев, С. А. Арбузов, Т. А. Широкова, А. Ю. Чермошенцев // Вестник СГГА. – 2012. – Вып. 3 (19). – С. 37–42.
3. Хлебникова Т. А., Архипова О. Б. Комбинированный способ создания цифровых топографических планов по материалам аэрокосмических съемок // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 1. – С. 111–115.
4. Широкова Т. А., Чермошенцев А. Ю., Бармитова А. Т. Исследование точности визирования на точки космических снимков высокого и среднего разрешения // Вестник СГГА. – 2010. – Вып. 2 (13). – С. 31–36.
5. Соколова Н. А. Технология крупномасштабных аэротопографических съемок. – М.: Недра, 1973. – 184 с.
6. Каретина И. П., Каретин С. А., Сухарева А. А. Опыт использования данных GeoEye-1 для разработки генерального плана села Бородулиха // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск: СГГА, 2012. Т. 1. – С. 64–68.
7. Пинегина А. Е. Исследование точности визирования на точки космических снимков сверхвысокого разрешения GeoEye-1 // Современные проблемы технических наук: сборник тезисов докладов Новосибирской межвузовской научной студенческой конференции «Интеллектуальный потенциал Сибири». – 2011. – С. 106.
8. Антонов В. Н., Захватов М. Г., Пяткин Ф. В. Геопортал: информационное обеспечение прикладных дистанционных исследований // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли

и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 1. – С. 182–186.

9. Гордиенко А. С., Осипова О. Н. Исследование алгоритмов создания и редактирования цифровых моделей рельефа, реализованных в программе PHOTOMOD // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 1. – С. 38–42.

10. Арбузов С. А. Автоматизированное определение координат деревьев по материалам аэро- и космических съемок // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 1. – С. 43–47.

Получено 23.08.2013

© Т. А. Широкова, А. Ю. Чермошенцев, 2013

ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО, КАДАСТР И МОНИТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ

УДК 528.44

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МОДЕЛИ ВЕДЕНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОГО КАДАСТРА НЕДВИЖИМОСТИ В РОССИИ

Александр Петрович Карпик

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, доктор технических наук, профессор, ректор, тел. (383)343-39-37, e-mail: rektorat@ssga.ru

Дмитрий Николаевич Ветошкин

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, MS'c in Built Environment, и.о. директора Института кадастра и природопользования, тел. (383)343-29-16, e-mail: Dmitry.vetoshkin@gmail.com

Ольга Павловна Архипенко

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, аспирант кафедры кадастра, тел. (953)806-41-43, e-mail: AspirantkaOlga@gmail.com

В статье сформулированы основные проблемы современной модели кадастра недвижимости в России, а также предложен вариант их решения, заключающийся в распределении функций по ведению кадастра между федеральными органами кадастрового учета и органами власти субъектов РФ.

Ключевые слова: кадастр, принципы формирования кадастра, геоинформационные системы.

IMPROVEMENT OF STATE PROPERTY CADASTRE MAINTENANCE MODEL IN RUSSIA

Alexander P. Karpik

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., prof., rector, tel. (383)343-39-37, e-mail: rektorat@ssga.ru

Dmitry N. Vetoshkin

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., prof., MSc in Built Environment, acting director, Institute of Cadastre and Nature Management, tel. (383)343-29-16, e-mail: Dmitry.vetoshkin@gmail.com

Olga P. Arkhipenko

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Post-graduate student, Department of Cadastre, tel. (953)806-41-43, e-mail: AspirantkaOlga@gmail.com

Main problems of current property cadastre model in Russia are considered. The way to solve them is offered. The functions of cadastre maintenance are to be distributed between federal bodies for cadastral registration and those of the subjects of R.F.

Key words: cadastre, principles of cadastre development, GIS.

Кто владеет правами на землю? В каких границах распространяются эти права? Каковы правомочия такого правообладателя по владению, использованию и распоряжению землей? Вот основные правовые вопросы, на которые должна давать достоверные, полные и актуальные ответы действующая система управления земельными ресурсами [1]. Функции источника такой информации в большинстве развитых стран мира выполняет кадастр – публичный реестр, включающий в себя сведения о величине, стоимости и правах на недвижимое имущество [2].

Возникнув еще в эпоху Римской Империи, кадастр первоначально велся преимущественно в целях взимания налогов с землепользователей. Однако с ликвидацией феодальной системы землевладения и развитием частной собственности на землю в XIX в. кадастр стал выполнять еще роль инструмента, обеспечивающего защиту прав на землю и безопасность сделок с недвижимым имуществом (кадастр Наполеона). В дальнейшем, с развитием системы государственного управления и рынка недвижимости, расширилась область задач кадастра. Современный кадастр, опираясь на геоинформационные технологии, функционирует не только с целью поддержки системы налогообложения, но также является средством государственных гарантий и защиты прав на землю, обеспечивает механизмы кредитования под залог недвижимости, развитие и мониторинг рынка недвижимости, защиту государственных земель, уменьшает количество земельных споров, ускоряет земельную реформу в сельском хозяйстве, обеспечивает развитие градостроительства и развития инфраструктуры, выполняет роль поддержки системы охраны окружающей среды, обеспечивает подготовку статистических данных о состоянии и использовании земель, в том числе для целей стратегического планирования [3, 4, 5].

В России современная модель кадастра установлена Федеральным законом от 22.07.2007 г. № 221-ФЗ «О государственном кадастре недвижимости» (далее – Закон о кадастре). Согласно данному закону государственный кадастр недвижимости (ГКН) является федеральным государственным информационным ресурсом [6]. Однако современную российскую систему управления земельными ресурсами нельзя назвать эффективной, так как являются очевидными проблемы с качеством кадастровой информации, предоставляемой ГКН, особенно в части ее полноты, достоверности и отсутствия каких-либо гарантий со стороны государства. Кроме того, существуют трудности с получением кадастровой

информации в форме и содержании, которые бы соответствовали запросам со стороны профессиональных сообществ [7].

Можно отметить следующие проблемы современной российской модели кадастра:

- допускается наличие земельных участков, которые признаются учтенными, но сведения о которых отсутствуют в кадастре;
- российская модель кадастра основана исключительно на заявительном характере учета сведений о земельных участках;
- существенная часть важных сведений о характеристиках земельных участков и их правовом режиме недоступна в кадастре (правила землепользования и застройки, сведения о лесах и т. д.);
- обмен сведениями между государственными информационными ресурсами осуществляется с помощью «посредников»;
- отсутствие нормативно-правовых актов, обеспечивающих ответственность перед потребителями за предоставление недостоверной кадастровой информации;
- установленная форма предоставления сведений ГКН предусматривает ограниченный состав сведений;
- на кадастровый учет могут ставиться земельные участки на основании документов, не содержащих сведения о местоположении их границ.

Основная причина для возникновения такой ситуации видится в том, что кадастр в России создается, прежде всего, как ведомственная информационная система, т. е. система, направленная на удовлетворение интересов ведомства, осуществляющего его обслуживание. Так, все функции, связанные с созданием и ведением кадастра, сконцентрированы в Федеральной службе государственной регистрации, кадастра и картографии и в его подведомственном учреждении – ФГБУ «Федеральная кадастровая палата Росреестра». При этом данная структура, с одной стороны являясь монополистом, а с другой стороны не будучи административно связанной с основными потребителями кадастровой информации, объективно никак не мотивирована на улучшение ее качества или на совершенствование технологий и способов доступа. Напротив, основные потребители кадастровой информации, т. е. стороны, для которых качество и доступность кадастровых сведений непосредственно влияют на условия и результаты их деятельности, оказываются оторванными от каких-либо функций по ведению кадастра и не могут оказывать влияние на его развитие и совершенствование. Частным примером для такого вывода может являться отсутствие на сегодняшний момент разработанного и утвержденного порядка уточнения местоположения границ ранее учтенных земельных участков органом кадастрового учета, несмотря на то, что необходимость наличия такого документа определена Законом о кадастре (ст. 45 Закона о кадастре) [6, 8].

Эффективным способом устранения этого противоречия, на наш взгляд, может являться распределение функций по ведению кадастра между федеральными органами кадастрового учета и органами власти субъектов РФ. При этом

функции по кадастровому учету недвижимого имущества (внесению новых и изменению существующих кадастровых сведений) на начальном этапе должны быть сохранены за федеральным ведомством, что обеспечит реализацию принципа единства технологии кадастрового учета на всей территории Российской Федерации. А в перспективе с дальнейшим развитием института кадастровых инженеров станет возможной передача функций по внесению в кадастр сведений участникам профессионального рынка кадастровой деятельности, с сохранением контрольных функций за органом кадастрового учета [9]. Функции по ведению кадастровых баз данных (реестров недвижимого имущества) должны быть переданы на региональный уровень в ведение исполнительных органов власти субъектов Федерации, в том числе в специально созданные для этого государственные учреждения. Одновременно с этим на региональный уровень должны быть переданы полномочия по ведению баз данных лесного реестра, водного реестра, систем обеспечения градостроительной деятельности и иных реестров, содержащих пространственно-привязанную информацию. В результате будет получен кадастр как составная часть региональной географической информационной системы (РГИС), которая, в свою очередь, опирается на единую региональную инфраструктуру пространственных данных [10, 11]. Укрупненная модель такой системы представлена на рисунке.

Как показано на рисунке, согласно предлагаемой концепции ведение базы данных РГИС может быть поручено отдельному учреждению – оператору региональной информационной системы. К функциям оператора, прежде всего, должны быть отнесены:

- обеспечение бесперебойного функционирования базы данных региональной информационной системы;
- обеспечение доступа к базе данных со стороны органов, осуществляющих ведение разделов, в том числе по защищенным каналам связи Intranet, а для иных потребителей информации – по открытым каналам связи Internet;
- обновление программного обеспечения;
- взаимодействие с разработчиками по его совершенствованию;
- организация режима доступа пользователей к информации и т. д.

Функции по ведению баз данных, т. е. введение новой, изменение существующей информации целесообразно сохранить за уполномоченными органами государственной власти и местного самоуправления. Но, реализуя полномочия по изменению информации в собственных разделах, они при этом могут использовать информацию из других разделов информационной системы.

Очевидно, что предлагаемая концепция может иметь свои плюсы и минусы. К минусам можно отнести прежде всего то, что ее создание потребует определенных и, видимо, значительных затрат, связанных с развертыванием системы, выработкой единых стандартов организации информации и проведением экспорта-импорта информации из ведомственных информационных систем в единую региональную. Другим минусом системы является то, что при объединении различных ведомственных информационных ресурсов неизбежно ста-

нут наглядными противоречия в этих системах, например, такие, как противоречия между информацией кадастра и информацией лесного реестра о местоположении земельных участков. На начальном этапе это может привести к неоднозначному пониманию информации в различных разделах информационной системы при ее сопоставлении.

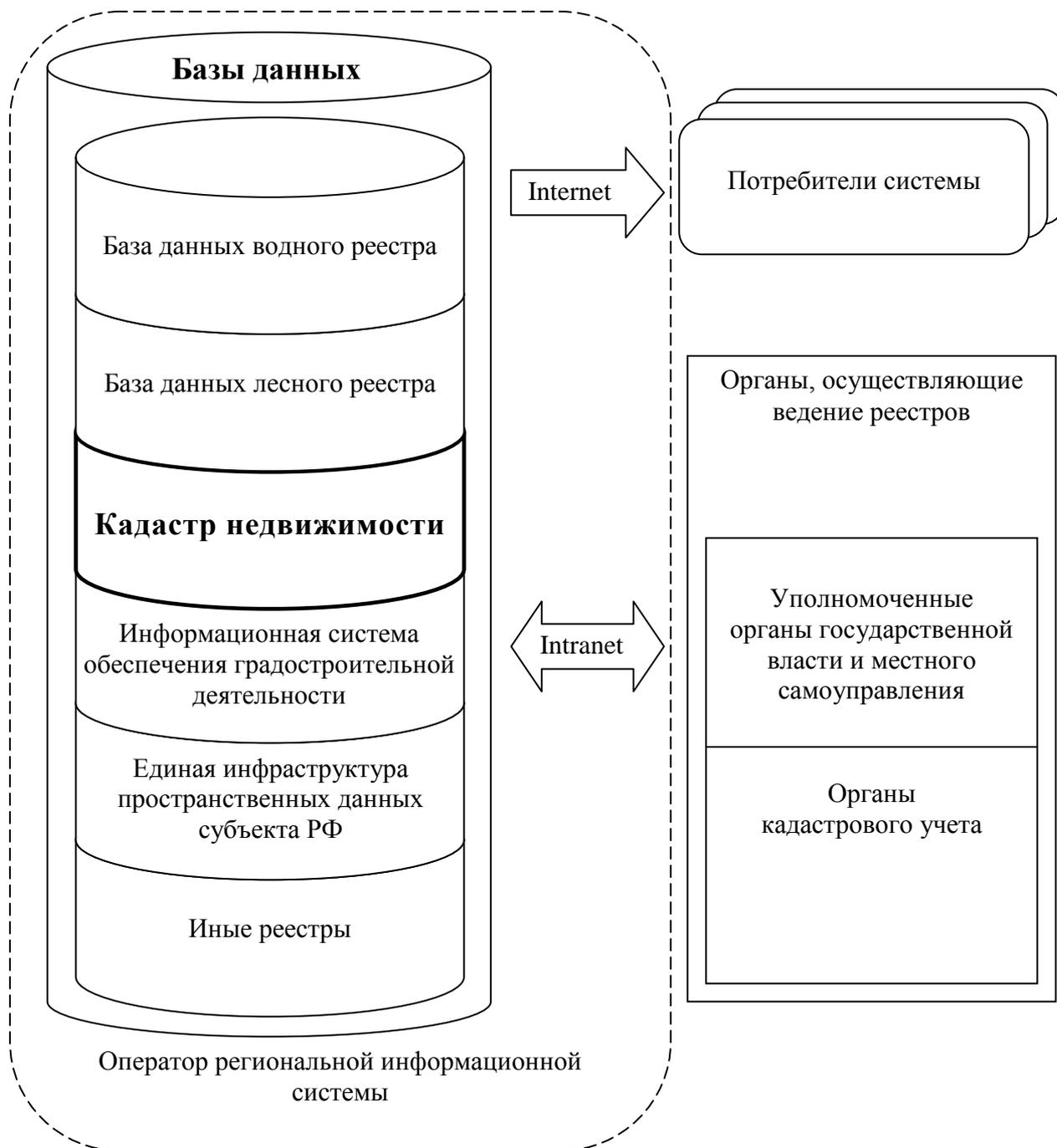


Рис. Укрупненная модель кадастра как части региональной геоинформационной системы

Но, как представляется очевидным, уже в среднесрочной перспективе затраты и усилия на создание региональной системы будут компенсированы преимуществами от ее создания, в том числе:

- значительно повысится объем доступной информации (РГИС выступит в роли единого источника сведений);

- повысится качество кадастровой информации и информации иных государственных информационных систем за счет того, что сведения этих систем станут доступны для органов, осуществляющих их ведение;

- раз и навсегда исключатся все административные барьеры на пути использования кадастровой информации и информации иных информационных систем;

- потеряется необходимость в информационном обмене между органами власти, и тем более, – в посредниках, обеспечивающих такой информационных обмен;

- снизятся суммарные затраты на программно-техническое обеспечение и администрирование ведомственных информационных систем, при этом повысится качество, в том числе за счет привлечения высококвалифицированных кадров;

- за счет использования облачных вычислений, технологий тонкого клиента, веб-приложений, геопортальных технологий может быть исключена необходимость в приобретении специального программного обеспечения и высокопроизводительной вычислительной техники в органах и организациях, осуществляющих ведение информационных систем.

Но важно отметить, что все же главным плюсом от передачи функций по ведению кадастровых баз данных на региональный уровень является то, что кадастровая информация перейдет в ведение органов, которые ее используют и, соответственно, заинтересованы в качестве и комфортных условиях доступа к информации. Эта мотивация позволит региональным и муниципальным органам власти осуществлять инвестиции в развитие и совершенствование кадастра и получать от этого соответствующие результаты, например, проводить такие мероприятия, как инвентаризация земель и иной недвижимости с последующим закреплением (признанием, легализацией) прав на нее, изготовление единой цифровой картографической и геодезической основы и т. д. Не менее важно и то, что результаты подобных мероприятий в рамках предложенной модели будут доступны не только одному ведомству, но всем пользователям РГИС.

Таким образом, для формирования современной модели кадастра в России необходимо повысить качество кадастровой информации, а также ее доступность для профессиональных пользователей. Для повышения эффективности использования современной модели ГКН следует провести перераспределение функций по ведению кадастра между федеральными и региональными органами власти, тогда кадастр станет составной частью региональной геоинформационной системы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Mattsson Hans. Property rights and registration in a perspective of change // Управление территориями. Международная научно-техническая конференция, посвященная 225-летию МИИГАиК. – МИИГАиК, 2004. – С. 44.
2. Портнов А. М., Плюсица Е. С., Карпик К. А. Массовая оценка объектов недвижимости: особенности применения аппроксимирующих функций // Вестник СГГА. – 2012. – Вып. 2 (15). – С. 83–87.
3. LAND ADMINISTRATION GUIDELINES With Special References to Countries in Transition, United Nations (1996) – Англ. – Режим доступа: <http://www.ica.coop/house/part-2-chapt4-ese-landadmin.pdf>.
4. Ветошкин Д. Н. Повышение качества и доступности государственных услуг в сфере ведения кадастра недвижимости путем организации государственно-частного партнерства // Вестник СГГА. – 2011. – Вып. 1 (13). – С. 73–81.
5. Иванов А. И. Новый взгляд на организацию информационных ресурсов для обеспечения управления муниципальными образованиями // Вестник СГГА. – 2012. – Вып. 2 (18). – С. 57–67.
6. Федеральный закон Российской Федерации от 24 июля 2007 г. № 221-ФЗ «О государственном кадастре недвижимости» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=133520>.
7. Гиниятов И. А. О классификации документов государственного кадастра недвижимости // Вестник СГГА. – 2012. – Вып. 1 (17). – С. 85–87.
8. Карпик А. П., Хорошилов В. С. Сущность геоинформационного пространства территорий как единой основы развития государственного кадастра недвижимости // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2012. – № 2/1. – С. 134–136.
9. Юрг Кауфманн, Даниель Стеудлер. «Кадастр 2014. Видение будущего кадастровых систем», Международная ассоциация землемеров 1998 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fig.net/cadastre2014/translation/c2014-russian.pdf>
10. Луговская Л. Н. Совершенствование технологии государственной регистрации прав с использованием возможностей многофункционального центра // Вестник СГГА. – 2012. – Вып. 3 (19). – С. 62–68.
11. Лисицкий Д. В., Кацко С. Ю. Изменение роли картографических изображений в процессе формирования единого электронного геопространства // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2012. – № 2/1. – С. 58–62.

Получено 26.07.2013

© А. П. Карпик, Д. Н. Ветошкин, О. П. Архипенко, 2013

УДК 71

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ НОРМАТИВОВ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Михаил Абрамович Креймер

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат экономических наук, доцент кафедры экологии и природопользования, тел. (383)361-08-86, e-mail: kaf.ecolog@ssga.ru

Обоснованы принципы построения региональных нормативов градостроительного проектирования для использования экстерналий субъекта в интересах человека и экономики.

Ключевые слова: санитарно-эпидемиологические требования, функциональные и территориальные зоны, экстерналии, судьба земли, водный фактор.

REGIONAL STANDARDS OF URBAN DESIGNING: PRINCIPLES OF DEVELOPMENT

Mikhail A. Kreimer

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., Assoc. prof., Department of Ecology and Environmental Management, tel. (383)361-08-86, e-mail: kaf.ecolog@ssga.ru

The principles of developing regional standards for urban designing are substantiated. They are aimed at subject externalia application for the benefit of people and economy.

Key words: sanitary-and-epidemiologic requirements, functional and territorial zones, externalia, Earth's fate, water factor.

В Градостроительном кодексе РФ (федеральный закон № 190 от 29.12.2004 г.) выделяют объекты федерального, регионального и местного значения (ст. 1). Такое представление должно обеспечить социально-экономическое развитие соответствующего уровня административного территориального деления. Объединяющими факторами являются экстерналии по обеспечению благоприятной среды обитания человека и предоставляющие природные ресурсы (воздух, вода и земля) для выделения и нейтрализации технологических отходов производства.

В ст. 24 ФЗ-190 приведено, что «региональные и местные нормативы градостроительного проектирования содержат минимальные расчетные показатели обеспечения благоприятных условий жизнедеятельности человека», включающие объекты социального и коммунально-бытового назначения, инженерной, транспортной инфраструктур, благоустройства территории. Следует понимать, что физиологические нормы для благоприятной жизнедеятельности человека устанавливаются санитарными правилами и нормами (СанПиН), гигиеническими нормативами (ГН), санитарными правилами (СП). Между ними и экстерналиями разрабатываются расчетные показатели инженерно-градостроительного обеспе-

чения социально-экономического развития территории, на которой выделяются объекты трех уровней (интересов), зависящих от природно-территориального комплекса.

Под «минимальными расчетными показателями» следует понимать ту часть экстерналий, которой может воспользоваться соответствующий объект федерального, регионального или местного значения. Таким образом, естественные и бесплатные блага природно-территориального комплекса, используемые для социально-экономического развития, должны делиться между тремя уровнями административно-территориального управления. Инженерно-строительные объекты должны размещаться на минимальной территории, потреблять минимальное количество водных ресурсов и других экстерналий, а человек должен потреблять в соответствии с физиологическими и психическими потребностями. Человека нельзя ограничивать в жизненном пространстве и в восприятии окружающего мира. Житель пещеры не способен к созданию производительной экономики и участию в ней – остановится социально-экономическое развитие общества [1].

Региональные нормативы градостроительного проектирования не должны представлять обзор действующих нормативно-методических документов или учебное пособие о применении федеральных документов на местном уровне, не должны быть изложены в виде комментариев к федеральным кодексам или базовым строительным и санитарным законам.

Под принципами построения региональных нормативов градостроительного проектирования (РНГП) следует понимать не составление свода путем выкопировки из существующих нормативно-методических документов, а разработки: а) способов (технологий, методик) выделения региональных экстерналий для осуществления хозяйственной и социально-экономической деятельности; б) расчета эксплуатационных возможностей между тремя группами объектов (федерального, регионального и местного значения) и установления для них минимальных норм потребления, обеспечивающих максимальные гигиенические блага проживания и трудовой деятельности человека; в) правил применения санитарных нормативов, подкрепленных соответствующей долей природных ресурсов (экстерналий), в проектировании на основании строительных норм и правил (СНиП).

Адаптивное поведение достигается (завоеывается) градостроительной деятельностью от строительства хижины до урбанизации территорий [2]. Поэтому первым принципом Градостроительного кодекса является «обеспечение устойчивого развития территорий на основе территориального планирования и градостроительного зонирования» (статья 2). Принятая в документе цель раскрывается в «совокупности социальных, экономических, экологических и иных факторов» (статья 9, п. 1), «путем комплексного решения вопросов территориального планирования» (статья 27, п. 1).

Правила землепользования и застройки разрабатываются в целях создания условий для устойчивого развития территорий муниципальных образова-

ний, сохранения окружающей среды и объектов культурного наследия (статья 30, п. 1) и при подготовке документов по планировке территорий (статья 41, п. 1).

В Градостроительном кодексе не приводится, какими планировочными, строительными и инженерными средствами раскрываются в совокупности социальные, экономические, экологические и иные факторы и как достигается комплексное решение вопросов территориального планирования. В градостроительной деятельности не применяются гигиенические принципы профилактики, а санитарные применяются только в качестве санитарно-защитных зон и зон санитарной охраны. Экология рассматривается в части экологической экспертизы (статья 49, ГрК 190-ФЗ). Постановлением Правительства Российской Федерации от 23.03.2013 г. № 1530п-П12 предложено внести изменения в Федеральный закон «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения», усиливающие роль федеральных санитарных правил и федеральный государственный санитарно-эпидемиологический надзор.

В законе о санитарно-эпидемиологическом благополучии (федеральный закон № 52 от 30.03.1999 г.) регулируются допустимые максимальные или минимальные количественные и качественные значения показателей, характеризующие те или иные источники с позиций безопасности и безвредности для человека. Около 20 санитарно-эпидемиологических нормативов регулируют среду обитания человека [3], которые должны применяться на определенных функциональных и территориальных зонах, при градостроительном зонировании (глава 4, ФЗ-190).

В статье 2 ФЗ-52 указано, что обеспечение «санитарно-эпидемиологического благополучия населения является расходным обязательством Российской Федерации». Эти расходы несут «органы государственной власти и органы местного самоуправления, организации всех форм собственности, индивидуальные предприниматели, граждане» для обеспечения требований ФЗ-52. Расходы могут быть минимальными и эффективными, если РНГП будут строиться на основании государственного санитарно-эпидемиологического нормирования, социально-гигиенического мониторинга и профилактики заболеваний, в совокупности являющихся предупредительным санитарно-эпидемиологическим надзором.

В табл. 1 приведены экстерналии, обеспечивающие устойчивое развитие субъекта Федерации, необходимые региональные нормативы по их измерению и распределению между всеми хозяйствующими сторонами в интересах граждан. Появление нормативно-методических документов всегда носит событийный характер, что приводит к их автономности за счет решения конкретных задач и устареванию по мере совершенствования способов измерения экстерналий или совершенствования технологий природопользования.

Экстерналии градостроительной деятельности

Экстерналии	Формирующие содержание региональных нормативов градостроительной деятельности
1. Атмосферный воздух	Функциональное зонирование территории поселения в пределах черты
2. Вода питьевая	Зонирование пригородных территорий, с выделением водного фактора
3. Почва населенных мест	Размеры функциональных зон для снегонакопления и отведения дождевых (ливневых) вод. Благоустройство функциональных зон по условию накопления токсических соединений и микробиологических загрязнений
4. Отходы производства и жизнедеятельности	Зонирование пригородных территорий, с исключением водного фактора
5. Микроклимат жилых зон	Расходы, необходимые для сохранения адаптивного поведения человека, приобретенного в «неолитической революции»
6. Шум и вибрация	Рельеф местности и плотность застройки функциональных зон
7. Электромагнитные излучения	Площадь и рельеф местности в черте поселения и пригородной зоне
8. Источники ионизирующих излучений (ИИИ)	Функциональное зонирование территории для минимизации дозовой нагрузки ИИИ
9. Антропонозы	Плотность и этажность застройки жилых зон
10. Зоонозы	Размеры зон рекреации и пригородных зон, обеспечивающие воспроизводство «здоровой» фауны
11. Сапронозы, бытовая аллергия	Учет санитарно-эпидемиологических критериев при проектировании жилых и общественных зданий с естественной вентиляцией воздуха
12. Полиноз	Размеры зон рекреации и пригородных зон, обеспечивающие воспроизводство «здоровой» флоры
13. Инженерная подготовка и защита территории	Учет экологических факторов при изменении естественных биогеохимических закономерностей
14. Природно-территориальные комплексы охранного назначения	Неизменяемые компоненты окружающей среды при разработке схем территориального планирования
15. Баланс функциональных зон и определение судьбы земли субъекта Федерации	Социально-экономическая оценка эффективности капитальных вложений и целесообразности обременения общества на длительные эксплуатационные расходы домохозяйств и бюджетов всех уровней

Деление территории на элементы градостроительной деятельности носит заинтересованный характер и отражает знания о биогеохимических закономерностях, игнорирует отдельные компоненты для получения экономической выгоды и создает проблемы для будущих поколений. В интересах жителей населенных пунктов и социально-экономических интересах субъекта Федерации необходимо проводить гармонизацию между санитарно-эпидемиологической и ин-

женерно-строительной нормативно-методической документацией. В табл. 2 приведена предметная область, установленная в санитарно-эпидемиологических требованиях, территориальных зонах и категориях землепользования.

Таблица 2

Интеграция предметной области градостроительной деятельности

Санитарно-эпидемиологические требования	Виды территориальных зон	Категории землепользования
1. К планировке и застройке городских и сельских поселений. 2. К жилым помещениям. 3. К атмосферному воздуху в городских и сельских поселениях, на территориях промышленных организаций, воздуху в рабочих зонах производственных помещений, жилых и других помещениях. 4. К водным объектам. 5. К питьевой воде, а также к питьевому и хозяйственно-бытовому водоснабжению. 6. К почвам, содержанию территорий городских и сельских поселений, промышленных площадок. 7. К сбору, использованию, обезвреживанию, транспортировке, хранению и захоронению отходов производства и потребления. 8. К эксплуатации производственных, общественных помещений, зданий, сооружений, оборудования и транспорта. 9. К условиям воспитания и обучения. 10. К потенциально опасным для человека химическим, биологическим веществам и отдельным видам продукции. 11. К продукции производственно-технического назначения, товарам для личных и бытовых нужд и технологиям их производства. 12. К пищевым продуктам, пищевым добавкам, продовольственному сырью, а также контактирующим с ними материалам и изделиям и технологиям их производства. 13. К продукции, ввозимой на территорию РФ. 14. К организации питания населения. 15. К условиям труда. 16. К условиям работы с биологическими веществами, биологическими и микробиологическими организмами и их токсинами. 17. К условиям работы с источниками физических факторов воздействия на человека	1. Жилые. 2. Общественно-деловые. 3. Производственные. 4. Инженерной и транспортной инфраструктур. 5. Сельскохозяйственного использования, в том числе предназначенные для ведения садоводства, огородничества, дачного хозяйства, личного подсобного и крестьянского (фермерского) хозяйства. 6. Рекреационные. 7. Особо охраняемых территорий. 8. Специального назначения. 9. Размещения военных, режимных объектов, пограничных зон. 10. Иные виды зон или территории, не вовлеченные в градостроительное освоение	1. Земли водного фонда. 2. Земли лесного фонда. 3. Особо охраняемые природные территории. 3. Земли населенных пунктов. 4. Земли сельскохозяйственного назначения. 5. Земли промышленности. 6. Земли запаса

В экологических, гигиенических и строительных нормативах федерального уровня могут быть приведены требования по отдельным элементам проектирования. На уровне субъекта Федерации возможна интеграция предметной облас-

ти градостроительной деятельности с учетом социальных, экономических запросов и гигиенических и экологических возможностей участков. Предложенные 15 экстерналий, нуждающиеся в интеграции, должны получить прописку в соответствующих категориях землепользования, территориальных зонах и обеспечивать выполнение санитарно-эпидемиологических требований [4, 5].

1. Атмосферный воздух. Градостроительное зонирование территории поселения в пределах черты проводится в целях обеспечения санитарно-гигиенического качества атмосферного воздуха [6, 7].

Территориальные зоны концентрируют однородные негативные источники загрязнения атмосферного воздуха и обеспечивают санитарно-эпидемиологические требования в смежных зонах городских и сельских поселений по нормативам для территорий промышленных организаций, воздуха в рабочих зонах производственных помещений, жилых и других помещениях [1]. Таким образом, Методические рекомендации по разработке схем зонирования территории городов (МДС 30-1.99) обеспечивают выполнение гигиенических требований к качеству атмосферного воздуха населенных мест (СанПиН 2.1.6.1032-01) и гигиенические нормативы ГН 2.1.6.1338-03 и ГН 2.1.6.2309-07.

Размеры производственных зон должны быть такими, что бы в них могли быть организованы санитарно-защитные зоны для источников, имеющих выбросы в атмосферный воздух (СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03). Санитарно-защитные зоны в градостроительном кодексе относятся к зонам с особыми условиями использования территорий (статья 1, ФЗ-190), однако порядок их установления и состав градостроительного регламента (статья 361, ФЗ-190) не определен. Это можно сделать в РНПП, так как «градостроительные регламенты устанавливаются с учетом фактического использования земельных участков и объектов капитального строительства в границах территориальной зоны».

Только в этих случаях будет возможна планировка жилых зон; застройка общественно-деловых, производственных и коммунально-складских зон; создание зон инженерной инфраструктуры, включая тепловые электростанции (СНиП II-35-76*) и теплоэлектроцентрали (СНиП II-58-75).

Таким образом, РНПП для экстерналии «атмосферный воздух» конкретизируют максимальный набор объектов, загрязняющих атмосферный воздух, по территориальным зонам и их размеры, т. е. выполняют требования статьи 20 ФЗ-52.

2. Вода питьевая. Зонирование пригородных территорий, с выделением водного фактора проводится в целях сохранения круговорота воды в природе и охраны поверхностных вод, как источника централизованного питьевого и хозяйственно-бытового водопотребления. Градостроительное зонирование водного фактора продолжает нормативные регламенты, предусмотренные в Водном кодексе РФ (Федеральный закон № 74 от 03.06.2006 г.). Применение бассейновых округов, гидрографических районов и водохозяйственных участков важно для обеспечения санитарно-эпидемиологических требований к охране поверхностных вод (СанПиН 2.1.5.980-00), к охране подземных вод от загрязнения (СП 2.1.5.1059-01).

Гигиенические требования к качеству воды (СанПиН 2.1.4.1074-01, СанПиН 2.1.4.1175-02, ГН 2.1.5.1315-03, ГН 2.1.5.2307-07) относятся только к водохозяйственным участкам, являющимися 1-й и 2-й категориями водопользования (п. 5.1, СанПиН 2.1.5.980-00). Однако выполнение этих требований возможно, если в РНГП будут разработаны правила для всего гидрографического района, особенно если он распространяется на соседние субъекты Федерации.

На других водохозяйственных участках в РНГП устанавливаются правила организации внутреннего водопровода и канализации зданий (СНиП 2.04.01-85*), водоснабжения по наружным сетям и сооружениям (СНиП 2.04.02-84*), выпуска сточных вод и обеспечения канализацией по наружным сетям и сооружениям (СНиП 2.04.03-85), строительства гидротехнических сооружений (СНиП 33-01-2003) и водохранилищ (СанПиН 3907-85) на водотоках и замкнутых водоемах и искусственных гидротехнических сооружениях субъекта Федерации.

Наиболее ценные земли для градостроительного освоения расположены по берегам рек и озер. Для их сохранения проектируются водоохраные зоны (статья 65, ФЗ-74) и зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов питьевого назначения (СанПиН 2.1.4.1110-02). Уменьшение ширины водоохраной зоны в черте населенного пункта и прибрежная застройка, включая производственные зоны, не способствует сохранению водной акватории для 2-й категории водопользования. Водоохраные зоны и зоны санитарной охраны в Градостроительном кодексе относятся к зонам с особыми условиями использования территорий (статья 1, ФЗ-190). Предусмотреть исполнение различных нормативов на одном участке можно только в РНГП, так как «градостроительные регламенты устанавливаются с учетом фактического использования земельных участков и объектов капитального строительства в границах территориальной зоны».

Таким образом, РНГП для экстерналии «вода питьевая» конкретизируют максимальный набор объектов, способных ухудшить состав и свойство воды водных объектов, т. е. выполняют требования статьей 18 и 19 ФЗ-52.

3. Почва населенных пунктов. Производственная деятельность и быт горожан, а также атмосферные выпадения ингредиентов приводят к загрязнению почвенного слоя населенных пунктов. Территориальные зоны частично учитывают санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы (СанПиН 2.1.7.1287-03) и поэтому должны быть дополнены классификацией для оценки санитарного состояния по 24 химическим и микробиологическим показателям (ГН 2.1.7.2041-06 и ГН 2.1.7.2511-09). Объектами наблюдения являются следующие функциональные зоны: жилая зона, детские дошкольные и школьные учреждения, игровые площадки, территории дворов, зоны санитарной охраны водоемов, рекреационные зоны (скверы, парки, бульвары, пляжи, лесопарки), транспортные магистрали, промышленная зона, почвы сельскохозяйственные (опытные поля, сады и огороды, приусадебные участки, тепличные хозяйства).

Обязательным элементом проектирования жилых зон является выполнение санитарных правил содержания населенных мест (СанПиН 42-128-4690-88).

Они предусматривают: сбор твердых, жидких бытовых и пищевых отходов; обезвреживание отходов; уборку населенных мест; уборку объектов с обособленных территорий. Для их выполнения необходимо в жилых зонах предусматривать размещение контейнерных площадок, в специальных зонах – обезвреживание и захоронение твердых, жидких бытовых и пищевых отходов. Градостроительное обеспечение выполнения санитарно-эпидемиологических требований СанПиН 42-128-4690-88 на стадии РНГП заключается в учете фактического состава жилых зон (застройка индивидуальными, малоэтажными, среднеэтажными, многоэтажными жилыми домами и иными видами), плотности застройки и численности населения. Городские земли с твердым покрытием, газонами и скверами определяют объем уличного смета.

В Градостроительном кодексе РФ отсутствуют положения по проектированию экологических мероприятий удаления снега и отведения дождевых (ливневых) вод. В СНиПе Градостроительство (Планировка и застройка городских и сельских поселений. СНиП 2.07.01-89*) эта проблема решалась на стадии расчета плотности населения на территории микрорайона (человек/га) с учетом климатических подрайонов (СНиП 23-01-99*). Поэтому необходимо в РНГП вносить корректировки в территориальное зонирование с учетом принятой плотности застройки и учитывать увеличение снегозадержания в черте города и снижение поглощения влаги почвой по причине уменьшения площадей скверов, парков и площадок без асфальта.

Таким образом, РНГП для экстерналии «почва населенных пунктов» конкретизируют размеры территориальных зон, в том числе с естественным и твердым покрытием, регламентируют набор инженерных объектов по снегоудалению и отведению ливневых (дождевых) вод, т. е. выполняют требования статьи 21 ФЗ-52.

4. Отходы производства и жизнедеятельности. Зонирование пригородных территорий, с исключением водного фактора проводится в целях размещения объектов, для которых контакт с природными водами недопустим. К этим объектам относятся полигоны для твердых бытовых отходов и токсичных отходов производства (СанПиН 2.1.7.1322-03, СП 2.1.7.1038-01, СНиП 2.01.28-85), для радиоактивных отходов (СП 2.6.6.1168-02), скотомогильники, кладбища и крематории (СанПиН 2.1.2882-11), снегоприемные пункты. На таких функциональных зонах размещаются канализационные очистные сооружения, хранилища навоза и помета, склады ядохимикатов и удобрений (СанПиН 1.2.2584-10).

Таким образом, РНГП для экстерналии «отходы производства и жизнедеятельности» конкретизируют расположение территориальных зон специального назначения в аридных зонах или маловодных участках, определяют содержание инженерно-градостроительных решений, т. е. выполняют положения статьи 22 ФЗ-52.

5. Микроклимат жилых зон. Комфортные условия проживания человека и дополнительные расходы в строительстве для их поддержания определяются климатом – углом наклона орбиты Земли к Солнцу. Это обуславливает диапа-

зон регистрируемых изменений температуры от минус 50 до плюс 50 градусов по Цельсию, определенный режим ветра и влажности воздуха.

Основные параметры континентального климата приведены в СНиП 23-01-99 «Строительная климатология» для 4 климатических районов и 16 климатических подрайонов. В РНГП должна быть приведена детализация микроклимата субъекта Федерации с учетом естественных (природных) и искусственных (техногенных) факторов, изменяющих (модифицирующих, искажающих) федеральные нормативы.

В жилых зонах и на территории при выполнении гигиенических требований к инсоляции и солнцезащите (СанПиН 2.2.1/2.1.1.1076-01) и к естественному, искусственному и совмещенному освещению (СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03) необходимо учитывать перепады рельефа местности населенных пунктов, создающие тени для освещения квартир, особенно первых двух этажей (СанПиН 2.1.2.2645-10). Угол наклона орбиты Земли к плоскости эклиптики формирует градостроительные ограничения по дефициту или избытку солнечной инсоляции. Необходимо учитывать аэродинамические тени, создаваемые рельефом местности, приводящие к изменению скорости ветра, проветриваемости низин, избыточному снегонакоплению.

Инженерно-строительные нарушения микроклимата жилых зон приводят к необходимости создания систем искусственной вентиляции и кондиционирования воздуха и одновременно к дополнительным нагрузкам по шуму и вибрации в жилых и общественных зданиях.

Таким образом, РНГП для экстерналии «микроклимат жилых зон» на выделенных территориальных зонах населенных пунктов и функциональных зонах субъекта Федерации определяют дополнительные инженерно-строительные мероприятия и дополнительные капитальные вложения, т. е. выполняют требования статей 12 и 23 ФЗ-52.

6. Шум и вибрация. Рельеф местности и плотность застройки территориальных зон приводят к кумулятивному эффекту усиления шума и вибрации, для которых установлены предельно допустимые уровни нагрузки на здоровье человека (СанПиН 2.1.2.2645-10). Поэтому на стадии РНГП определяется количество оборудования и движущих транспортных средств в принятых размерах территориальных зон населенных пунктов или необходимость создания инженерно-градостроительной защиты от шума (СП 51.13330.2011; СНиП 23-03-2003).

РНГП для экстерналий «шум и вибрация» конкретизируют набор источников шума и вибрации для каждой территориальной и функциональной зоны, таким образом, чтобы они не превышали установленные нормативы в жилых зонах, т. е. выполняли требования статей 12, 23, 24 и 27 ФЗ-52.

7. Электромагнитные излучения. Возрастающая нагрузка электромагнитных излучений средств сотовой связи и интернет, как в междомовом пространстве, так и помещениях жилых зданий должна быть ограничена по признакам патогенетического риска и ужесточаться в сторону совершенствования приемопередающих устройств.

Таким образом, РНГП для экстерналии «электромагнитные излучения» должны содержать правила размещения приемопередающих устройств, мониторинг дозовых нагрузок и исключение наложения электромагнитных излучений при проектировании инженерно-градостроительных решений, т. е. выполняют требования статей 12, 23, 24 и 27 ФЗ-52.

8. Источники ионизирующих излучений. Функциональное зонирование территории поселения в пределах черты для минимизации дозовой нагрузки от искусственных источников ионизирующего излучения (ИИИ) и выделения пригородных зон с естественными ИИИ. В РНГП должен быть включен картографический материал, отражающий выпадение радиоактивной пыли, распространенность радиоактивного радона в скальных породах и природных водах.

Лечебно-поликлинические учреждения, использующие ИИИ, не должны располагаться в общественно-деловых зонах, или должны иметь достаточные зоны отчуждения.

Таким образом, РНГП для экстерналий «источники ионизирующих излучений» конкретизируют расположение территориальных зон с искусственными ИИИ и функциональных зон с естественными ИИИ, ограничивающие градостроительную деятельность, т. е. выполняющие требования статей 12, 23, 24 и 27 ФЗ-52.

9. Антропонозы. Увеличение плотности застройки и этажности проживания снижает эффект карантина местности, который применяется для инфицированных больных.

Карантином являются ограничительные мероприятия административного, медико-санитарного, ветеринарного и иного характера, «направленные на предотвращение распространения инфекционных заболеваний и предусматривающие особый режим хозяйственной и иной деятельности, ограничение передвижения населения, транспортных средств, грузов, товаров и животных». Следует различать пассивные меры защиты, создаваемые средствами инженерно-строительной деятельности, и активные – при массовых заболеваниях населения (статья 29 ФЗ-52).

Поэтому в РНГП на стадии обоснования жилых и общественно-деловых зон устанавливается предельная плотность проживания и этажность застройки жилых зон в конкретных природно-климатических условиях для снижения условий проявления вирулентности инфекций, передающихся воздушно-капельным путем. Инженерно-градостроительными средствами достигается эффект дезинфекции, дератизации, соблюдения режима карантина для отдельных лиц или при условии большого скопления людей.

Правила профилактики и соблюдения карантина для каждого инфекционного (вирусного, бактериального) заболевания в соответствующих территориальных зонах приведены в санитарных правилах и методических указаниях. Для снижения риска имеются следующие санитарные правила (СП) и методические указания (МУ).

Кишечные заболевания: гепатит вирусный А, Е (Профилактика вирусных гепатитов. СП 3.1.958-99); полиомиелит (Профилактика полиомиелита.

СП 3.1.2951-11); холера (Профилактика холеры. СП 3.1.1086-02); аскаридоз, гименолепидоз, дракункулез, трихоцефалез, энтеробиоз (МР 3.2-11-3/254-09).

Заболевания дыхательных путей: грипп (Профилактика гриппа. СП 3.1.2.1319-03); корь, краснуха, паротит эпидемический (Профилактика кори, краснухи и эпидемического паротита. СП 3.1.2.1176-02); дифтерия (Профилактика дифтерии СП 3.1.2.1108-02); инфекция менингококковая (Профилактика менингококковой инфекции. СП 3.1.2.1321-03); инфекция стрептококковая (Профилактика стрептококковой (группы А) инфекции. СП 3.1.2.1203-03); коклюш, паракоклюш (Профилактика коклюшной инфекции. СП 3.1.2.1320-03); туберкулез (Профилактика туберкулеза. СП 3.1.1295-03).

Кровяные заболевания: лоаоз, бругиоз, вухерериоз (санитарно-эпидемиологический надзор в сочетанных очагах гельминтозов. МР 3.2-11-3/254-09).

Заболевания наружных покровов: гепатит вирусный В, С, дельта (Профилактика вирусных гепатитов. СП 3.1.958-99); анкилостомидоз, онхоцеркоз, стронгилоидоз, шистосомоз (МР 3.2-11-3/254-09).

Таким образом, РНПП для экстерналии «антропонозы» конкретизируют расположение территориальных зон, в которых возможно скопление инфицированных больных, являющихся источниками антропонозов, и принимают дополнительные санитарно-противоэпидемические (профилактические) мероприятия, включающие организационные, административные, инженерно-технические, медико-санитарные, ветеринарные и иные меры, направленные на устранение или уменьшение вредного воздействия на человека инфекций, т. е. выполняют положения статьи 29 ФЗ-52.

10. Зоонозы. Потребность населения в зонах рекреации, включение естественных природно-территориальных комплексов в черту города приводят к массовым зоонозным заболеваниям. В лесных массивах нарушаются естественные процессы воспроизводства «здоровой» фауны. Исторически в России человек селился на открытых для солнца пространствах, этим самым защищал себя от вирусных, бактериальных инфекций и переносчиков болезней (клещи, комары, мелкие животные). Карантинные межгосударственные мероприятия и на местности субъекта Федерации по локализации зоонозов должны быть учтены в схемах территориального планирования.

Приспособляемость инфекционных, паразитарных и вирусных агентов выше, чем эффективность профилактических прививок. Поэтому необходимо развитие карантинных методов в инженерно-строительных решениях. Зоны рекреации должны быть искусственными по уровню благоустройства и не сводиться только к обработке ядохимикатами. Правила естественной профилактики и соблюдения экологического баланса для каждого инфекционного (вирусного, бактериального) заболевания в природно-территориальных комплексах приведены в санитарных правилах (СП) и методических указаниях (МУ).

Кишечные заболевания: бруцеллез (Профилактика бруцеллеза. СП 3.1.7.2613-10); иерсиниоз кишечный (Профилактика иерсиниоза. СП 3.1.7.2615-10); кампилобактериоз (Профилактика кампилобактериоза среди

людей. СП 3.1.7.2816-10); лептоспироз (Эпидемиология, диагностика и профилактика заболеваний людей лептоспирозом. МУ 3.1.1128-02); листериоз (Профилактика листериоза у людей. СП 3.1.7.2817-10); псевдотуберкулез (Эпидемиологический надзор и профилактика псевдотуберкулеза и кишечного иерсиниоза. МУ 3.1.1.2438-09); сальмонеллез (Профилактика сальмонеллеза. СП 3.1.7. 2616-10); тениаринхоз, тениоз (Методические рекомендации по борьбе с тениаринхозом и тениозом МЗ СССР № 28-6/25 от 14.07.87); трихинеллез (Методические указания по клинике, диагностике и профилактике трихинеллеза МЗ СССР № 28-6/15 от 19.06.84).

Заболевания дыхательных путей: орнитоз (Профилактика орнитоза. СП 3.1.7.2815-10); туберкулез зоонозный (Туберкулез. Профилактика и борьба с заразными болезнями, общими для человека и животных. СП 3.1.093-96).

Кровяные заболевания: энцефалит клещевой (европейского и дальневосточного типа), передаваемый клещами (Клещевой энцефалит. Профилактика и борьба с заразными болезнями, общими для человека и животных. СП 3.1. 098-96); чума, передаваемая блохами (Профилактика чумы. СП 3.1.7.1380-03); боррелиоз клещевой среднеазиатский передаваемый клещами (Неспецифическая профилактика клещевого вирусного энцефалита и иксодовых клещевых боррелиозов. МУ 3.5.3011-12); лихорадка Ку, передаваемая клещами (Профилактика коксиеллеза (лихорадка Ку). СП 3.1.7.2811-10); туляремия передаваемая клещами (Профилактика туляремии. СП 3.1.7.2642-10).

Заболевания наружных покровов: сибирская язва (Сибирская язва. СП 3.1. 089-96); столбняк (Профилактика столбняка. СП 3.1.138-03); бешенство (Профилактика бешенства среди людей. СП 3.1.7.2627-10).

В зонах рекреации и зеленого строительства должны культивироваться древесные растения, способствующие воспроизводству «здоровой» фауны.

Таким образом, РНГП для экстерналии «зоонозы» конкретизируют расположение зон рекреации, а в них участков, пригодных для массового посещения населением и имеющих инженерно-градостроительные решения противоэпидемического характера, т. е. выполняют положения статьи 29 ФЗ-52.

11. Сапронозы, бытовая аллергия. Нарушение естественных условий микроклимата и создание приточно-вытяжной вентиляции породили пространства для легионеллезной инфекции. Применение в жилых и общественных зданиях строительных материалов привело к загрязнению вдыхаемого воздуха ингредиентами деструкции, включая аллергены. Таким образом, комфорт в жилой комнате или офисе не может далее обеспечиваться разбавлением собственных выделений человека естественным атмосферным воздухом. Урбанизация поселений и агломерация территории складывается из кубических метров жилых и общественных помещений, содержащих вдыхаемый воздух и воздух улиц, разбавляющий выделения человека в атмосферу.

Таким образом, РНГП для экстреналий «сапронозы и бытовая аллергия» конкретизируют требования к территориальным зонам, к обеспечению проветриваемости помещений и снижению вирулентности инфекций и концентрации

бытовых аллергенов инженерно-градостроительными решениями, т. е. выполняют положения статьи 29 ФЗ-52.

12. Поллиноз. Деревья и кустарники, а также травы и цветы ежегодно сменяют архитектурно-градостроительный пейзаж и этим способствуют сохранению психического здоровья жителей города. Однако они, как и человек, испытывают токсическое действие химических и физических факторов, что проявляется в их повышенной агрессивности в виде аллергенов. Поэтому размеры зон рекреации (скверы, парки) и пригородных зон должны быть в количестве, обеспечивающем воспроизводство «здоровой» флоры. Однако эти массовые заболевания всех возрастных групп населения решаются клиническими методами. Наряду с врачебными подходами необходимо развивать санитарно-профилактические направления в градостроительной деятельности. В зонах рекреации и зеленого строительства должны культивироваться древесные растения, способствующие воспроизводству «здоровой» флоры.

Таким образом, РНГП для профилактики заболеваний «полиноз» определяют положения об озеленении местности неаллергенными растениями, т. е. выполняют положения статьи 29 ФЗ-52.

13. Инженерная подготовка и защита территории. В РНГП должны приводиться данные о геоморфологии, геоэкологии местности. Особо характеризуются участки, требующие инженерной подготовки и защиты природных комплексов, возникшие за счет глобальных инженерных природо-преобразовательных проектов на территории субъекта Федерации, а в некоторых случаях и в смежных регионах.

14. Природно-территориальные комплексы охранного назначения.

К ним относятся леса, выполняющие защитные функции (Лесной кодекс Российской Федерации от 4.12.2006 г. № 200-ФЗ) и особо охраняемые территории (Федеральный закон от 14.03.1995 г. № 33-ФЗ «Об особо охраняемых природных территориях»). На территории субъекта Федерации этот список содержит вполне конкретные участки, хозяйственная деятельность и косвенное влияние на которые должно быть исключено.

В РНГП должен быть приведен правовой статус и регламент защитных лесов в субъекте Федерации (статья 102, ФЗ-200), включающих: 1) леса, расположенные на особо охраняемых природных территориях; 2) леса, расположенные в водоохраных зонах; 3) леса, выполняющие функции защиты природных и иных объектов: а) леса, расположенные в первом и втором поясах зон санитарной охраны источников питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения; б) защитные полосы лесов, расположенные вдоль железнодорожных путей общего пользования, федеральных автомобильных дорог общего пользования, автомобильных дорог общего пользования, находящихся в собственности субъектов Российской Федерации; в) зеленые зоны; 4) лесопарковые зоны: а) городские леса; б) леса, расположенные в первой, второй и третьей зонах округов санитарной (горно-санитарной) охраны лечебно-оздоровительных местностей и курортов; 5) ценные леса: а) государственные защитные лесные полосы;

б) противозерозионные леса; в) леса, расположенные в пустынных, полупустынных, лесостепных, лесотундровых зонах, степях, горах; г) леса, имеющие научное или историческое значение; д) орехово-промысловые зоны; е) лесные плодовые насаждения; ж) ленточные боры; з) запретные полосы лесов, расположенные вдоль водных объектов; и) нерестоохраняемые полосы лесов.

Особо защитные участки лесов включают: 1) берегозащитные, почвозащитные участки лесов, расположенных вдоль водных объектов, склонов оврагов; 2) опушки лесов, граничащие с безлесными пространствами; 3) лесосеменные плантации, постоянные лесосеменные участки и другие объекты лесного семеноводства; 4) заповедные лесные участки; 5) участки лесов с наличием реликтовых и эндемичных растений; 6) места обитания редких и находящихся под угрозой исчезновения диких животных; 7) другие особо защитные участки лесов.

В РНГП должен быть приведен правовой статус и регламент особо охраняемых природных территорий в субъекте Федерации (ФЗ-35), включающих: а) государственные природные заповедники, б) национальные парки, в) природные парки, г) государственные природные заказники, д) памятники природы, е) дендрологические парки и ботанические сады, ж) лечебно-оздоровительные местности и курорты.

15. Баланс функциональных зон и определение судьбы земли субъекта Федерации.

15.1. Создание объектов федерального, регионального и местного значения в пределах субъекта Федерации связано не только с капитальными вложениями, но и с эксплуатационными расходами на длительное время. Эти обстоятельства формируют судьбу земли для последующих поколений (статья 1, п. 5 Земельного кодекса РФ от 25.10.2001, № 136) [2]. Формирование на стадии проектирования и строительства экстерналий с 1 по 12 минимизирует прямые эксплуатационные расходы и косвенные, связанные с ненадлежащими санитарно-эпидемиологическими условиями проживания человека и нарушением состояния здоровья [8].

15.2. Природно-территориальные комплексы не являются экстерналиями градостроительной деятельности, а обеспечивают существование биогеохимических закономерностей в интересах биосферы и человека. Инженерная подготовка для строительства и защита территории при активизации опасных природных (геологических, гидрометеорологических и др.) процессов (СНиП 22-01-95) определяет судьбу земли с постоянными эксплуатационными расходами. Без этих расходов возможна деградация природно-территориальных комплексов и разрушение основ устойчивого развития социально-экономического комплекса субъекта Федерации.

15.3. Территориальное планирование призвано выделить зоны функционального назначения и определить судьбу земли. Алгоритм должен включать следующую последовательность функционального зонирования территории субъекта Федерации:

- 1) земли водного фонда;
- 2) бессточные и маловодные территории;

3) природно-территориальные комплексы охранного назначения;

4) настоящие и перспективные земли промышленности, энергетики, транспорта, связи, радиовещания, телевидения, информатики, земли для обеспечения космической деятельности, земли обороны, безопасности и земли иного специального назначения;

5) земли сельскохозяйственного назначения;

6) земли населенных пунктов.

Границы категорий землепользования, как геоэкологическое зонирование, условны, что является фактором риска природных и техногенных катастроф. Поэтому важен баланс функциональных зон и определение судьбы земли субъекта Федерации [9].

15.4. Выделение 15 экстерналий, формирующих содержание региональных нормативов градостроительной деятельности, важно для интеграции следующих интересов. В территориальных зонах населенных пунктов неизбежны противоречия между мероприятиями по сохранению качества атмосферного воздуха, созданию благоприятного микроклимата в жилых зонах, снижению числа объектов, создающих шум, вибрацию, являющихся источниками электромагнитных и ионизирующих излучений. Размеры территориальных зон в черте города будут благоприятствовать или создавать градостроительные препятствия в обеспечении санитарно-эпидемиологических требований к почвам городских территорий, а также не провоцировать антропонозы и зоонозы [10].

В пригородных зонах неизбежны конфликты между природно-территориальными комплексами охранного назначения, землями, сохраняющими круговорот воды в природе, участками, используемыми для размещения отходов производства и жизнедеятельности. Инженерная подготовка и защита территории будет влиять на геоморфологические и гидрогеологические особенности местности, используемые в виде вышеперечисленных функциональных зон.

Эти обстоятельства не могут быть отражены в федеральном законодательстве, но актуальны на региональном уровне при осуществлении инженерно-градостроительной деятельности.

15.5. Таким образом, РНГП на стадии установления баланса функциональных зон и определения судьбы земли субъекта Федерации создают основы для разработки схем территориального планирования, проведения оценки воздействия на окружающую среду [11] и санитарно-эпидемиологической экспертизы, исследований и обследований территориально-производственных комплексов, природных очагов инфекционных заболеваний (статья 42 ФЗ-52).

Обеднение (истощение) природных факторов и установление (открытие) новых природных ресурсов является причиной очередного функционального зонирования, что приводит к изменению судьбы земли участков субъекта Федерации. Изменение РНГП направлено на осуществление приоритетов социально-экономического развития поселений в субъекте федерации в виде следующих капитальных вложений:

а) новостройка,

б) расширение в сложившихся инфраструктурных возможностях,

- в) реконструкция в основном инфраструктуры,
- г) техническое перевооружение в пределах черты города.

На основании приоритетов развития поселений достигается равенство в условиях проживания и экономическая самостоятельность граждан. Это позволит сократить цитирование и конкретизировать строительные нормы и правила при выполнении требований санитарных правил и норм [12].

15.6. Региональные нормативы обеспечивают в проектных решениях следующие варианты устойчивого развития поселений:

1. Рост численности населения и использования экстерналий не предусматривается. Фактическое градостроительное состояние территории исчерпано. Возможно применение только минимальных расчетных показателей обеспечения благоприятных условий жизнедеятельности человека по санитарно-эпидемиологическим требованиям.

2. Предусматривается рост численности населения и использование экстерналий. Фактическое градостроительное состояние территории исчерпано. Для обеспечения благоприятных условий жизнедеятельности человека по санитарно-эпидемиологическим требованиям в проектных решениях рассматривается вариант расширения территории поселения.

3. Предусматривается рост численности населения и использование экстерналий. Имеется градостроительное пространство для обеспечения благоприятных условий жизнедеятельности человека по санитарно-эпидемиологическим требованиям.

15.7. Экстерналии играют важную роль в создании единых принципов построения кадастровой оценки категорий земель и участков. Блага для человека и ресурсы для экономики могут входить в противоречие на оцениваемой территории, если ее зонирование не учитывает их функциональное назначение. Поэтому при разработке схемы территориального планирования и генерального плана поселения необходимо создавать монистический подход к ресурсопользованию или сохранению качества благоприятной среды обитания и избегать наложения на один участок различных категорий землепользования или функциональных зон.

Экстерналии важно использовать для классификации земель по целевому назначению и виду функционального использования при проведении государственной кадастровой оценки земель [13]. Только в этом случае гигиенические и экологические преимущества участка будут иметь инженерно-техническое воплощение, которым дается стоимостная оценка. Экстерналии образуют предметную область оценки воздействия на окружающую среду после реализации РНГП.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Креймер М. А. Гармонизация природопользования и природоохранной деятельности // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 2 (22). – С. 61–77.
2. Креймер М. А. Гармонизация гигиенического нормирования с требованиями экологической и градостроительной деятельности // Материалы XI Всероссийского съезда гигие-

нистов и санитарных врачей: сборник статей. Том I. – М., Ярославль: Изд-во «Канцлер», 2012. – С. 523–526.

3. Креймер М. А. Научное обоснование мероприятий на основе социально-гигиенического мониторинга // Материалы совещания по вопросам социально-гигиенического мониторинга в Сибирском и Уральском федеральных округах Российской Федерации (21–23 мая 2008 г., г. Барнаул). – С. 90–107 [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.econf.rae.ru/article/6791> (дата обращения: 18.06.2013).

4. Креймер М. А., Трубина Л. К. Некоторые аспекты интеграции кадастра и геоэкологии в управлении землепользованием // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2009. – № 5. – С. 26–29.

5. Креймер М. А. Пути управления санитарно-эпидемиологическим благополучием в городе // Гигиена и санитария. – 2010. – № 2. – С. 21–26.

6. Креймер М. А. Климат и прогноз загрязнения атмосферного воздуха в городе // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 2. – С. 116–121.

7. Креймер М. А., Турбинский В. В. Влияние климата на гигиеническую оценку атмосферного воздуха и прогнозирование риска здоровью // Актуальные направления развития социально-гигиенического мониторинга и анализа риска: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Пермь: Книжный формат, 2013. – С. 52–57.

8. Креймер М. А. Экономические задачи территориального планирования и экологическое обоснование судьбы земли // Вестник СГГА. – 2012. – Вып. 3 (19). – С. 78–88.

9. Гиниятов И. А., Жарников В. Б. О структуре и содержании мониторинга земель в современный период // Вестник СГГА. – 2000. – Вып. 5. – С. 25–27.

10. Креймер М. А. Экологическая экспертиза в России: опыт, путь совершенствования и интеграции // ГЕО-Сибирь-2009. V Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 20–24 апреля 2009 г.). – Новосибирск: СГГА, 2009. Т. 4, ч. 2. – С. 97–101.

11. Креймер М. А. Эффективность применения процедуры ОВОС на территории, где разрабатываются схемы территориального планирования и проводится кадастровая оценка земель // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью» : сб. материалов в 4 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск: СГГА, 2012. Т. 3. – С. 98–103.

12. Жарников В. Б., Ван А. В. Природно-технические системы Новосибирского Приобья как объекты кадастра // Вестник СГГА. – 2010. – Вып. 1 (12). – С. 83–94.

13. Правила проведения государственной кадастровой оценки земель. Утверждены постановлением Правительства Российской Федерации от 8 апреля 2000 г. № 316 (с изменениями на 30 июня 2010 года).

Получено 06.08.2013

© М. А. Креймер, 2013

УДК 332.3

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗЕМЕЛЬ КАК ЗАДАЧА ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВЕННОГО АНАЛИЗА

Валерий Борисович Жарников

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, профессор кафедры кадастра и территориального планирования, тел. (383)361-05-66, e-mail: v.b.jarnikov@ssga.ru

Проблема рационального использования земель рассматривается с позиций геодезии и геоинформатики, поскольку каждый земельный участок есть объект геопространства, обладающий широким спектром атрибутивных признаков – пространственных и семантических, достаточный учет которых позволяет сформировать систему показателей фактической и потенциальной рациональности его использования.

Ключевые слова: рациональное использование, земельный участок, геопространство, атрибутивные признаки, система показателей.

RATIONAL LAND USE AS A PROBLEM OF GIS SPATIAL ANALYSIS

Valery B. Zharnikov

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., prof., Department of Cadastre and Territorial Planning, tel. (383)361-05-66, e-mail: v.b.jarnikov@ssga.ru

The problem of land use is considered from the point of view of geodesy and geoinformatics as every land unit is a geospatial object with a wide range of attributive signs both spatial and semantic. When taken into account they allow for creating the system of indices for actual and potential efficiency of the unit use.

Key words: rational use, land unit, geospace, attributive signs, system of indices.

Современный этап развития геодезии и ряда смежных наук характеризуется интенсивными интеграционными процессами, обусловленными, с одной стороны, социальными функциями науки, с другой стороны – ее внутренними факторами и тенденциями развития, взаимодействием ее разделов и методов. Как известно, основные теоретические концепции геодезии определяются ее объектами, предметной областью и методами, которые в современной интерпретации [1, 2] могут быть представлены в виде схемы, приведенной на рис. 1.

Комментируя рис. 1, обратим внимание на роль объекта геодезии, который не только определяет предметную область, но и задает контроль результатов, определяемых надежностными характеристиками как основных (геометрических), так и дополнительных (семантических) параметров, включаемых в исследуемое геопространство [3, 4].

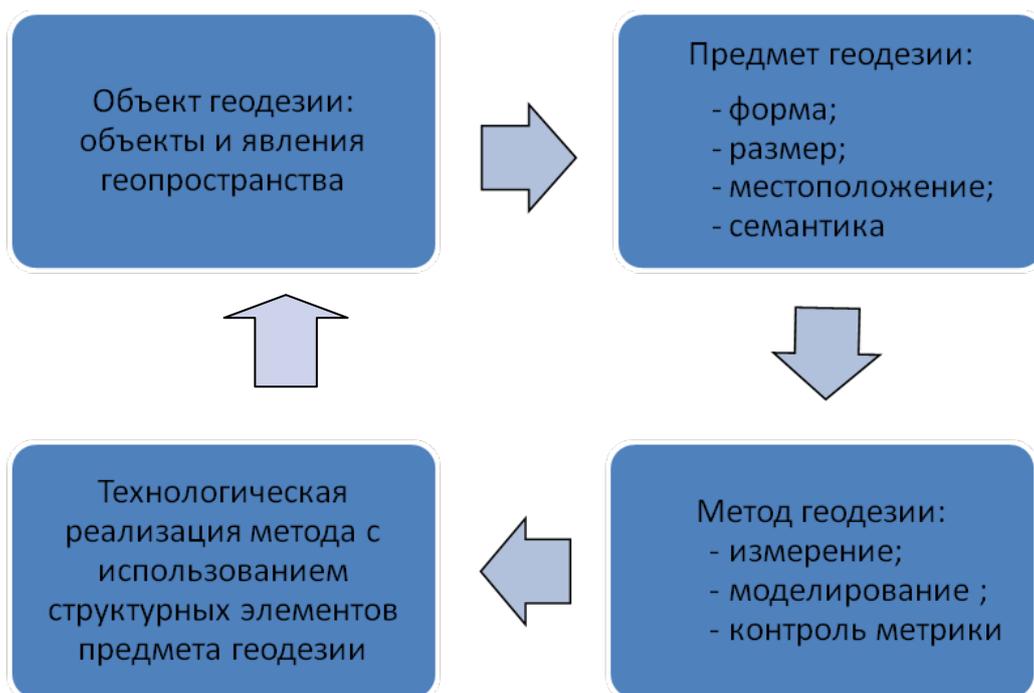


Рис. 1. Основное содержание научной дисциплины «Геодезия» и взаимодействие ее блоков

Второй аспект связан с соответствием геометрических параметров с их структурными элементами (точками, линиями, поверхностями), поскольку геодезия есть, прежде всего, наука о геометризации и координатизации объектов и явлений окружающего нас пространства, переформатируемого в процессе его исследования в геопространство определенного уровня общности. Последний аспект связан с выбором системы координат, определяющей пределы непрерывности пространства и согласованность местоположения его объектов, в нашем случае, например, территории муниципального образования и расположенных в ее пределах земельных участков, территориальных зон и иных объектов кадастрового учета.

Третий аспект связан с решением современных задач кадастра, землеустройства и территориального планирования, требующих значительных объемов не только пространственной, но и семантической информации. Следует подчеркнуть, что к требуемой пространственной информации (геоинформации), относятся все данные, имеющие координатную географическую привязку. Данное обстоятельство является определяющим для задач данного класса, связано с их содержанием и результатами решений, являющихся условием устойчивого территориального развития. В частности, рациональное использование земель [5, 6, 7] предполагает учет географических, природно-климатических, ландшафтных и почвенных характеристик земель, потребностей в создании комфортных и безопасных условий для проживания и жизнедеятельности населения в сочетании с интересами экономически эффективного землепользования,

сохранения целостности земельных участков и предупреждения их дробления, охраны земель и других природных объектов, предупреждения опасных негативных изменений в их состоянии. Из данного определения со всей очевидностью следует пространственный характер подобной задачи, необходимость соответствующего геоинформационного обеспечения и последующего системного анализа данных.

Таким образом, конкретность геопространства и содержащихся в нем объектов определяет конкретность геоинформации: ее объем и содержание. Важнейшей формой представления геоинформации признается ее представление в координатах данного пространства-времени, но и одновременно отмечается [3], что указанная геоинформация определяет главные свойства изучаемых объектов – позиционных, к которым отнесены их местоположение и форма. Но есть и иные свойства объектов, изучение которых осуществляется в «минимально необходимом для различения предметов геопространства и решения пространственной задачи. Для разных пространственных задач набор необходимых непространственных свойств различен и не является исчерпывающим» [3, с. 22].

Подобный подход открывает принципиально новые возможности формирования единого геоинформационного пространства для решения широкого спектра научных и практических задач, создания информационных систем, объединяющих эмпирический и теоретический уровни, обработки пространственных и связанных с ними непространственных данных в режиме online. Одним из примеров подобной разработки является исследование А. А. Захаровым [8] технологических аспектов распределенных информационных систем моделирования динамических процессов, среди которых был взят земельный кадастр крупного города и показаны преимущества интегрирования пространственных данных муниципального и общегосударственного учета земельных участков.

В качестве нашего первого примера приведем результаты оценки рационального использования нескольких земельных участков сельскохозяйственного назначения с учетом показателей, характеризующих их техническое (площадь), экономическое (направление использования, затраты на поддержание плодородия, урожайность, объем продукции), экологическое (степень загрязнения, затраты на мелиоративные мероприятия и борьбу с сорняками) и организационно-правовое (наличие правоудостоверяющих документов) состояние. Результат подобной оценки в виде схемы участков и значений их интегральных показателей (индекса) $I_p = \sum_{pi} I_i$ (здесь p_i – веса; I_i – индикаторы, характеризующие влияние факторов в каждой из 4 групп) представлен на рис. 2.

В качестве второго примера нами представлены результаты деятельности ряда субъектов РФ Сибирского федерального округа в области лесного хозяйства в 2006–2007 гг. (табл. 1) и выполненная нами оценка рациональности используемых лесных территорий – лесных геосистем (табл. 2).

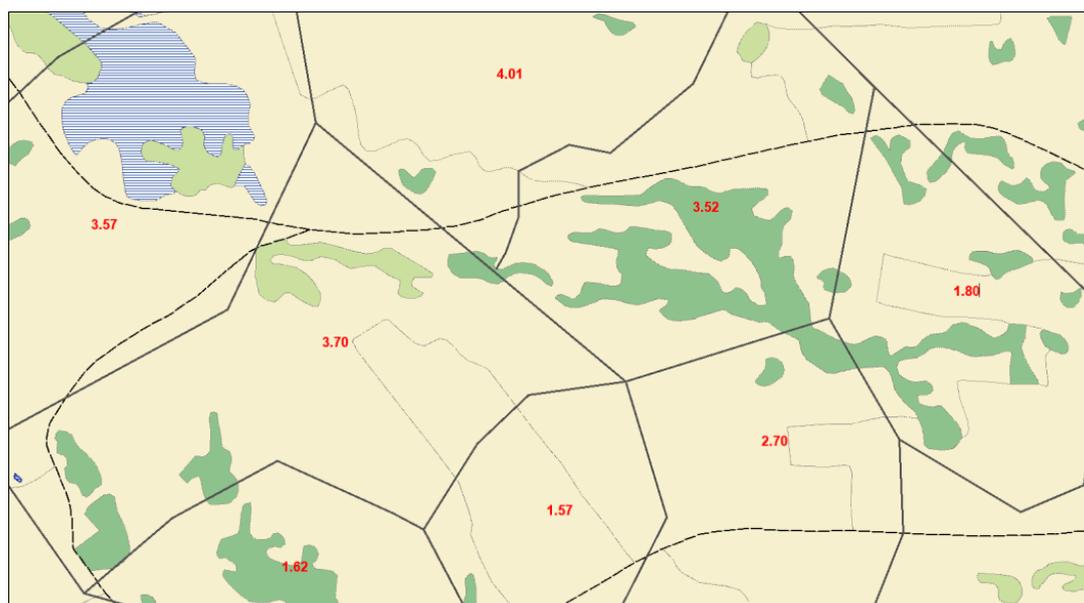


Рис. 2. Объекты и результаты оценки их рационального использования

Таблица 1

Результаты деятельности субъектов РФ СФО

Субъекты РФ	Общая площадь лесов, тыс. га	Лесистость, %	Расчетная лесосека, тыс. м ³	Использование расчетной лесосеки, %	Эффективность использования лесосырьевого ресурса на арендованной территории, %	Динамика лесовосстановительных работ, %
Алтайский край	4 431,1	21,7	5 223,7	9,7	80,6	70,6
Иркутская область	26 186,2	82,0	54 429,1	31,0	59,2	29,0
Новосибирская область	68 823,8	26,3	1 978,9	11,4	20,3	163,0
Красноярский край	196 241,5	44,9	63 075,0	15,8	54,8	103,8
Читинская область	6 034,1	70,1	15 306,6	7,6	29,6	66,4
Республика Бурятия	29 662,7	63,6	6 197,5	11,2	51,7	84,9

Таблица 2

Результаты расчета индекса I_p рационального использования лесов (лесных геосистем) в субъектах РФ СФО

Субъект РФ	Индекс I_p
Алтайский край	0,13
Иркутская область	0,75
Новосибирская область	0,20
Красноярский край	0,42
Читинская область	0,28
Республика Бурятия	0,32

Таким образом, анализируемые нами проблема и задачи рационального использования земель обоснованно приобретают геодезический характер [9, 10], связаны с активным использованием методов и средств геоинформационного обеспечения пространственного развития территорий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тетерин Г. Н. Принципы, критерии, законы развития геодезии. – Новосибирск: Агенство «Сибпринт», 2002. – 104 с.
2. Тетерин Г. Н. Теория развития и метасистемное понимание геодезии: монография. – Новосибирск: СГГА, 2006. – 162 с.
3. Карпик А. П. Методологические и технологические основы геоинформационного обеспечения территорий: монография. – Новосибирск: СГГА, 2004. – 232 с.
4. Карпик А. П., Обиденко В. И. Формирование единого геопространства территорий для повышения качества геодезического обеспечения государственного кадастра недвижимости // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Пленарное заседание : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 1. – С. 3–11.
5. Волков С. Н., Иванов И. И. Особенности планирования и организации рационального использования земель в зарубежных странах // Землеустройство и земельный кадастр: сб. научн. статей. – М.: ГУЗ, 2004. – С. 117–126.
6. Волков С. Н., Варламов А. А., Лойко П. Ф. Новые земельные отношения в Российской Федерации // Земельный вестник России. – 2005. – № 1-2. – С. 2–8.
7. Жарников В. Б., Бочарова А. А. Основные показатели рационального использования земель лесного фонда // Вестник СГГА. – 2012. – Вып. 4 (20). – С. 80–86.
8. Захаров А. А. Технология создания распределенных информационных систем моделирования сложных динамических процессов: автореф. дис. д-ра техн. наук. – Красноярск, 2002. – 44 с.
9. Тетерин Г. Н. Генотип геодезии // Вестник СГГА. – 2002. – Вып. 7. – С. 30–36.
10. Карпик А. П. Системная связь устойчивого развития территорий с его геодезическим информационным обеспечением // Вестник СГГА. – 2010. – Вып. 1 (12). – С. 3–13.

Получено 06.08.2013

© В. Б. Жарников, 2013

УДК 528.44

ОПЫТ ВНЕСЕНИЯ В ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КАДАСТР НЕДВИЖИМОСТИ ЗОН С ОСОБЫМИ УСЛОВИЯМИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕРРИТОРИЙ

Виктор Анатольевич Калюзин

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой геодезии, тел. (952)-907-19-83, e-mail: kaluzhin@mail.ru

Наталья Валерьевна Одинцова

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, ассистент кафедры геодезии, тел. (952)-909-86-16, e-mail: 9sgga@mail.ru

Рассмотрен опыт описания местоположения и внесения в государственный кадастр недвижимости границ зон охраны объектов культурного наследия, расположенных на территории города Новосибирска. Предложены требования и критерии к формированию цифровой модели объектов землеустройства.

Ключевые слова: описание, объект землеустройства, план границ, требования, критерии.

EXPERIENCE OF ENTERING ZONES OF SPECIAL USE CONDITIONS INTO STATE PROPERTY CADASTRE

Victor A. Kalyuzhin

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., Assoc. prof, head of the Department of Geodesy, tel. (952)907-19-83, e-mail: kaluzhin@mail.ru

Natalya V. Odintsova

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Assistant lecturer, Department of Geodesy, tel. (952)909-86-16, e-mail: 9sgga@mail.ru

The experience of describing the location and entering the boundaries of protected cultural heritage zones of Novosibirsk territory into the state property cadastre is considered. The requirements and criteria for creating digital model of land management units are offered.

Key words: description, land management unit, boundary plan, requirements, criteria.

В России в последние годы органы государственной власти в субъектах Федерации, органы местного самоуправления и исследователи [1–5] стали уделять особое внимание проблеме сохранения объектов культурного наследия (ОКН). В этом аспекте для каждого объекта определяют: территорию (как объекта градостроительной деятельности особого регулирования) и зоны охраны (охранная зона, зона регулирования застройки и хозяйственной деятельности и зона охраняемого природного ландшафта), в пределах границ которых определяют режимы использования и градостроительные регламенты.

Размеры зон охраны и территорий, а также режимы землепользования и градостроительные регламенты, в соответствии с пунктом 3 статьи 34 Федерального закона [6], определяются на основании проекта зон охраны ОКН. И после его утверждения сведения о зонах охраны и территориях ОКН вносятся в единый государственный реестр объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов Российской Федерации и представляются в орган, осуществляющий деятельность по ведению государственного кадастра недвижимости.

Состав сведений государственного кадастра недвижимости о зонах охраны и территориях ОКН, которые относят к зонам с особым режимом использования территорий, определен статьями 10, 15 Федерального закона [7]. Так как зоны с особыми условиями использования территорий являются объектами землеустройства [8], для внесения в государственный кадастр недвижимости подготавливают карту (план) объекта землеустройства, требования к составлению которого определены Правительством Российской Федерации и Минэкономразвития Российской Федерации.

В целях описания местоположения и внесения в ГКН границ территорий и зон охраны ОКН определили следующие этапы: подготовительные работы; формирование цифровой модели зон охраны и территорий; предварительное согласование цифровой модели объекта землеустройства; подготовка и согласование карт (планов) объекта землеустройства; предоставление карт (планов) объекта землеустройства заказчику и в государственный фонд данных; сопровождение внесения в ГКН территорий и зон охраны объектов культурного наследия.

На этапе подготовительных работ Заказчик – Государственное автономное учреждение Новосибирской области «Научно-производственный центр по сохранению историко-культурного наследия Новосибирской области» предоставил следующие материалы: каталог «Памятники истории, архитектуры и монументального искусства Новосибирской области»; перечень объектов культурного наследия, расположенных на территории города Новосибирска; топографические планы масштаба 1 : 500 в границах зон объектов культурного наследия; карты (схемы) границ зон охраны и территорий ОКН.

В Постановлении администрации НСО от 15.02.2010 г. № 46-па (Постановление Администрации НСО) утверждены границы 157 градостроительных объектов, из них: а) охранных зон – 87; б) зон регулирования застройки и хозяйственной деятельности – 70. Обеспеченность топографическими планами масштаба 1 : 500 зон охраны и территорий ОКН составила 75 %. Карты (схемы) границ зон охраны и территорий ОКН в основном представлены на топографических планах масштаба 1 : 2 000 и порядка 10 % в масштабе 1 : 500.

Состав и качество исходных данных обусловили следующие работы: предварительное согласование порядка передачи и содержания землеустроительной документации с Росреестром по Новосибирской области; полевое обследование и фотофиксация памятников истории и культуры; поиск актуальных топогра-

фических материалов; координирование памятников истории и культуры; предварительное координатное описание границ зон охраны и территорий ОКН; сбор сведений из ГКН в пределах границ территорий зон охраны ОКН.

На основании [9] были подготовлены образцы карт (планов) по описанию местоположений границ территорий, охранных зон и зон регулирования застройки и хозяйственной деятельности ОКН и согласованы с Заказчиком – Управлением по государственной охране объектов культурного наследия Новосибирской области и территориальным органом Росреестра по Новосибирской области. Некоторые разделы карты (плана) были дополнены и уточнены.

Было осуществлено полевое обследование и фотофиксация памятников истории и культуры в объеме 80 % и выполнено координирование в объеме 10 % от общего количества объектов.

С позиции градостроительства точность описания местоположения границ территорий и зон охраны ОКН определяется исходя из точности плана (0,4 мм) и типа картографируемой территории: а) для многоэтажной застройки – от 0,20 до 0,80 м; б) для одноэтажной застройки и незастроенной территории – от 0,40 до 2,00 м. С позиции землеустройства и кадастра недвижимости точность описания местоположения границ зон охраны и территорий ОКН определяется категорией земель: а) на землях населенных пунктов и городов (поселков) сельского типа – от 0,10 до 0,20 м; б) на межселенных территориях – от 0,50 до 5,00 (2,50) м. Поэтому за необходимую и достаточную точность описания местоположения границ зон охраны ОКН на территории города Новосибирска мы приняли от 0,20 до 0,80 м. Хотя этот вопрос требует дальнейшего изучения и исследования.

Предварительное координирование границ зон охраны и территорий ОКН выполняли путем векторизации этих границ, представленных в картах (схемах) с графической точностью топографического плана масштаба 1 : 2 000. Перевод в местную систему координат города Новосибирска производился на этапе регистрации растровых изображений карт (схем). При этом выбирались идентичные объекты (перекрестие сетки координат, опоры, угол здания, ограждения и т. п.) на карте (схеме) и исходном топографическом плане масштаба 1 : 500, которые в дальнейшем принимались в качестве картографического репера.

При формировании плана границ объекта землеустройства (цифровой модели зон охраны) столкнулись с тем, что непосредственный перенос предварительных границ зон охраны и территорий ОКН на топографические планы масштаба 1 : 500, естественно, приводил к несоответствию в положении (прохождении) этих границ на топографических планах масштаба 1 : 2 000. Данный факт обусловлен как точностью карт (схем), так и качеством сшивки растровых планов масштаба 1 : 2 000. Поэтому возникла задача определения требований и критериев к процессу формирования цифровой модели зон охраны и территорий на планах масштаба 1 : 500.

К основным требованиям и критериям формирования цифровой модели, отнесли следующее: 1) «прохождение» границы объекта землеустройства на

топографическом плане должно соответствовать текстовому описанию местоположения границ в проекте зон охраны; 2) геометрическая форма контура объекта землеустройства должна быть сопоставима с формой градостроительного объекта на карте (схеме); 3) топологические отношения объектов землеустройства с топографическими объектами на плане должны соответствовать топологическим отношениям градостроительных объектов на карте (схеме) с учетом генерализации топографических объектов на планах масштаба 1 : 2 000; 4) топологические отношения между объектами землеустройства на плане границ должны соответствовать топологическим отношениям между градостроительными объектами на карте (схеме); 5) границы объектов землеустройства не должны пересекаться; 6) территории ОКН должны располагаться внутри охранных зон; 7) разность координат идентичных характерных точек границ объекта землеустройства с соответствующей границей градостроительного объекта

$$\Delta xy \leq 2 \cdot m_{\Delta xy}, \quad (1)$$

где $m_{\Delta xy} = \sqrt{m_{t,g}^2 + m_{t,z}^2}$; $m_{t,g}$ – средняя квадратическая ошибка положения характерной точки границы зон охраны или территории ОКН на карте (схеме); $m_{t,z}$ – средняя квадратическая ошибка положения характерной точки границы зон охраны или территории ОКН на топографическом плане; 8) разность периметра границы объекта землеустройства с соответствующим градостроительным объектом

$$\Delta L \leq 2 \cdot m_{\Delta xy} \cdot \sqrt{N}, \quad (2)$$

где N – количество отрезков (частей границ) в контуре границы зон охраны или территории ОКН; 9) разность площадей территорий объектов землеустройства с соответствующим градостроительным объектом

$$\Delta P \leq 2 \cdot \sqrt{m_{p,g}^2 + m_{p,z}^2}, \quad (3)$$

где $m_{p,g}$ – средняя квадратическая ошибка определения площади зон охраны и территорий ОКН на карте (схеме); $m_{p,z}$ – средняя квадратическая ошибка определения площади зон охраны и территорий ОКН на топографическом плане. Среднюю квадратическую ошибку определения площади градостроительного объекта на карте (схеме) и объекта землеустройства на топографическом плане можно определить по формуле:

$$m_p = (m_0 \cdot M / 10\,000) \cdot \sqrt{P}, \quad (4)$$

где m_0 – 0,04 см; M – знаменатель масштаба плана; P – площадь градостроительного объекта (объекта землеустройства). С учетом этих требований были сформированы границы объектов землеустройства.

В результате рассмотрения Департаментом строительства и архитектуры мэрии города Новосибирска цифровой модели объектов землеустройства было предложено осуществить уточнение границ объектов землеустройства с учетом землепользования, так как пересечения границ объектов землеустройства с границами земельных участков и отводами приводят к неэффективному режиму использования земель и градостроительного регламента либо в пределах этих земельных участков (отводов), либо их частей.

Чтобы корректура границ объектов землеустройства не выходила за рамки проекта зон охраны и постановления Администрации НСО, необходимо было выработать критерий неэффективности режима землепользования и градостроительного регламента в пределах земельного участка или его части (отвода). В этой связи нами предлагаются критерии, которые опираются на принятые значения средних квадратических ошибок положения характерных точек границ земельных участков m_t и точность плана m_0 (0,4 мм в масштабе плана).

Итак, режим использования земель можно считать неэффективным, если выполняются следующие условия:

– границы земельного участка расположены на удалении от границ объекта землеустройства меньше 3-кратной ошибки определения характерной точки границы $3 m_t = 0,30$ м (например, для земель населенных пунктов), а для отвода – $3 m_0 = 0,60$ м (например, для масштаба плана 1 : 500);

– площадь пересечения или размер части земельного участка (отвода), где не установлены режимы и регламент меньше 2-кратной ошибки определения площади $\Delta P_t (m_p)$:

- для земельного участка

$$\Delta P_t = 0,035 \cdot m_t \cdot \sqrt{P}, \quad (5)$$

где $m_t = 0,10$ м; P – площадь земельного участка, в м²;

- для отвода

$$m_p = (m_0 \cdot M / 10\,000) \cdot \sqrt{P}, \quad (6)$$

где $m_0 = 0,04$ см; M – знаменатель масштаба плана; P – площадь градостроительного объекта (объекта землеустройства).

В процессе корректуры границ были внесены изменения в 80 % описаний местоположения объектов землеустройства, при этом изменения периметра и площади территорий объектов землеустройства не превысили 4 % от их значений.

После подготовки карт (планов) границ охранных зон и зон регулирования застройки и хозяйственной деятельности, согласования – землеустроительная документация, подписанная электронной цифровой подписью, была предоставлена в территориальный орган Росреестра.

В начале 2012 г. границы территорий зон охраны ОКН, расположенных на территории города Новосибирска, были внесены в государственный кадастр недвижимости.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Парфенова М. И. Проведение государственного кадастрового учета территорий объектов культурного наследия на современном этапе // Изв. вузов. Геодезия и аэрофото-съемка. – 2008. – № 6. – С. 30–32.
2. Карпик А. П., Портнов А. М. Геопортальные решения в сфере предоставления услуг государственного кадастра // Вестник СГГА. – 2010. – Вып. 2 (13). – С. 46–49.
3. Щукина В. Н. Информационное обеспечение рационального использования и охраны северных территорий // Вестник СГГА. – 2010. – Вып. 2 (13). – С. 60–68.
4. Гиниятов И. А., Ильиных А. Л. Геоинформационное обеспечение мониторинга земель сельскохозяйственного назначения // Вестник СГГА. – 2011. – Вып. 1 (14). – С. 33–39.
5. Щукина В. Н., Голякова Ю. Е., Малышкина И. А. Формирование особо охраняемых природных территорий // Вестник СГГА. – 2011. – Вып. 3 (16). – С. 60–65.
6. Федеральный закон от 25.06.2002 № 73-ФЗ «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.infosait.ru/norma_doc/46/46433/index.htm
7. Федеральный закон от 24 июля 2007 г. № 221-ФЗ «О государственном кадастре недвижимости» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rosreestr.ru/document/legislation/325210/>
8. Федеральный закон от 18.06.2001 № 78-ФЗ «О землеустройстве» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rosreestr.ru/document/legislation/3350/>
9. Постановление Правительства Российской Федерации от 30.07.2009 г. № 621 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rosreestr.ru/document/legislation/996785/>

Получено 26.08.2013

© В. А. Калюжин, Н. В. Одинцова, 2013

УДК 528.44:347:214.2

ОСОБЕННОСТИ КАДАСТРОВОГО УЧЕТА ЧАСТЕЙ ОБЪЕКТОВ НЕДВИЖИМОСТИ ПРИ ЗАКЛЮЧЕНИИ ДОГОВОРА АРЕНДЫ

Надежда Владимировна Гаврюшина

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральная кадастровая палата Росреестра», 127006, Россия, г. Москва, ул. Долгоруковская, 15, стр. 4-5, инженер I категории отдела методического сопровождения учета объектов капитального строительства

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, аспирант кафедры кадастра, тел. (916)810-958 4, e-mail: cadastr.54@mail.ru

Анастасия Леонидовна Ильиных

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры кадастра, тел. (383)344-31-73, e-mail: ilinykh_al@mail.ru

В статье рассмотрены особенности кадастрового учета частей объектов недвижимости при заключении договоров аренды, подлежащих государственной регистрации.

Ключевые слова: государственный кадастровый учет, части объектов недвижимости, технический план.

FEATURES OF CADASTRAL REGISTRATION OF PROPERTY UNIT PARTS WHEN CONCLUDING LEASE CONTRACT

Nadezhda V. Gavryushina

Federal Cadastral Chamber of Rosreestr, 127006, Russia, Moscow, 15/4-5 Dolgorukovskaya, I category engineer, Department of Methodical Support of Capital Construction Projects Registration, Post-graduate student, Department of Cadastre, Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., tel. (916)810-95-84, e-mail: cadastr.54@mail.ru

Anastasia L. Ilyinykh

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Senior lecturer, Department of Cadastre, tel. (383)344-31-73, e-mail: ilinykh_al@mail.ru

The authors deal with some features of cadastral registration of property unit parts when concluding lease contracts subject to state registration.

Key words: state cadastral registration, property units parts, technical plan.

Процедуры государственного кадастрового учета объектов недвижимости и последующей государственной регистрации прав на недвижимое имущество выступают гарантом соблюдения прав граждан и юридических лиц. Их прозрачность и общедоступность способствуют инвестиционной привлекательности страны, а значит и ее стабильному развитию.

Ввиду особой значимости сделок с объектами недвижимости действующее законодательство предусматривает обязательность их государственной регистрации в случаях, предусмотренных Гражданским кодексом Российской Феде-

рации и иными нормативными актами. Так, договор аренды недвижимого имущества, заключенный на срок не менее года, подлежит государственной регистрации [1, 2].

В том случае, если в аренду сдаются здание, сооружение, помещения в них или части помещений, к договору аренды недвижимого имущества, представляемому на государственную регистрацию прав, прилагаются кадастровые паспорта соответственно здания, сооружения и помещения с указанием размера арендуемой площади. Договор аренды помещения или части помещения регистрируется как обременение прав арендодателя соответствующего помещения (части помещения) [3].

В действующем законодательстве отсутствует точное определение части недвижимого имущества. Анализируя нормативную базу, можно обобщить, что части недвижимого имущества – части здания, сооружения, части объекта незавершенного строительства, если объект незавершенного строительства представляет собой здание (например, отдельная блок-секция здания), помещения в зданиях, сооружениях, обособленные части этих помещений, которые могут быть объектом аренды, если они являются индивидуально-определенными вещами [3, 4, 5, 6].

В соответствии с Федеральным законом от 24.07.2007 № 221-ФЗ «О государственном кадастре недвижимости» (далее Закон о кадастре) осуществляется государственный кадастровый учет земельных участков, зданий, сооружений, помещений, объектов незавершенного строительства, при этом части здания, сооружения, помещения, объекта незавершенного строительства не являются объектами недвижимости, подлежащими учету в государственном кадастре недвижимости [4].

Сведения о части объекта недвижимости вносятся в государственный кадастр недвижимости только в целях определения пределов действия установленного или устанавливаемого ограничения (обременения) прав и при условии, если такое ограничение (обременение) не распространяется на весь объект недвижимости.

Государственный кадастровый учет изменений в сведениях государственного кадастра недвижимости в связи с образованием части здания, сооружения, помещения осуществляется на основании, в том числе, заявления о государственном кадастровом учете изменений [5] и технического плана соответствующего здания, сооружения, помещения, объекта незавершенного строительства, подготовленного в результате выполнения кадастровых работ в связи с образованием части здания, сооружения, помещения, объекта незавершенного строительства, оформленного в соответствии с Требованиями к подготовке технического плана здания, утвержденными приказом Минэкономразвития России от 01.09.2010 № 403, Требованиями к подготовке технического плана сооружения, утвержденными приказом Минэкономразвития России от 23.11.2011 № 693, Требованиями к подготовке технического плана помещения, утвержденными приказом Минэкономразвития России от 29.11.2010 № 583, Требованиями

к подготовке технического плана объекта незавершенного строительства, утвержденными приказом Минэкономразвития России от 10.02.2012 № 52 [7].

Индивидуализация объекта недвижимости осуществляется уполномоченным органом в процессе кадастрового учета, в результате чего объект недвижимости получает характеристики, которые позволяют однозначно выделить его в качестве индивидуально-определенной вещи. При проведении государственного кадастрового учета зданий, сооружений, помещений описываются реально существующие объекты недвижимости, объективными границами которых являются конструктивные элементы (стены, перегородки и т. п.). Таким образом, обособленность части объекта недвижимости становится ключевым вопросом в его индивидуализации. Вместе с тем, действующее законодательство не дает четкого определения понятиям изолированности и обособленности [8, 9, 10, 11].

Отдельные конструктивные элементы зданий (фундаменты, стены, перегородки, отделка, сантехническое оборудование) не относятся к объектам недвижимости (частям объектов недвижимости) в том смысле, который вкладывает в это понятие Закон о кадастре, в частности, не подлежат учету в государственном кадастре недвижимости. Вместе с тем, права на них не подлежат государственной регистрации в соответствии с Федеральным законом от 21.07.1997 № 122-ФЗ «О государственной регистрации прав на недвижимое имущество и сделок с ним» [3].

В случае, если сдаваемую в аренду неизолированную часть помещения возможно идентифицировать в качестве объекта недвижимости (помещения как части объема здания или сооружения, имеющей определенное назначение и ограниченной строительными конструкциями [12], например, как указано на рисунке (объект № 1), т. е. индивидуально-определенной вещи, предназначенной для самостоятельного использования в определенных целях), орган кадастрового учета принимает решение о постановке на государственный кадастровый учет такого объекта недвижимости.

В случае, если часть объекта недвижимости не ограничена строительными конструкциями [12] и идентифицировать ее в качестве индивидуально-определенной вещи не представляется возможным, как указано на рисунке (объект № 2), например, при размещении банкоматов, платежных терминалов, торговых мест и т. д., регистрация права аренды на такой объект недвижимости не проводится (принимается решение об отказе в силу ст. 20 Закона о регистрации), а, соответственно, постановка на государственный кадастровый учет нецелесообразна, так как сведения о части объекта недвижимости вносятся в государственный кадастр недвижимости только в целях определения пределов действия установленного или устанавливаемого ограничения (обременения) прав.

Договор аренды части здания, сооружения, помещения, не ограниченного строительными конструкциями, которая не подлежит идентификации в качестве индивидуально-определенной вещи (например, при размещении банкоматов,

платежных терминалов, торговых мест и т. д.), учитывая, что осуществить государственную регистрацию такого договора аренды не представляется возможным, заключается на срок менее одного года и не подлежит государственной регистрации в Едином государственном реестре прав.



Рис. План этажа

Учитывая изложенное, можно говорить о том, что система государственного кадастрового учета и государственной регистрации прав на недвижимое имущество, несмотря на постоянное реформирование, остается достаточно сложной для понимания граждан и юридических лиц [13, 14, 15].

Так, согласно мониторингу качества предоставления государственных и муниципальных услуг, проведенному Российской академией народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, Росреестр входит в первую тройку среди органов, оказывающих государственные услуги, по вопросам требования избыточных документов и сложности заполнения официальных форм и бланков [16].

С 1 октября 2013 г. вступает в силу Федеральный закон от 23.07.2013 № 250-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в части государственной регистрации прав и государственного

кадастрового учета объектов недвижимости», который вносит изменения и в Закон о кадастре, уточняя некоторые вопросы государственного кадастрового учета частей объектов недвижимости, однако, основные проблемы учета частей объектов недвижимости, связанные, в основном, с индивидуализацией недвижимого имущества как объекта сделки, в том числе из-за отсутствия в законодательстве четкой терминологии, он, к сожалению, не решает.

С целью повышения качества и доступности государственных услуг, в том числе при заключении договоров аренды объектов недвижимости, необходимо дальнейшее внесение изменений в законодательство в области государственного кадастрового учета и государственной регистрации прав на недвижимое имущество, направленное на повышение их прозрачности и общедоступности.

Таким образом, государственный кадастровый учет и последующая регистрация прав части объекта недвижимости осуществляются лишь при наличии изолированных строительных конструкций (стен, перегородок и др.), однозначно выделяющих указанные части в виде отдельных объектов недвижимости.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гражданский кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Доступ из справ.-правовой системы «Консультант Плюс».
2. Гаврюшина Н. В. Аналитический обзор систем 3D-кадастра недвижимости // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью» : сб. материалов в 4 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск: СГГА, 2012. Т. 3. – С. 46–50.
3. О государственной регистрации прав на недвижимое имущество и сделок с ним [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 21.07.1997 № 122-ФЗ. – Доступ из справ.-правовой системы «Консультант Плюс».
4. О государственном кадастре недвижимости [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 24.07.2007 № 221-ФЗ. – Доступ из справ.-правовой системы «Консультант Плюс».
5. Об утверждении форм заявлений о государственном кадастровом учете недвижимого имущества [Электронный ресурс]: Приказ Минэкономразвития России от 30.09.2011 № 529. – Доступ из справ.-правовой системы «Консультант Плюс».
6. Об утверждении форм кадастровых паспортов здания, сооружения, объекта незавершенного строительства, помещения, земельного участка, кадастровых выписок о земельном участке, о здании, сооружении, объекте незавершенного строительства и кадастрового плана территории [Электронный ресурс]: Приказ Минэкономразвития России от 28.12.2012 № 831. – Доступ из справ.-правовой системы «Консультант Плюс».
7. Максименко Л. А. Оформление графической части технического плана помещения // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью» : сб. материалов в 4 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 3. – С. 87–91.
8. Гиниятов И. А. О классификации документов государственного кадастра недвижимости // Вестник СГГА. – 2012. – Вып. 1 (17). – С. 85–87.
9. Киселёва А. О., Ключниченко В. Н. Систематизация характеристик недвижимого имущества // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч.

конф. «Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью» : сб. материалов в 4 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск: СГГА, 2012. Т. 3. – С. 84–88.

10. Митрофанова Н. О. Современное состояние государственного кадастрового учета объектов капитального строительства на территории Новосибирской области // // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью» : сб. материалов в 4 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 3. – С. 137–142.

11. Труханов А. Э. Анализ современного состояния государственного кадастрового учета объектов недвижимости // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью» : сб. материалов в 4 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 3. – С. 124–129.

12. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 30.12.2009 № 384-ФЗ. – Доступ из справ.-правовой системы «Консультант Плюс».

13. Киселёва А. О., Ключниченко В. Н. Государственный кадастровый учет многоконтурных земельных участков // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью» : сб. материалов в 4 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск: СГГА, 2012. Т. 3. – С. 80–83.

14. Киселёва А. О., Ключниченко В. Н. К вопросу присвоения идентификационных (кадастровых) номеров объектам капитального строительства // ГЕО-Сибирь-2011. VII Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2011 г.). – Новосибирск: СГГА, 2011. Т. 3, ч. 2. – С. 57–61.

15. Ушкуронек Л. М. Внесение сведений в государственный кадастр недвижимости о границах объектов землеустройства // ГЕО-Сибирь-2011. VII Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2011 г.). – Новосибирск: СГГА, 2011. Т. 3, ч. 2. – С. 30–32.

16. Портал административной реформы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ar.gov.ru/gos_uslugi_03_monitoring_kachestva_predostavleniya_gos_uslug/index.html – Загл. с экрана.

Получено 26.08.2013

© Н. В. Гаврюшина, А. Л. Ильиных, 2013

УДК 004:528.91

О ПОДХОДЕ К РАСЧЕТУ ПОКАЗАТЕЛЯ СОЦИАЛЬНОЙ КОМФОРТНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ НЕДВИЖИМОГО ИМУЩЕСТВА

Алексей Викторович Дубровский

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, кандидат технических наук, заведующий лабораторией «Дигитайзер», тел. (383)361-01-99, e-mail: avd5@ssga.ru

Екатерина Дмитриевна Подрядчикова

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, аспирант СГГА, тел. (383)361-01-09

В статье рассматривается понятие «интегральный показатель социальной комфортности населения». Показана необходимость использования показателя социальной комфортности населения при расчете налога на недвижимое имущество. Дается описание основных показателей социальной комфортности населения и возможности их расчетов на основе геоинформационного анализа территории.

Ключевые слова: социальная комфортность, налог на недвижимое имущество, инфраструктура, кадастровая оценка.

SOCIAL COMFORT OF POPULATION: CALCULATION OF INDEX TO IMPROVE REAL PROPERTY EVALUATION SYSTEM

Alexey V. Dubrovsky

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Head of "Digitizer" laboratory, tel. (383)361-01-99, e-mail: avd5@ssga.ru

Ekaterina D. Podryadchikova

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., a post-graduate student, tel. (383)361-01-09

The concept of integral index for population social comfort is considered. The necessity of applying this index for calculating the real estate tax is proved. Basic indices of population social comfort are described. They may be calculated on the basis of GIS-analysis of the territory.

Key words: social comfort, real estate tax, infrastructure, cadastral evaluation.

Для устойчивого развития и функционирования городов создается инфраструктура – комплекс сооружений и коммуникаций, транспортная сеть, инженерное оборудование, каналы связи, а также объекты социального и культурно-бытового обслуживания населения. Инфраструктура города тесно связана с его социальной и территориальной составляющей. Город в широком смысле может быть определен как место компактного проживания людей, удовлетворяющее потребности человека в обеспечении ресурсами: жизнедеятельности, безопас-

ности, коммуникации и развитии личности на основе общности культурных, социальных, национальных и прочих интересов [1–3].

Таким образом, главная цель города – создать комфортные условия для проживания граждан, развития экономики, становления бизнеса и привлечения инвестиций. Отметим, что кадастровая стоимость объекта недвижимости зависит от его площади, уровня развития инфраструктуры и комплекса социально-бытовых объектов, то есть как раз от уровня социальной комфортности населения. Однако, часто на территории города возникает ситуация перенасыщения отдельных участков элементами социальной инфраструктуры, тогда как ряд других участков испытывает дефицит в подобного рода объектах. При этом градостроительные ГОСТы и СНиПы регламентируют качественные и количественные характеристики требуемого уровня развития объектов социальной инфраструктуры [4]. Однако, глобального ранжирования урбанизированных территорий не выполнено. Построенные ранее микрорайоны с использованием градостроительных норм и регламентов в настоящее время уплотняются в результате точечной застройки. При этом объекты недвижимости, существовавшие ранее, изменяют свою стоимость из-за перераспределения социальной инфраструктуры (рис. 1).

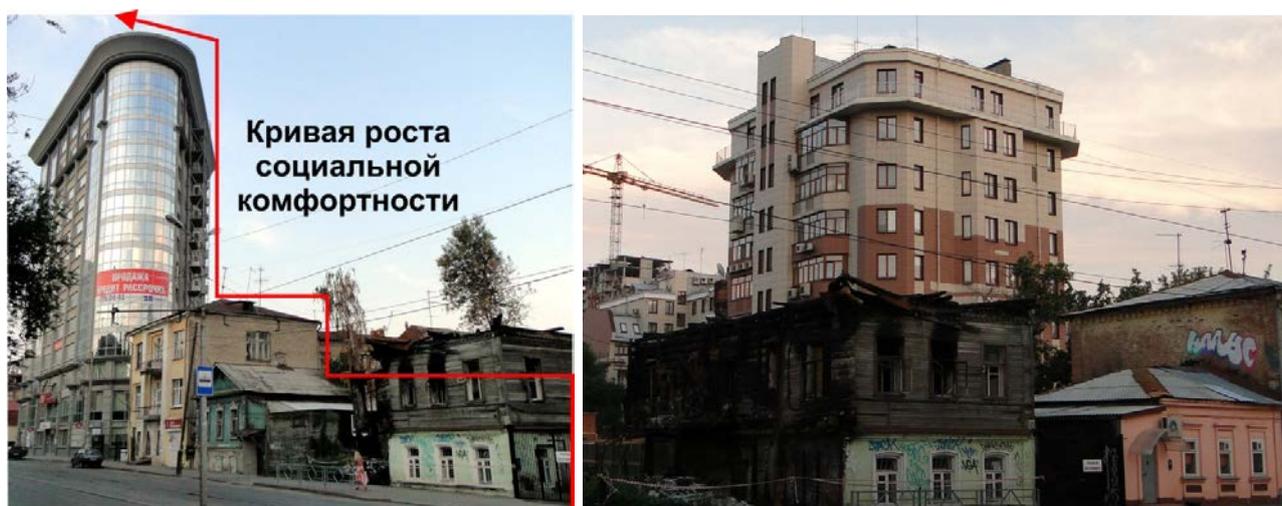


Рис. 1. Пример перераспределения инфраструктуры города с течением времени (Самара, 2012 г.)

Цена недвижимости, как и ее качество, определяется системой показателей, поэтому существует необходимость в разработке показателя социальной комфортности населения как одного из факторов оценки недвижимого имущества. Кроме того, актуальным является осуществление достоверного геоинформационного анализа и комплексной оценки показателей городской среды, главными компонентами которой являются население города и социальная инфраструктура (рис. 2) [5, 6].

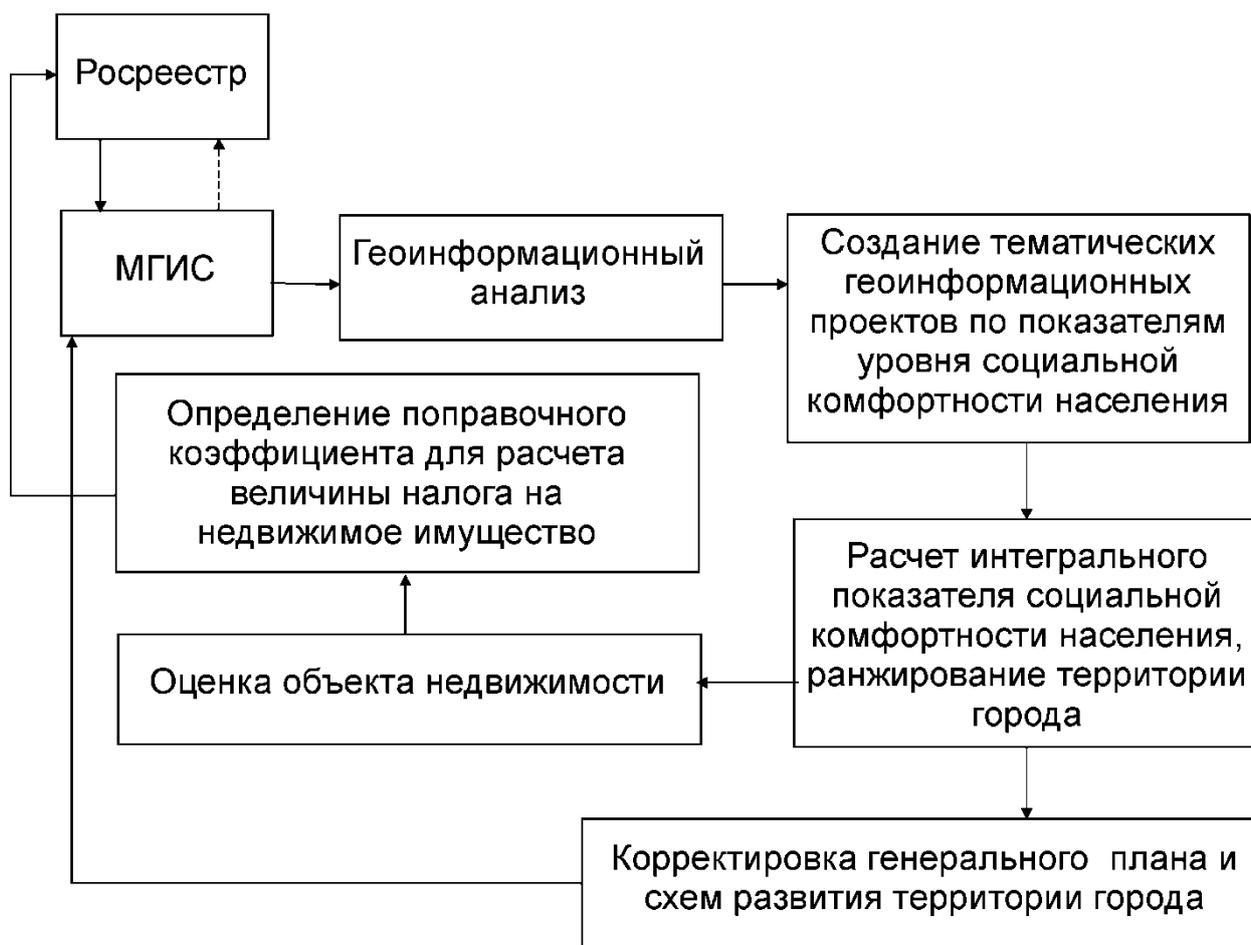


Рис. 2. Последовательность технологических операций при анализе, оценке и управлении территорией на основе интегрального показателя социальной комфортности населения

Современные картографические справочно-информационные системы позволяют в онлайн-режиме определить рейтинг социальной инфраструктуры объекта недвижимости по основным его показателям. «Рейтинг дома зависит от инфраструктуры вокруг. Если рядом много социальных объектов (детсадов, больниц, школ, магазинов и т. п.), выше рейтинг дома в процентах» [7–10]. Данная оценка, несомненно, имеет большое значение для информирования населения, однако не дает комплексного представления об объекте недвижимости. Зачастую оцениваемые здания в центральной части города и на его окраинных участках имеют одинаковый рейтинг. Такая же ситуация складывается при оценке двух близко расположенных зданий, имеющих различное техническое состояние, материал и возраст постройки.

Поэтому для полного анализа социальной комфортности следует рассматривать комплекс показателей (рис. 3). Обобщенное значение показателей может быть выражено через интегральный показатель социальной комфортности населения. Поскольку этот показатель, в свою очередь, может влиять на цену не-

движимого имущества, он должен быть также одним из критериев оценки недвижимости [11–13].



Рис. 3. Система показателей социальной комфортности населения

В группу «Показатели состояния окружающей природной среды (ОПС)» входит экологическое состояние района, где расположен объект недвижимости. Экологическое состояние определяется санитарно-эпидемиологическими и санитарно-гигиеническими условиями, загрязнением атмосферы, уровнем природных воздействий (инженерно-геологические условия, подтопление поверхностными и грунтовыми водами), климатическими особенностями территории и др.

К группе «Показатели развития инфраструктуры» можно отнести уровень развития социальной, бытовой и культурной сфер (наличие объектов здравоохранения, образования, торговли, сферы услуг, объектов спортивного значения), удаленность от общественно-делового центра (ОДЦ) города, наличие и степень развития инженерной инфраструктуры. Фактор «Экономическое развитие территории» подразумевает отражение уровня средней заработной платы, показателя безработицы, количество вакансий и т. д. Фактор «Плотность населения» дает возможность сравнивать уровень развития инфраструктуры на различной территории в аспекте удовлетворения потребностей в потреблении ресурсов для определенного количества населения.

Группа «Показатели объектов недвижимости» определяет материал объекта недвижимости, его площадь, состояние (например, наличие и качество ремонта). Если же речь идет о земельном участке, то под показателями данной группы будет пониматься плодородие почв, категория земель и т. д.

Группа «Эстетико-композиционные показатели» включает эстетическую ценность района, которая может быть представлена ландшафтным дизайном, историческим значением застройки, внешним видом зданий, рекреационной ценностью территории и т. д. Кроме того, в эту группу факторов входит еще и фактор «Престижность района», на основании которого осуществляется ранжирование территории города на зоны различной селитебной или коммерческой привлекательности.

Группа «Показатели угроз» направлена на ранжирование территории города по вероятности возникновения природных и техногенных угроз, а также прогнозирование событий, носящих характер катастроф.

Существующий в настоящее время метод балльной оценки социально-экономических показателей подразумевает, что фактические показатели качества жизни (Π) оцениваются в баллах относительно каких-либо эталонов или стандартов ($X_{\text{эталон}}$), значение которых принимается за максимальный балл ($\text{MAX}_{\text{балл}}$) [13, 14]. Расчет производится по формуле:

$$\Pi = (X_{\text{факт}} \times \text{MAX}_{\text{балл}}) / X_{\text{эталон}}$$

При этом в качестве эталонов или стандартов могут быть выбраны: максимальное или среднее значение данного показателя по всему миру, в Российской Федерации, в конкретном регионе; фактическое значение данного показателя за базовый период (предыдущий год, любой другой временной отрезок); рациональная норма, отраженная в нормативно-законодательных документах, и т. п.

С учетом показателей, представленных на рис. 3, формула расчета показателя социальной комфортности населения имеет следующий вид:

$$\text{СКН} = \sum_1^N (\Pi_{\text{ОПС}} + \Pi_{\text{РИ}} + \Pi_{\text{ОН}} + \Pi_{\text{ЭК}} + \Pi_{\text{У}} + \dots + \Pi_N) / N,$$

где $\Pi_{\text{ОПС}}$ – показатель состояния окружающей природной среды; $\Pi_{\text{РИ}}$ – показатель развития инфраструктуры; $\Pi_{\text{ОН}}$ – показатели объектов недвижимости; $\Pi_{\text{ЭК}}$ – показатели эстетико-композиционные; $\Pi_{\text{У}}$ – показатели угроз.

Таким образом, данные о показателе социальной комфортности должны быть использованы при корректировке генеральных планов, схем функционального зонирования, размещения и строительства объектов социальной сферы. Кроме того, данные, свидетельствующие о низком уровне развития социальной комфортности населения, должны быть учтены при оценке недвижимого имущества в виде понижающего коэффициента, при расчете налога на недвижимое имущество для групп граждан, проживающих на данной территории [15].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дубровский А. В., Мурзинцева Е. Л., Нечаева А. С. Исследование социально-территориальных взаимосвязей элементов городской среды средствами геоинформационных технологий // ГЕО-Сибирь-2010. VI Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2010 г.). – Новосибирск: СГГА, 2010. Т. 3, ч. 2. – С. 17–21.
2. Афанасьев Ю. А., Фомин С. А. Мониторинг и методы контроля окружающей среды. Ч. 1. – М.: МНЭПУ, 1998. – 468 с.
3. Словарь понятий и терминов регионального управления [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.vasilievaa.narod.ru/>.
4. СНиП 2.07.01–89. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений / Министерство регионального развития РФ. – М., 2011. – 110 с.
5. Мыльников Д. Ю. Инфраструктура пространственных данных. Муниципальный уровень [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.credo-dialogue.com/journal/articlesarchive/Infrastryktyra-prostranstv-dannuh.aspx>
6. Дубровский А. В., Бударов В. П. Геоинформационное исследование показателей социальной комфортности сельских населенных пунктов // Информационные технологии, системы и приборы в АПК. Ч. 1: материалы 5-й междунар. науч.-практ. конф. «Агроинфо-2012». – Новосибирск: СО РАСХН, 2012. – С. 436–440.
7. Дубровский А. В. Компьютерные технологии в землеустройстве и земельном кадастре: практикум. Ч. 1. Методика создания геоинформационного пространства объектов недвижимости. – Новосибирск: СГГА, 2009. – 48 с.
8. Дубровский А. В. Земельно-информационные системы в кадастре: учеб.-метод. пособие. – Новосибирск: СГГА, 2010. – 112 с.
9. Дубровский А. В., Бударов В. П., Нечаева А. Н. Анализ социальной комфортности населения города Новосибирска на примере основных инфраструктурных показателей // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью» : сб. материалов в 4 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск: СГГА, 2012. Т. 3. – С. 186–189.
10. У новосибирцев появилась возможность отслеживать рейтинги своих домов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://nsk.sibnovosti.ru>
11. Поляков Ю. А. Автоматизированная система регионального мониторинга земель. – Барнаул: АлтГУ, 2003. – 221 с.
12. Мосиенко Н. Л. Социально-территориальная структура пространства городской агломерации. – Новосибирск: СО РАН, 2008. – 60 с.
13. Дубровский А. В., Бударов В. П., Нечаева А. Н. Разработка интегрального показателя социальной комфортности населения как фактора расчета налога на недвижимое имущество // ГЕО-Сибирь-2011. VII Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2011 г.). – Новосибирск: СГГА, 2011. Т. 3, ч. 2. – С. 87–92.

14. Дробышева В. В., Герасимов Б. И. Интегральная оценка качества жизни населения региона: монография; под научн. ред. д-ра экон. наук, проф. Б. И. Герасимова. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2004. – 108 с.

15. Дубровский А. В. Исследование геоинформационной основы для создания системы навигации и управления на территории субъекта РФ // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2009. – № 6. – С. 96–102.

Получено 23.08.2013

© А. В. Дубровский, Е. Д. Подрядчикова, 2013

ОПТИКА, ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ



УДК 535.211:535.214

ТЕПЛОВАЯ МОДЕЛЬ ПОВРЕЖДЕНИЙ ФОТОПРИЕМНИКОВ МОЩНЫМ НАНОСЕКУНДНЫМ ЛАЗЕРНЫМ ОБЛУЧЕНИЕМ

Денис Вячеславович Кочкарев

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, инженер кафедры физики, тел. (383)361-08-36, e-mail: denlnsk@mail.ru

Владимир Владимирович Чесноков

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, доктор технических наук, профессор-консультант кафедры физики, тел. (383)361-08-36, e-mail: garlic@ngs.ru

Дмитрий Владимирович Чесноков

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, заведующий кафедрой наносистем и опто-техники, тел. (383)361-08-36, e-mail: phys003@list.ru

Приведен краткий обзор исследований процессов лазерного необратимого разрушающего воздействия на чувствительные элементы фотоприемных устройств. Рассматривается тепловая модель лазерного ослепления устройств, проведены оценочные расчеты лучевой прочности фотоэмиссионных и фотоэлектрических приемников.

Ключевые слова: лазерное повреждение фотоприемников, лучевая прочность, фотоэмиссионные и фотоэлектронные устройства, ИК-диапазон спектра.

HEAT MODEL OF PHOTODETECTOR DAMAGES DUE TO HIGH-POWER NANOSECOND LASER EMISSION

Denis V. Kochkarev

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Engineer, Department of Physics, tel. (383)361-08-36, e-mail: denlnsk@mail.ru

Vladimir V. Chesnokov

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., consulting professor, Department of Physics, tel. (383)361-08-36, e-mail: garlic@ngs.ru

Dmitry V. Chesnokov

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., head of the Department of Nanosystems and Optotechnics, tel. (383)361-08-36, e-mail: phys003@list.ru

The review of the research on the process of laser irreversible destructive effect on photodetector elements is presented. The heat model of detectors laser blinding is considered. Assessed results of photoemission- and photoelectric receiver radiation resistance are shown.

Key words: photodetector laser damage, radiation resistance, photoemission- and photoelectric devices, IR spectrum.

Рассматриваются вопросы оценки лучевой прочности распространенных приемников излучения, используемых для целей оптического наблюдения и обнаружения объектов, их устойчивости в полях мощных лазерных излучений. Лазерный излучатель, с точки зрения наблюдателя, ведущего осмотр некоторой «сцены наблюдения», является элементом этой сцены. Оптическими приборами наблюдателя излучение лазера фокусируется в точку на фоточувствительной площадке приемного устройства.

Энергия лазерного импульса поглощается веществом фоточувствительного приемного устройства локально и нагревает освещенный участок до температуры его разрушения: участок подвергается термической деструкции, может расплавиться или испариться. Зона разрушения вследствие теплопроводности вещества увеличивается; последствия разрушения могут распространиться на всю поверхность фотоприемника вследствие, например, возникших разрушений или замыканий электрических цепей приемника или нарушений элементов его схемотехники.

Исследования в данной области проводятся. Так, в работе [1] исследованы функциональные повреждения кремниевых ПЗС фотодетекторных решеток при воздействии излучения Nd:YAG-лазера на длине волны 1,06 мкм при длительности импульса 10 нс.

В работе [2] также обнаружено, что лазерное облучение может вызвать необратимые повреждения приборов с зарядовой связью.

Структура фотоприемников во многих случаях содержит слои металлов и полупроводников. Металлические слои являются составными частями матричных полупроводниковых фотоприемных устройств и основным материалом фотоэмиссионных катодов ЭОП и ФЭУ.

Процесс поглощения света в металлах характеризуется глубиной проникновения порядка $10^{-5} - 10^{-6}$ см; это означает, что в металле теплота распространяется от поверхностного слоя указанной толщины вглубь тела путем теплопроводности. Если длительность светового импульса равна τ , то размер нагретой области подложки определяется длиной тепловой волны [3]:

$$\ell_T = \sqrt{\frac{k_T \cdot \tau}{\rho c}} = \sqrt{a_T \cdot \tau}, \quad (1)$$

где k_T – коэффициент теплопроводности; a_T – коэффициент температуропроводности, $a_T = k_T / \rho c$; ρ – плотность вещества подложки; c – удельная теплоемкость вещества подложки.

Аналитическое решение уравнения теплопроводности при импульсном лазерном нагревании подложки получено, например, в работе [4] для случая симметричной во времени формы лазерного импульса и гауссового распределения интенсивности излучения по сечению лазерного пятна. Максимальное значение изменения температуры на поверхности подложки в центре пятна равно:

$$\Delta T_{\max} = \frac{(1-R)P_0\tau^{1/2}}{(\sqrt{2}k_T\rho c)^{1/2}}. \quad (2)$$

Выражения (1) и (2) справедливы при температурах слоев структуры, меньших температуры плавления, и в пренебрежении изменениями R , k_T , ρ и c при нагревании.

При указанных ограничениях максимальное значение температуры поверхности достигается при $t_{\max} = 0,55\tau$. Спад температуры происходит медленнее нагревания. Так, для медной подложки при длительности лазерного импульса 30 нс температура спадает в сравнении с максимальной примерно в 5 раз за 200 нс.

В [4] приведены значения теплофизических параметров типичных для данной технологии материалов, а также рассчитанные значения длины тепловой волны в материалах при использовании лазерного импульса длительностью 6 нс.

При дальнейшем анализе будем использовать также уравнение, которое дает значения распределения температур на поверхности двухслойной структуры [10]:

$$\Delta T_0 = \frac{(1-R_0) \cdot P_0 \cdot \tau}{\sqrt{\frac{4}{\pi}} \cdot \rho_1 c_1 \ell_{T_1} \left[1 + (m-1) \cdot \exp\left(-\sqrt{\frac{\pi}{4}} \cdot \frac{L}{\ell_{T_1}}\right) \right]}; \quad (3)$$

$$m = \frac{\rho_2 c_2 \ell_{T_2}}{\rho_1 c_1 \ell_{T_1}}; \ell_{T_1} = \sqrt{a_1 \tau}; \ell_{T_2} = \sqrt{a_2 \tau}.$$

Здесь индексами 1 и 2 отмечены величины, относящиеся к пленке и подложке, соответственно.

При мощности лазерного излучения, превышающей порог плавления металлов, происходит тепловое разрушение металла. В настоящее время общепринятой является точка зрения, что лазерное разрушение монокристаллических металлов носит тепловой характер [3, 12–15]. Степень разрушения зависит от интенсивности излучения и от длительности лазерного импульса.

Отдельного рассмотрения заслуживает процесс разрушительного взаимодействия лазерного излучения большой мощности на структуры типа «пленка/подложка». В общем случае теплофизические параметры материалов пленки и подложки различаются, а в системе «металлическая пленка/диэлектрическая подложка» – различаются существенно. В последнем случае при высоких мощ-

ностях лазерного излучения будет наблюдаться расплавление только пленки с последующим испарением металла из расплава. Возникающее при этом давление отдачи паров может оказаться достаточным, чтобы привести в движение расплав и вытеснить его за пределы зоны облучения [13].

При дальнейшем увеличении плотности лазерной мощности и превышении температуры кипения вещества над облучаемой зоной возникает приповерхностная лазерная плазма [12].

В работе [15] проведено сравнение результатов расчетов условий возникновения лазерного приповерхностного пробоя у алюминиевой мишени при использовании излучения с $\lambda = 10,6$ мкм и $\lambda = 0,35$ мкм.

Экспериментальные данные для различных материалов, полученные в [3, 15, 16], свидетельствуют, что порог плазмообразования у их поверхности ниже, чем порог пробоя свободного газа, наличие поверхности обеспечивает появление заметной концентрации «затравочных» электронов.

Поглощение излучения в полупроводниках определяется двумя эффектами: межзонным поглощением и поглощением на свободных носителях. Величина поглощения в них может изменяться от близкой к металлам до много меньшего значения. Обзор явлений, возникающих при поглощении излучения полупроводниками, приведен в [17, 18].

При плотности энергии 5–10 Дж/см² в веществе появляются трещины, ямки термического травления; при увеличении энергии в импульсе возникают глубокие кратеры [19–21].

Причиной появления трещин является тепловой удар [23]. Этот эффект наблюдали авторы работы [22], которые воздействовали на полупроводники Si, GaAs, CdSe излучением с длительностью импульсов 20–30 нс и падающей плотностью мощности 20–30 МВт/см².

В работах [24, 25] показано, что при интенсивности светового потока 10⁹ Вт/см², длительности импульса 40 нс и диаметре зоны воздействия 30 мкм, глубина испаренной зоны в кремнии составляет 3–4 мкм.

Воздействие мощных наносекундных импульсов на полупроводники приводит как к процессам, идущим вне полупроводника (образование газа и плазмы, нагревание плазмы излучением, ионизация газа), так и к процессам внутри – движение границы разрушения в глубину, увеличение температуры вблизи зоны воздействия лазерного луча, распространение в твердом теле волн сжатия и разряжения.

Рассмотрим влияние тепловых эффектов поражающего воздействия лазерного ослепляющего облучения на элементы современных фотоприемных устройств. При импульсном лазерном облучении некоторой поверхности по мере поглощения энергии лазерного импульса состояние поверхности проходит несколько стадий [3]:

а) вещество нагревается без изменения фазового состояния до высоких температур, при этом существенным с точки зрения возникновения необратимых повреждений фотоприемника является возникновение упругих волн в под-

ложке и механических напряжений в слоистой структуре фотоприемного устройства;

б) при увеличении длительности и/или интенсивности излучения вещество нагревается до температуры плавления. Приведены расчетные значения ряда металлов. Для алюминия [3] при «холодном» коэффициенте поглощения $\sim 10\%$ с учетом температурного увеличения поглощения пороговая энергия облучения, приводящая к плавлению, составляет $E_s \approx 2$ Дж/см² (длительность лазерного импульса $\tau_p = 1$ нс) и $E_s \approx 20$ Дж/см² при $\tau_p = 100$ нс.

В случае облучения полупроводников следует учитывать возникающие электронные процессы, в результате которых могут оставаться и долгоживущие последствия типа появления дополнительных уровней энергии в запрещенной зоне, изменения плотности поверхностных состояний, что приведет к ухудшениям в функционировании прибора;

в) при еще большей плотности мощности облучаемый металл нагревается до температуры интенсивного «развитого» испарения. Эта температура может превышать температуру кипения металла. В соответствии с [3] пороговые энергии облучения начала испарения для алюминия при «холодном» поглощении $\sim 10\%$ составляет $E_s \approx 3,85$ Дж/см² ($\tau_p = 1$ нс) и $E_s \approx 38,4$ Дж/см² при $\tau_p = 100$ нс.

Зона нагретого состояния в веществе увеличивается, начинается вынос материала с поверхности в виде пара и жидкой фазы, начинается образование лунки в области лазерного пятна и возникновение рельефа поверхности в виде микровыступов и микростолбиков.

После прекращения лазерного импульса остаточные явления в веществе, чаще всего, приводят к катастрофическим последствиям для функционирования облучаемых элементов электронных устройств. Фотоэмиттирующие поверхности в приборах типа ФЭУ и ЭОП в точках облучения могут потерять фоточувствительность, но сохраняют свою работоспособность в целом. Полупроводниковые структуры типа *p-n* переходов, МДП-слоев, зон с границами различных по проводимости областей необратимо потеряют свои электронные характеристики. Эти нарушения будут иметь место в объеме вещества, поглотившем энергию лазерного луча, и на поверхности.

Матричные полупроводниковые фотоприемные устройства содержат на подвергаемой воздействию света поверхности различные структурные элементы: фотоприемные ячейки, в которых, кроме фоточувствительной области, могут иметься электронные ключи, соединительные проводники, конденсаторы; соединительные металлические проводники между ячейками, формирующие матрицу из ячеек и необходимые для подачи напряжения питания и съема сигнала.

В зависимости от места попадания лазерного луча разрушения могут привести к отказу функционирования одной локальной ячейки или нескольких близко расположенных, или к повреждению всей строки матрицы, в которой может быть несколько тысяч ячеек, или к повреждению и отказу функционирования всей матрицы;

г) при дальнейшем увеличении уровня интенсивности облучения (10^8 – 10^9 Вт/см²) вещество нагревается до критической температуры, при которой на поверхности металла индуцируется переход «металл – диэлектрик», электропроводность металла уменьшается на несколько порядков, жидкий металл становится жидким диэлектриком.

Дальнейшее увеличение интенсивности лазерного импульса до значений более 10^9 Вт/см² приводит к режиму образования приповерхностной плазмы в парах облучаемого вещества.

Критерием повреждения прибора излучением в соответствии с тепловой моделью считаем достижение за время лазерного импульса температуры, близкой к температуре плавления.

Оценим значения уровней интенсивности лазерного облучения некоторых видов устройств наблюдения, приводящие к их повреждениям:

а) фотоэмиссионные приборы с многощелочным фотокатодом.

В фотокатодах, работающих на просвет, фотоактивный материал нанесен в виде полупрозрачного слоя на стеклянную прозрачную подложку. В состав катода входят сурьма и щелочные металлы: натрий, калий и цезий [27]. Фотокатод является полупроводником с кубической решеткой и проводимостью *p*-типа. Цезий присутствует в виде монокристаллической пленки, и стехиометрическая структура в объеме соответствует формуле Na_2KSb , хотя точное понимание состава катода отсутствует.

Толщина современных многощелочных катодов $d = 1\,000$ – $1\,350$ Å. Спектральные характеристики такого катода при толщине $1\,350$ Å приведены в работе [27]; можно рассчитать, что поглощение слоя полупроводника $A = 0,06$.

Фотокатоды являются структурами «пленка на подложке». При попадании на пленку фотокатода лазерного импульса он поглощает излучение всей своей толщиной и нагревается. При наносекундных импульсах можно в первом приближении пренебречь теплоотводом в стеклянную подложку, так как она имеет малую температуропроводность. При расчете температуры фотокатода используем выражение, не учитывающее изменение коэффициента отражения с увеличением температуры, так как начальное («холодное») значение отражения имеет большую величину и изменение его относительного значения не может быть большим:

$$\Delta T = \frac{AP_0\tau}{\rho cd}. \quad (4)$$

Задаваясь значениями k_T , ρ , c и $T_{пл}$ для сурьмы и предполагая, что пороговая температура пленки, при достижении которой фотокатод деградирует, равна температуре плавления катода (т. е. $\Delta T = T_{пл} = 290$ – 340 °С), при толщине $d = 1\,350$ Å и длительности импульса $\tau = 1$ нс, энергии E в импульсе $0,1$ Дж/см² получим $P_0 = 1,05 \cdot 10^8$ Вт/см²; при $\tau = 10$ нс получим $P_0 = 1,05 \cdot 10^7$ Вт/см²;

б) фотоэмиссионные приборы с катодом с отрицательным электронным средством.

В фотокатодах, работающих на просвет, слой монокристаллического полупроводника, например, арсенида галлия GaAs, имеет толщину 1–1,5 мкм и расположен на стеклянной подложке [27]. Слой легирован примерно до концентраций примеси $n = 10^{19} \text{ см}^{-3}$, например, цинком. На поверхности слоя формируют близкий к мономолекулярному слой CsO или другого соединения.

При известном значении показателя поглощения слоя его поглощение может быть определено по формуле:

$$A \approx (1 - R)[1 - \exp(-\alpha d)]. \quad (5)$$

Здесь d – толщина слоя фотокатода; α – показатель поглощения слоя фотокатода; A и R – поглощение и коэффициент отражения слоя на длине волны λ .

В табл. 1 приведен расчет пороговых значений интенсивности P_0 лазерного излучения, приводящего к разрушению фотокатодных слоев (n – концентрация легирующей примеси) для двух значений длительности ослепляющего лазерного импульса $\tau = 1 \text{ нс}$ и $\tau = 10 \text{ нс}$. Рассчитанные на основании спектральных зависимостей, приведенных в [27], для фотокатодных слоев из двух видов полупроводников значения поглощения слоев и пороговых значений плотности мощности лазерного излучения, падающего на фотокатод и приводящего к его повреждению.

Таблица 1

Расчет пороговых значений интенсивности P_0 лазерного излучения

Материал фотокатода	d , мкм	n , см^{-3}	λ , мкм	α , см^{-1}	A	R	P_0 , Вт/ см^2	
							1 нс	10 нс
GaAs	1,0	$2,6 \cdot 10^{19}$	0,96	300	0,02	0,3	$5,15 \cdot 10^9$	$5,15 \cdot 10^8$
$\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$	1,0	$1 \cdot 10^{19}$	1,05	7000	0,35	0,3	$2,94 \cdot 10^8$	$2,94 \cdot 10^7$

Расчет значения пороговой мощности произведен в соответствии с формулами (4) и (5) и значениями параметров полупроводников, приведенными в табл. 1;

в) фотоэлектронные полупроводниковые приборы на основе кремния.

На освещаемой поверхности линейки или матричного прибора – формирователя сигналов изображения – располагается на кремниевом кристалле многослойная структура из слоев окисла или нитрида кремния (изоляторы), металлические проводящие слои дорожек межсоединений, образующих конфигурацией

своих элементов топологическую схему фотоприемной поверхности. Для тепловых расчетов могут быть применены аналитические выражения [28] или численные вычисления.

Основное развитие в области фотоприемников изображения видимого и ближнего ИК-диапазонов спектра ($\lambda < 1,1$ мкм) получили фоточувствительные ПЗС-приборы (ФПЗС) и КМОП приборы [29].

Структура ФПЗС сформирована на кремниевом кристалле, фоточувствительные элементы являются МОП-конденсаторами. Если излучение попадает в прибор при использовании фронтального освещения, свет проходит через обкладку МОП-конденсатора, которая должна быть прозрачной, в качестве материала обкладки используют сверхтонкие слои сильнолегированного кремния или из прозрачных проводящих окислов, например, на основе окиси индий-олово.

В обращенной геометрии излучение проходит в зону МОП-конденсатора через полупроводник.

В КМОП структурах тонкий слой монокристаллического кремния расположен на диэлектрическом монокристалле, например, сапфире. Чувствительными элементами также являются МОП-конденсаторы или *p-i-n* переходы.

При попадании на структуру мощного импульса неодимового лазера излучение поглощается, в основном, в материале металлических дорожек и в полупроводниковых слоях. Поглощением в изолирующих слоях и сапфировой подложке можно пренебречь. Поглощенное излучение преобразуется в тепло. Наибольшую концентрацию тепловыделения можно ожидать в металлических дорожках и сильно легированных областях полупроводника. Оценочный расчет температуры слоев кремния с разной степенью легирования примесями произведем в предположении полубесконечной толщины кремниевой подложки по формуле [30, 31], дающей распределение температуры в подложке во время лазерного импульса облучения:

$$\Delta T(z, t) = \frac{\varepsilon P_0}{2\alpha k_T} \left\{ \begin{array}{l} 4\alpha (at)^{1/2} \operatorname{ierfc}\left(\frac{z}{2(at)^{1/2}}\right) - 2e^{-\alpha z} + e^{\alpha^2 at} \times \\ \times \left[e^{-\alpha z} \operatorname{erfc}\left(\alpha\sqrt{at} - \frac{z}{2\sqrt{at}}\right) + e^{\alpha z} \operatorname{erfc}\left(\alpha\sqrt{at} + \frac{z}{2\sqrt{at}}\right) \right] \end{array} \right\}. \quad (6)$$

Здесь α – коэффициент поглощения падающего излучения поверхностью; z – расстояние от поверхности подложки; k_T – коэффициент теплопроводности материала подложки,

$$\operatorname{ierfc}(u) = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \exp(-u^2) - u \cdot \operatorname{erfc}(u) \quad (7)$$

где $u = \frac{z}{2(at)^{1/2}}$.

При $z = 0$ получим температуру на поверхности:

$$T(0,t) \approx \frac{\varepsilon P_0}{\alpha k_T} \left[\frac{2\alpha\sqrt{at}}{\sqrt{\pi}} - 1 + e^{\alpha^2 at} \operatorname{erfc}(\alpha\sqrt{at}) \right]. \quad (8)$$

Расчитанное распределение величины $\Delta T(z,t)/P_0$ в подложке при импульсном облучении кремния для двух значений коэффициента поглощения излучения показано на рис. 1, 2.

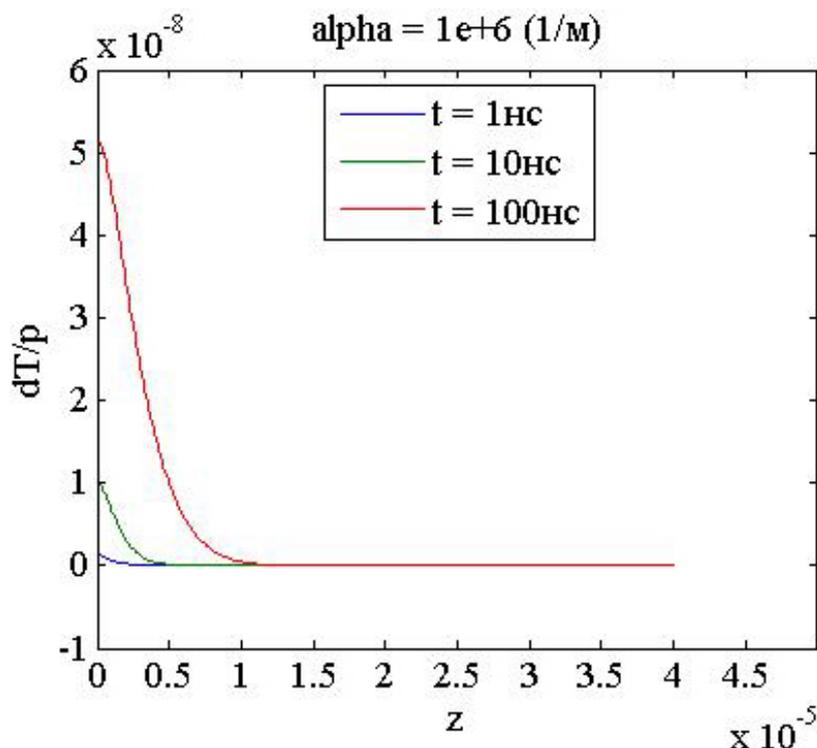


Рис. 1. Распределение температуры в кремниевой подложке в конце лазерного импульса облучения длительностью 1, 10 и 100 нс при коэффициенте оптического поглощения кремния $\alpha = 10^4 \text{ см}^{-1}$

Справа на рис. 2 представлена нижняя кривая (1 нс) в увеличенном масштабе. Из рисунков можно видеть, что при плотности мощности падающего излучения $P_0 = 10^{12} \text{ Вт/м}^2$, длительности импульса 10 нс приращение температуры на поверхности подложки с коэффициентом поглощения $\alpha = 10^4 \text{ см}^{-1}$ составляет $10^4 \text{ }^\circ\text{C}$, при коэффициенте поглощения $\alpha = 300 \text{ см}^{-1}$ поверхность нагревается на $50 \text{ }^\circ\text{C}$, при этом энергия в импульсе падающего излучения составляет $1,0 \text{ Дж/см}^2$. Температуры на расстоянии от поверхности $0,5 \text{ мкм}$ составляют 100 и $50 \text{ }^\circ\text{C}$ при длительности импульса 10 нс и коэффициентах поглощения излучения $\alpha = 10^4 \text{ см}^{-1}$ и $\alpha = 300 \text{ см}^{-1}$, соответственно.

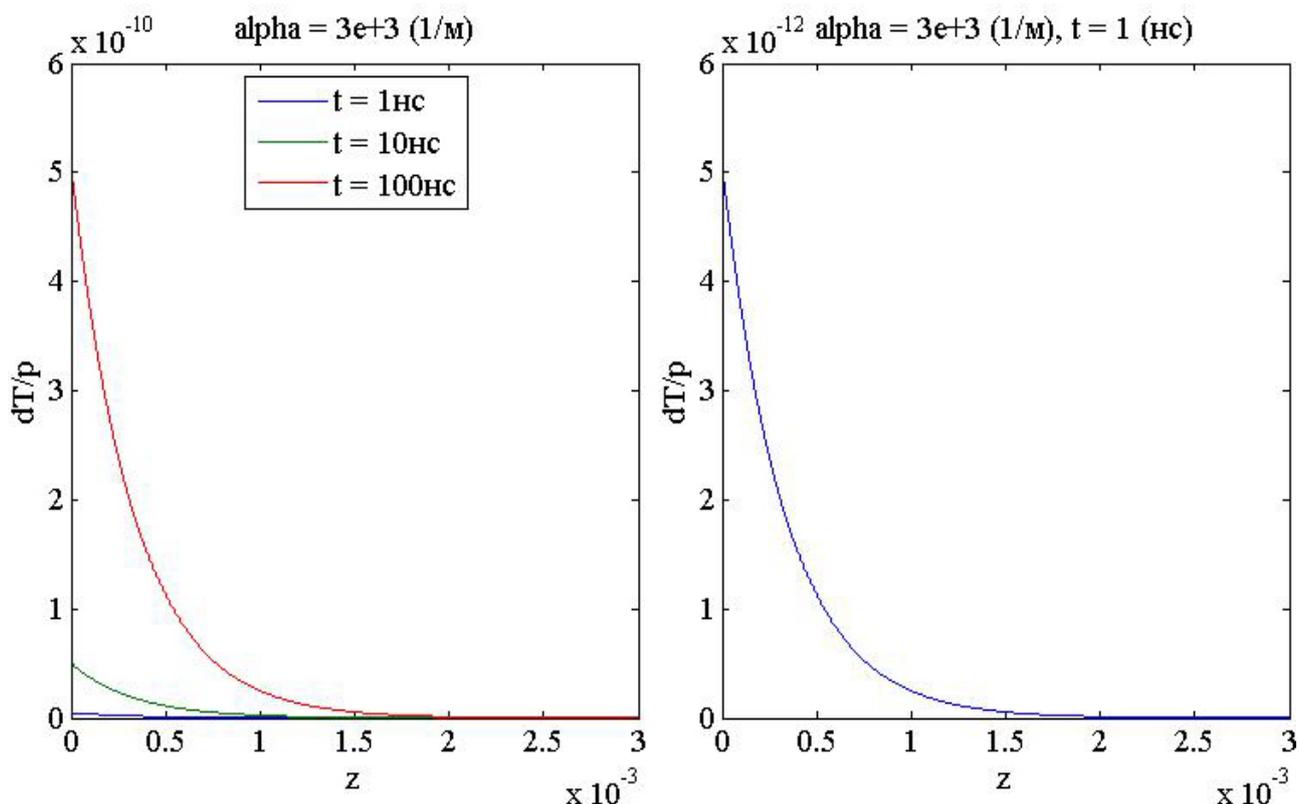


Рис. 2. Распределение температуры в кремниевой подложке в конце лазерного импульса облучения длительностью 1, 10 и 100 нс при коэффициенте оптического поглощения кремния $\alpha = 300 \text{ см}^{-1}$

Все расчеты проводились для неизменной величины коэффициента поглощения кремния, не учитывалось, что при нагревании этот коэффициент увеличивается.

Можно видеть, что при длительности лазерного импульса 10 нс поверхность кремния может плавиться, но на глубине 0,5 мкм температура существенно ниже опасного предела. Укорочение импульса оставляет кремний не поврежденным.

В табл. 2 приведены вычисленные значения плотности мощности падающего на кремний излучения, повышающего температуру на глубине 0,5 мкм до значения, близкого к температуре плавления кремния ($T_{пл} = 1415 \text{ °C}$) при использовании излучения с длиной волны 1,06 мкм ($\alpha = 300 \text{ см}^{-1}$).

Расчет значения пороговой мощности произведен в соответствии с формулой (6) и значениями теплофизических параметров полупроводников, указанных в работах [5–9].

Повреждающим фактором для алюминиевых дорожек необходимо считать их разрушение (образование кратера) под действием облучения, что происходит при достижении температуры кипения. Алюминиевые дорожки на поверх-

ности кристалла имеют в ИК-диапазоне высокий коэффициент отражения падающего излучения, что обеспечивает им устойчивость к облучению, несмотря на низкое значение температуры плавления алюминия.

Алюминий прогревается с поверхности, в отличие от кремния, и необходимо учитывать, что глубина прогрева меньше толщины слоя проводника, определяется при коротких лазерных импульсах длиной тепловой волны в нем. Для оценки пороговой мощности используем выражение (3), в котором под ΔT_{\max} необходимо понимать разницу между температурой кипения и комнатной температурой.

Таблица 2

Расчет пороговых значений интенсивности P_0 лазерного излучения, приводящего к разрушению кремниевых фотоприемных элементов для двух значений длительности ослепляющего лазерного импульса $\tau = 1$ нс и $\tau = 10$ нс

Материал фотоприемника	ϵ	d , мкм	λ , мкм	α , см ⁻¹	P_0 , Вт/см ²	
					1 нс	10 нс
Si/As [24] Si/B [24]	0,7	1,0	1,06	300–500	$2,8 \cdot 10^{14}$	$2,8 \cdot 10^{13}$
Si	0,7	0,5	0,53	10^4	$3,5 \cdot 10^{12}$	$3,5 \cdot 10^{11}$

Подставив данные [5], найдем: при толщине дорожки 1 мкм пороговая плотность мощности $P_0 \approx 2,2 \cdot 10^{13}$ Вт/см² при $\tau = 1$ нс; $P_0 = 2,2 \cdot 10^{12}$ Вт/см² при $\tau = 10$ нс.

Сравнение результатов поражающей мощности лазерного облучения полупроводниковых слоев и алюминиевых проводников на длине волны неодимового лазера показывает, что проводники разрушаются [32, 33] при мощности облучения, на порядок меньшей мощности, повреждающей полупроводниковую подложку.

В табл. 3 помещены сводные результаты расчетов лучевой стойкости рассмотренных выше фотоприемных устройств (пороговых мощности и энергии импульса) при импульсном лазерном облучении структур.

При расчетах порогов с целью упрощения не учитывался теплоотвод от нагреваемых излучением слоев к соседним. Наибольшая погрешность возникает при этом при длительности импульса 10 нс, результаты таблицы можно в этой части считать заниженными на 10–50 %.

Таблица 3

Оценка пороговой мощности P_0 и пороговой энергии E_0 поражения фоточувствительных структур и их элементов при импульсном лазерном облучении

Фоточувствительная структура, длина волны облучения	1 нс	10 нс	E_0 , Дж/см ²
	P_0 , Вт/см ²	P_0 , Вт/см ²	
Многощелочные катоды, $\lambda = 1,06$ мкм	10^8	10^7	0,1
Фотокатоды с отрицательным средством на <i>GaAs</i> , $\lambda = 0,96$ мкм	$5,15 \cdot 10^9$	$5,15 \cdot 10^8$	5,15
Фотокатоды с отрицательным средством на <i>In_xGa_{1-x}As</i> , $\lambda = 1,05$ мкм	$2,9 \cdot 10^8$	$2,9 \cdot 10^7$	0,29
Кремниевые фотоэлектронные приборы, $\lambda = 1,06$ мкм: - алюминиевые проводники; - фоточувствительный слой	$2,2 \cdot 10^9$	$2,2 \cdot 10^8$	2,2
	$2,8 \cdot 10^{10}$	$2,8 \cdot 10^9$	28
Кремниевые фотоэлектронные приборы, $\lambda = 0,5$ мкм: - алюминиевые проводники; - фоточувствительный слой	$2,2 \cdot 10^9$	$2,2 \cdot 10^8$	2,2
	$3,5 \cdot 10^9$	$3,5 \cdot 10^8$	3,5

Из приведенных данных следует, что фотоэмиссионные приборы более чувствительны к лазерному необратимому воздействию, чем полупроводниковые; оба класса приборов обладают большей стойкостью к коротким импульсам. При прочих равных условиях лучевая прочность устройств в более коротковом диапазоне спектра (видимом и ближнем ИК-излучении) существенно меньше. Энергия в импульсе, приводящая к разрушению, в рассматриваемом диапазоне длительностей облучения не зависит от длительности. Полупроводниковые фотоприемники, не имеющие алюминиевой разводки в поле облучения, имеют лучевую прочность, на два порядка величины большую в сравнении с фотоэмиссионными приборами, наличие алюминиевых проводников ухудшает лучевую прочность.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Becker Michael F., et al. Laser-induced functional damage to silicon CCD sensor arrays/ Proc. SPIE Vol. 1624, p. 67–79, Laser-Induced Damage in Optical Materials: 1991.

2. Li Gang, et al. Laser-induced damages to charge coupled device detector using a high-repetition-rate and high-peak-power laser. / *Optics & Laser Technology*, Volume 47, April 2013, Pages 221–227.
3. Взаимодействие лазерного излучения с металлами / А. М. Прохоров, В. И. Конов, И. Урсу, И. Н. Михэилеску. – М.: Наука, 1988.
4. Лазнева Э. Ф. Лазерная десорбция. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1990.
5. Физические величины: справ. / под. ред. И. С. Григорьева, Е. З. Мейлихова. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 1232 с.
6. Optical properties of metals I: the transition metals, $0.1 < h\nu < 500$ eV. Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Zr, Nb, Mo, Ru, Rh, Pd, Hf, Ta, W, Re, Os, Ir, Pt / J. H. Weaver, C. Krafka, D. W. Lynch, E. E. Koch. – Karlsruhe, FRG: Fachinformationzentrum, 1981. – 300 pp.
7. Кочкарев Д. В. Экспериментальное исследование лазерно-индуцированных процессов формирования микростолбиковых структур // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «СибОптика-2013» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 1. – С. 164–171.
8. Чесноков В. В., Чесноков Д. В., Кочкарев Д. В. Исследование лазерно-индуцированных процессов формирования микростолбиковых структур на поверхности кремниевой пластины // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «СибОптика-2013» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 1. – С. 130–142.
9. Hagemann H.-J., Gudat W., Kunz C. Optical constants from the far infrared to the X-ray region: Mg, Al, Cu, Ag, Au, Bi, C and Al₂O₃ // *J. Opt. Soc. Am.* 1975. – Vol. 65, no. 6. – Pp. 742–744.
10. Чесноков В. В., Резникова Е. Ф., Чесноков Д. В. Лазерные наносекундные микротехнологии / Под общ. ред. Д. В. Чеснокова. — Новосибирск: СГГА, 2003. — 300 с.
11. Кочкарев Д. В. Акустооптический датчик импульсных давлений в атмосфере // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Специализированное приборостроение, метрология, теплофизика, микротехника, нанотехнологии» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск: СГГА, 2012. Т. 2. – С. 3–9.
12. Вейко В. П. Лазерная обработка пленочных элементов. – Л.: Машиностроение, 1986.
13. Действие излучения большой мощности на металлы / С. И. Анисимов, Я. А. Имас, Г. С. Романов, Ю. В. Ходыко. – М.: Наука, 1970.
14. Фистуль В. И. Сильно легированные полупроводники. – М.: Наука, Гл. ред. ф.-мат. лит-ры, 1967.
15. Арутюнян Р. В., Баранов В. Ю., Большов Л. А. Воздействие лазерного излучения на материалы. – М.: Наука, 1989.
16. Емельянов В. И., Семиногов В. Н. Лазерно-индуцированные неустойчивости рельефа поверхности и изменение отражательной и поглощательной способности конденсированных сред // *Итоги науки и техники. Сер. Физ. основы лазер. и пучковой технологии.* – М.: ВИНТИ, 1989. – Т. 3. – С. 57–91.
17. Чесноков Д. В., Чесноков В. В., Никулин Д. М., Кочкарев Д. В. Лазерная ретушь оптической неравномерности воздушных промежутков в многолучевых интерферометрах // ГЕО-Сибирь-2011. VII Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2011 г.). – Новосибирск: СГГА, 2011. Т. 5, ч. 2. – С. 113–116.
18. Бахарев М. С., Миркин Л. И., Шестериков С. А. Структура и прочность материалов при лазерных воздействиях. – М.: Изд-во Моск. универ., 1988. – 224 с.
19. Корнеев В. С., Райхерт В. А., Кочкарев Д. В. Экспериментальное определение модуля упругости Юнга многослойной консольной микробалки // ГЕО-Сибирь-2011. VII Меж-

дунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2011 г.). – Новосибирск: СГГА, 2011. Т. 5, ч. 2. – С. 128–131.

20. Чесноков В. В., Чесноков Д. В., Кочкарев Д. В. Исследование влияния сил поверхностного натяжения на процессы формирования микроструктур методом LCVD // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Специализированное приборостроение, метрология, теплофизика, микротехника, нанотехнологии» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск: СГГА, 2012. Т. 2. – С. 100–109.

21. Рэди Д. Действие мощного лазерного излучения. – М.: Мир, 1974.

22. Грасюк А. З., Зубарев И. Г. Взаимодействие полупроводников с интенсивными световыми потоками // ФТП. – 1969. – Т. 3, № 5. – С. 677–680.

23. Володькина В. П., Комолов В. П. Кинетика теплового пробоя полупроводников под действием света // ЖТР. – 1975. – Т. 45, № 1. – С. 134–137.

24. Кузнецов М. В., Кочкарев Д. В. Экспериментальное исследование осаждения тонких пленок металлов методом наносекундного LCVD // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Специализированное приборостроение, метрология, теплофизика, микротехника, нанотехнологии» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск: СГГА, 2012. Т. 2. – С. 132–137.

25. Sooy W. R., Geller M., Bertfeld D. P. Switching of semiconductor reflectivity by a giant pulse laser // Appl. Phys. Lett. – 1964. – Vol. 5, no. 3. – Pp. 54–56.

26. Разработка методики лазерного пиролитического осаждения углеродных пленок на никелевых подложках / Е. В. Лаптев, В. В. Чесноков, Д. В. Чесноков, Д. В. Кочкарев // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «СибОптика-2013» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 1. – С. 154–158.

27. Кондрашев В. Е. Оптика фотокатодов. – М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит-ры, 1976.

28. Чесноков В. В., Чесноков Д. В., Райхерт В. А. Термомеханические процессы, инициированные импульсным лазерным излучением в слоистых наноструктурах // Вестник СГГА. – 2010. – Вып. 1 (12). – С. 123–133.

29. Ермаков О. Н. Прикладная оптикоэлектроника. – М.: Техносфера, 2004. – 416 с.

30. Дьюли У. Лазерная технология и анализ материалов. – М.: Мир, 1986.

31. Вейко В. П. и др. Взаимодействие лазерного излучения с веществом. Силовая оптика; Под ред. чл.-кор. РАН В. И. Конова. – М.: Физматлит. – 2008. – 312 с.

32. Чесноков В. В., Чесноков В. Д. Формирование объемных структур на подложках методом лазерного переноса // Вестник СГГА. – 2002. – Вып. 7. – С. 183–188.

33. Чесноков Д. В. Пластическое течение металла при ударном воздействии лазерного луча и формирование объемных конструкций в тонких пленках // Вестник СГГА. – 2000. – Вып. 5. – С. 117–121

Получено 16.08.2013

© Д. В. Кочкарев, В. В. Чесноков, Д. В. Чесноков, 2013

УДК 623.4

РАССЕЯНИЕ СВЕТА ОТ ПОВЕРХНОСТИ ЛАЗЕРНОЙ КЕРАМИКИ

Валерик Сергеевич Айрапетян

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, доктор технических наук, заведующий кафедрой специальных устройств и технологий СГГА, тел. (383)361-07-31, e-mail: v.s.airapetyan@ssga.ru

Павел Алексеевич Береза

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, студент гр. ОК-31

В статье приведены результаты исследований оптических и спектроскопических характеристик лазерных керамических материалов. Показано, что интегральная интенсивность рассеяния от керамической поверхности составляет около 98 % от падающей интенсивности.

Ключевые слова: лазерная керамика, интегральная интенсивность рассеяния, редкоземельные элементы, диффузное рассеяние.

LIGHT SCATTERING FROM LASER CERAMICS SURFACE

Valerik S. Airapetyan

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., head of the Department of Special Devices and Technologies, tel. (383)361-07-31, e-mail: v.s.airapetyan@ssga.ru

Pavel A. Beryoza

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Student

The research results concerning optical and spectroscopic characteristics of laser ceramics materials are presented. The ceramic surface integral scattered intensity is shown to be about 98% of incident radiation.

Key words: laser ceramics, integral scattered intensity, rare-earth elements, diffuse scattering.

Введение

Особый интерес к керамическим материалам для использования в качестве излучателей лазерных устройств появился примерно с 1995 г. [1]. Это обусловлено прежде всего тем, что можно получить образцы лазерной керамики с высокой однородностью и больших размеров за короткое время. Результаты исследования ряда работ [2–7] по оптическому поглощению, спектрам флуоресценции, деполяризации, температурных свойств керамических материалов позволяют применять их в качестве излучателей в мощных лазерных системах.

В последние годы значительное количество публикаций посвящено исследованию структуры, физических и спектральных свойств диффузных лазерных излучателей из керамических материалов, легированных ионами редкоземельных элементов [8–10].

Легированные редкоземельные ионы расширяют прозрачность спектрального диапазона; вместе с тем данные материалы обладают высокой теплопроводностью, механической и радиационной стойкостью.

В настоящее время продолжают работы по исследованию оптических свойств керамики CaF_2 , активированных ионами Tm^{3+} .

Целью настоящей работы являлось исследование оптической однородности, спектральных свойств и диффузного рассеяния лазерной керамики $\text{CaF}_2:\text{Tm}^{3+}$ в широком диапазоне длин волн ($\lambda = 0,405 - 1,064$ мкм).

Лазерная керамика $\text{CaF}_2:\text{Tm}^{3+}$ была выращена методом вертикально направленной кристаллизации (метод Бриджмена) в вакуумированной камере в графитовых тиглях. Образцы $\text{CaF}_2:\text{Tm}^{3+}$ получены методом глубокой пластической деформации и имели различные формы.

Экспериментальная установка и результаты исследований

Для исследования оптических свойств лазерной керамики $\text{CaF}_2:\text{Tm}$ была создана специальная экспериментальная установка с различными лазерными источниками [11].

Интегральная интенсивность обратно рассеянного излучения в диапазоне длин волн от 0,4 до 1,064 мкм измерялась на экспериментальной установке, оптическая схема которой приведена на рисунке.

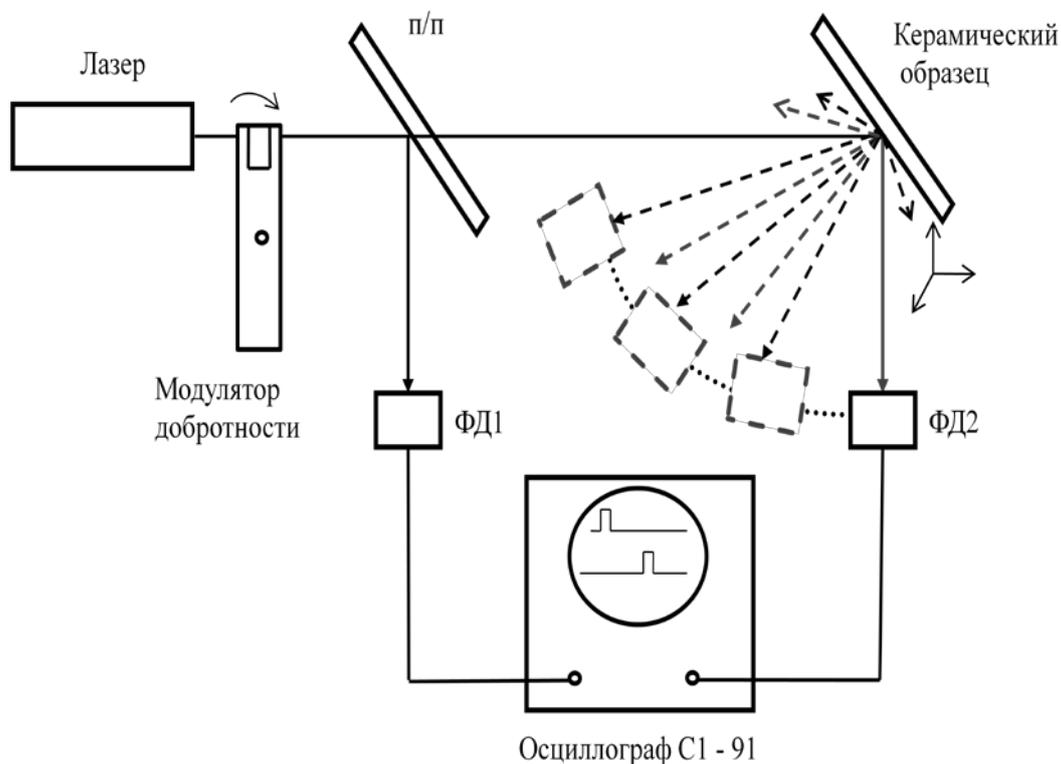


Рис. Оптическая схема экспериментальной установки для измерения интенсивности рассеянного лазерного излучения от керамической поверхности

Линейно поляризованное лазерное излучение после модуляции падает на плоскопараллельную стеклянную пластину, часть (~8 %) излучения отражается и поступает на вход первого фотодетектора из PbS (ФД1).

Электрический сигнал от этого фотоприемника, зарегистрированного на первом канале осциллографа, необходим для контроля мощности лазерного излучения. Основная часть лазерного излучения, проходя через плоскопараллельную пластину (П/П), попадает на керамический образец, установленный на трехкоординатный столик, который позволяет перемещение образца по трем координатным осям.

Такие перемещения дают возможности получения обратно рассеянного излучения с произвольной точки керамической поверхности. Необходимо отметить, что интенсивность обратно рассеянного излучения при линейном перемещении образца не изменяется от центра образца к периферии.

Для регистрации обратно рассеянного излучения использовался идентичный фотоприемник PbS (ФД2), установленный на вращающемся столике на расстоянии $r = 10$ см от рассеивающей поверхности. Регистрация сигнала происходила на втором канале осциллографа. Вращения вокруг вертикальной и горизонтальной осей от 0 до 180° совершаются с точностью до 1° .

В работе была измерена зависимость интенсивности диффузно рассеянного излучения от телесного угла с шагом 30° по вертикали и горизонтали. Результаты измерений обратно рассеянного излучения систематизированы и приведены в таблице.

Таблица

Вид керамики	Длина волны λ , нм	U_0 , В	$U(\theta)$, мВ				$U(\psi)$, мВ			
			30°	60°	120°	150°	30°	60°	120°	150°
Керамика с глазурью	405	18,4	6	4	6	4	10	6	10	4
	532	5 277,8	170	140	180	140	180	150	160	150
	640	444,4	65	40	70	40	45	45	50	35
	1 064	543,3	81	62	91	63	73	72	82	57
Керамика без глазури	405	18,4	6	4	4	4	8	6	6	6
	532	5 277,8	160	100	160	110	180	170	170	150
	640	444,4	65	30	60	30	60	40	65	55
	1 064	543,3	83	42	79	47	87	58	92	83

В таблице приняты следующие обозначения: U_0 – амплитуда электрического сигнала, полученного от ФД1, она эквивалентна интенсивности падающей на образец лазерного излучения, $U(\theta)$, $U(\psi)$ – амплитуда рассеянного от керамической поверхности электрического сигнала по горизонтальной и вертикальной осям, соответственно. Поскольку электрические сигналы эквивалентны

интенсивности лазерного излучения, интегральную интенсивность обратно рассеянного излучения можно вычислить согласно уравнению Эйнштейна

$$I = I_0 (\pi^2 S / 2\lambda^4 L^2) (\Delta\varepsilon)^2 (1 + \cos^2\theta), \quad (1)$$

где $\Delta\varepsilon = (\Delta n)^2$ – наведенное лазерным излучением изменение показателя преломления среды; λ – длина волны лазера; L – расстояние от рассеивающей поверхности до фотодетектора; I_0 – интенсивность падающего излучения; θ – телесный угол рассеяния; S – площадь светового пятна лазера.

При малой интенсивности лазерного излучения локальным изменением показателя преломления можно пренебречь [12, 15].

Согласно уравнению (1), был вычислен коэффициент обратно рассеянного диффузного излучения для четырех фиксированных лазерных длин волн ($\lambda_1 = 0,405$ мкм, $\lambda_2 = 0,532$ мкм, $\lambda_3 = 0,64$ мкм, $\lambda_4 = 1,064$ мкм).

Анализ показал, что интегральная интенсивность диффузного рассеяния составляет приблизительно 98 % от падающего излучения. Это означает, что коэффициент ослабления света керамикой на глубине 1 мм, вычисленный согласно уравнению [13, 14]

$$\alpha(\lambda) = -(1/h) \ln[I(\lambda)/I_0(\lambda)(1 - R)^2], \quad (2)$$

составляет $\sim 2,02$ см⁻¹.

В формуле (2) h – толщина керамики; $I_0(\lambda)$ и $I(\lambda)$ – интенсивности падающего и интегрально рассеянного лазерного излучения; $R = [n(\lambda) - 1]^2 / [n(\lambda) + 1]^2$ – френелевский коэффициент отражения; $n(\lambda)$ – показатель преломления на данной длине волны.

Заключение

Таким образом, в данной работе представлены результаты экспериментального исследования керамики $\text{CaF}_2:\text{Tm}^{3+}$ оптическим методом. Установлено, что коэффициент обратного рассеяния для четырех фиксированных длин волн ($\lambda_1 = 0,405$ мкм, $\lambda_2 = 0,532$ мкм, $\lambda_3 = 0,64$ мкм, $\lambda_4 = 1,064$ мкм) составляет приблизительно 98 %. Выполненная оценка коэффициента ослабления света керамикой свидетельствует о том, что спектральные свойства лазерного излучателя из керамики $\text{CaF}_2:\text{Tm}^{3+}$ позволят повысить энергосъем лазерного излучения, а также эффективность преобразования энергии излучения лазера накачки в энергию излучения перестраиваемого лазера.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Iksue A., Furusato I., Kamata K.J., Am.Ceram.Soc., 78, 225 (1995).
2. Kracht D., Frede M., Wilhelm R., Fallnich C., Opt. Express, 13, 6212, (2005).
3. Omatsu T., Nawata K., Sauder D., Minassian A., Damasen M. J., Opt. Express, 14, 8198 (2006).

4. Айрапетян В. С. Внерезонаторная параметрическая генерация с плавной и (или) дискретной перестройкой частоты излучения // Вестник НГУ. Сер. Физика. – 2009. – № 3. – С. 20–24.
5. Кузнецов М. М., Носков М. Ф. Двухлучевой интерферометр повышенной чувствительности для регистрации сверхмалых подвижек тектонических плит // Известия Вузов. Горный журнал. – 2007. – № 4. – С. 58–61.
6. Скоков И. В., Носков М. Ф. Нелинейная фоторегистрация двухлучевых интерференционных картин // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 1984. – № 1. – С. 32.
7. Айрапетян В. С., Бакуменко М. С., Губин С. Г. Методы обнаружения взрывчатых веществ // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «СибОптика-2013» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 2. – С. 170–177.
8. Антипов О. Л. Структурные, оптические и спектроскопические свойства новой керамики $\text{Lu}_2\text{O}_3:\text{Tm}^{3+}$ и эффективная двухмикронная генерация лазера на ее основе // Квантовая электроника. – 2011. – Т. 41. – № 10. – С. 863–868.
9. Каминский А. А. Фононная спектроскопия структуры оксидных кристаллокерамик // Квантовая Электроника. – 2013. – Т. 43. – № 3. – С. 282.
10. Айрапетян В. С., Бутримов И. С., Комбаров М. С. Основные аспекты контроля параметров прицельной техники в ходе полигонных испытаний // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «СибОптика-2013» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 2. – С. 178–183.
11. Айрапетян В. С., Широкова Т. А. Кольцевая схема параметрического генератора света // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Специализированное приборостроение, метрология, теплофизика, микротехника, нанотехнологии» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск: СГГА, 2012. Т. 2. – С. 110–115.
12. Ватник С. М., Осипов В. В., Ведин И. А., Курбатов П. Ф. Исследование генерационных характеристик лазерной керамики 1 % Nd:YAG // Квантовая электроника. – 2013. – Т. 43. – № 4. – С. 288.
13. Лазерная керамика из оксида иттрия, активированного неодимом / С. Н. Багаев и др. // Квантовая Электроника. – 2008. – Т. 38. – № 9. – С. 840.
14. Носков М. Ф. Повышение отношения сигнал/шум при создании высокочувствительных интерференционных детекторов гравитационных волн // Фундаментальные исследования. – 2007. – № 7. – С. 78.
15. Айрапетян В. С., Губин С. Г. Устройства для измерения скорости боеприпасов // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 1 (21). – С. 73–78.

Получено 24.07.2013

© В. С. Айрапетян, П. А. Береза, 2013

УДК 528.517: 537.715.1

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАЛЬНЫХ СКОРОСТЕЙ ОПТИЧЕСКИХ ВОЛН ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПРЕЦИЗИОННЫХ ИНТЕРФЕРЕНЦИОННЫХ И СВЕТОДАЛЬНОМЕРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Александр Владимирович Кошелев

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, профессор кафедры специальных устройств и технологий, тел. (383)361-04-82, e-mail: alvlkosh@yandex.ru

Анна Александровна Дубинина

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, аспирант кафедры инженерной геодезии и информационных систем, тел. (961)874-98-90, e-mail: dubinina_a@bk.ru

В статье экспериментально подтверждено существование в диспергирующих средах только групповых скоростей волн. Использование фазовых скоростей волн в современной лазерной дальнометрии является источником дополнительных погрешностей. Отмечено, что любой экспериментально измеренный показатель преломления диспергирующей среды в действительности является групповым, а ошибочно его называют «фазовым показателем преломления». Для реализации практической значимости данных исследований особое внимание в статье акцентируются на использовании именно корректных формул определения группового показателя преломления оптических волн в атмосфере.

Ключевые слова: лазерная дальнометрия, диспергирующие среды, тропосфера, групповая скорость, фазовая скорость, модуляция электромагнитной волны, детерминированные сигналы, лазерный интерферометр, лазерный треккер, светодальномер-рефрактометр.

RESEARCH OF REAL VELOCITIES OF OPTICAL WAVES BY THE RESULTS OF PRECISE INTERFEROMETER AND OPTICAL RANGE FINDER MEASUREMENTS

Alexander V. Koshelev

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., prof., Department of Special Devices and Technologies, tel. (383)361-04-82, e-mail: alvlkosh@yandex.ru

Anna A. Dubinina

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Post-graduate student, Department of Engineering Geodesy and Information Systems, tel. (961)874-98-90, e-mail: dubinina_a@bk.ru

The paper presents an experimental confirmation of the fact that in dispersive media only group wave velocities may exist. Application of phase wave velocities in current laser ranging results in additional errors. It is noted that any experimentally measured refractive index of dispersive medium is actually a group index which is wrongly referred to as "a phase refractive index". To realize practical importance of this research special attention should be paid to the correct formulas to be used for determining the group refractive index of optical waves in atmosphere.

Key words: laser ranging, dispersive media, troposphere, group velocity, phase velocity, electromagnetic wave modulation, deterministic signals, laser interferometer, laser tracker, optical range-finder refractometer.

В настоящее время в современной физике [1, 3, 13], а также в лазерной дальнометрии [2] общепринято считать, что в диспергирующих средах (ДС), к которым относится земная тропосфера, модулированные, например, по амплитуде световые волны распространяются с групповыми скоростями, а их несущие волны – с фазовыми скоростями [1, 2]. Под модуляцией электромагнитной волны (ЭМВ) понимается любое изменение, какого-либо параметра волны во времени. Модулирующими могут быть случайные и (или) детерминированные сигналы. Модулируемыми параметрами волн могут быть: амплитуда, частота, фаза или плоскость поляризации. Это позволяет полагать, что любое реальное излучение ЭМВ всегда модулировано. В существующих лазерных интерферометрах при выполнении измерений для введения поправок за показатель преломления диспергирующей среды используется фазовый показатель преломления воздуха n_p , а в модуляционных фазовых светодальномерах используется групповой показатель преломления n_g .

Известно, что для учета влияния атмосферы на результаты интерферометрических измерений используется корректная зависимость показателя преломления оптических волн в атмосфере от длины волны, полученная по результатам экспериментальных интерферометрических измерений [10] шведским физиком Б. Эдленом. Эта формула, представленная в форме уравнения Коши, для группового индекса показателя преломления N_{0g} будет иметь вид

$$N_{0g} = (n_{0g} - 1)10^6 = 272,6129 + \frac{1,5294}{\lambda^2} + \frac{0,01367}{\lambda^4}. \quad (1)$$

Здесь n_{0g} – показатель преломления для следующих стандартных метеоусловий: $T_0 = 288,15$ К – температура в градусах Кельвина ($t_0 = 15$ °С), $P_0 = 1\,013,25$ мб – давление (760 мм. рт. ст.), влажность $e = 0$ (сухой воздух) и 0,03 % углекислого газа в воздухе; λ – длина волны в мкм.

Для стандартных условий связь между групповым n_{0g} и фазовым n_{0p} показателями преломления оптического излучения с длиной волны λ в ДС осуществляется с помощью известного уравнения Рэлея [1]

$$n_{0g} = n_{0p} - \lambda \left(\frac{dn_{0p}}{d\lambda} \right). \quad (2)$$

Подчеркнем, что в настоящее время в модуляционных фазовых и импульсных лазерных дальномерах, вместо корректного значения индекса показателя преломления, определяемого уравнением (1), используется некорректная формула [6]

$$N'_{0g} = (n'_{0g} - 1)10^6 = 272,6129 + \frac{3 \cdot 1,5294}{\lambda^2} + \frac{5 \cdot 0,01367}{\lambda^4}, \quad (3)$$

применение которой по сравнению с корректной формулой (1) приводит к существенному искажению результатов измерений в сторону их увеличения в режиме работы дальномера. При этом формула (3) получена с использованием выражений (1) и (2), причем корректность первого сомнений не вызывает. Отсюда очевидна ошибочность выражения (2), которую мы обсудим в дальнейшем.

Для продолжения ранее выполненных исследований [2, 3] в этой работе на основе одновременных интерферометрических и модуляционных прецизионных измерений покажем, что формулы (2) и (3) являются физически ошибочными, а несущие и модулированные волны распространяются в ДС с групповыми скоростями.

В специальной литературе по лазерной дальнометрии [2, 5, 11, 12, 14] формула (1) ошибочно носит название фазового индекса показателя преломления [1], поскольку формула (1) получена с применением реального излучения, которое нестабильно по частоте и ограничено по времени. Следовательно, излучение модулировано дважды:

- по частоте случайным сигналом;
- по амплитуде прямоугольным импульсом включения и выключения, поэтому оптическое излучение распространяется в диспергирующей атмосфере только с групповой скоростью.

Это позволяет сделать принципиально важный вывод – фактически Б. Эдлен определил из интерферометрических измерений групповой показатель преломления n_{0g} (group refractive index), который в настоящее время неправомерно называется фазовым показателем преломления.

В результате возникла ситуация, при которой для интерферометрических измерений замена названия фазового показателя преломления n_{0p} на групповой n_{0g} не меняет правильности использования формулы (1), рекомендуемой для корректировки расстояний за показатель преломления атмосферы измеренных как интерферометрами, так и модуляционными светодальномерами.

Использование только групповых скоростей волн в ДС объясняется тем, что любые реальные волны уже всегда являются модулированными, по частоте, фазе и амплитуде. Например, частотная модуляция любых реальных волн по случайному закону всегда существует из-за нестабильности их частоты. Дополнительная амплитудная модуляция волн, помимо их естественной случайной модуляции по амплитуде, происходит по импульсному закону при включении и выключении источников реальных волн.

Кратко остановимся на истории этих вопросов, представленных как в физической, так и в специальной литературе. По-видимому, первым, кто в 1957 г. для геодезической светодальнометрии усомнился в существовании фазовой скорости в диспергирующей тропосфере и правильности использования формулы Рэлея (1) для получения групповой скорости, был тогда еще молодой ас-

пирант М. Т. Прилепин. Сущность его экспериментальных исследований заключалась в непосредственном измерении фазовым светодальномером дисперсионной разности хода модулированных оптических лучей с длинами несущих волн λ_1 и λ_2 сквозь стеклянную призму. В результате им было обнаружено, что измеренное значение дисперсионной разности хода в стекле в 2,5 раза не совпадает с его вычисленным значением разности хода лучей, полученного с помощью группового показателя преломления по формуле (1).

Таким образом, еще в 1957 г. было экспериментально выявлено, что при использовании групповых скоростей, полученных через фазовые скорости волн с помощью уравнения Рэлея (1), «само значение разности фаз отягощено большими систематическими ошибками, превосходящими в несколько раз измеряемую величину» [5]. Однако эти важнейшие физические эксперименты впоследствии не были по достоинству оценены при выполнении последующих исследований. Примерно через пятьдесят лет в работе [6] были повторены исследования М. Т. Прилепина и по измеренным значениям дисперсионной разности хода модулированных излучений лазеров с длинами волн λ_1 и λ_2 в воздухе получены аналогичные результаты для показателя преломления земной тропосферы. Эти исследования позволили установить, что непосредственное использование экспериментального значения n_{op} , полученного из интерферометрических измерений, является не фазовым, а корректным групповым показателем преломления диспергирующей тропосферы.

В данной статье для доказательства отсутствия фазовых скоростей волн использованы одновременные измерения лазерным интерферометром и лазерным модуляционным дальномером одного и того же эталонного базиса. Согласно существующей физической теории, волны в интерферометрах распространяются с фазовыми скоростями, а в фазовых светодальномерах модулированные волны движутся с групповыми скоростями. Из выполненных исследований следует, что расстояния, измеренные треккером в режиме интерферометра и лазерного дальномера, должны значительно различаться. Если же расстояния в режимах «интерферометр» и «дальномер» совпадают в пределах точности измерений, то это будет означать их одинаковые и только групповые скорости. Так в данной работе экспериментально еще раз подтверждается существование в диспергирующих средах только групповых скоростей волн, предсказанных великими физиками М. Борном и Л. Ландау.

Таким образом, любой экспериментально измеренный показатель преломления диспергирующей среды в действительности является групповым, а ошибочно его называют «фазовым показателем преломления» – n_{op} . Поэтому формулы (2) и (3) являются ошибочными и служат источниками систематических погрешностей как для практических целей, так для теоретических исследований.

В настоящее время результирующие погрешности существующих светодальномеров при измерении предельных расстояний на порядок и более превосходят их инструментальные погрешности. Поэтому широко используемое

в настоящее время в физике и в модуляционных светодальномерах уравнение (3) в дальнейшем будем называть некорректным. Именно этот фактор является и источником весьма значительных методических погрешностей как в современной физике, при выполнении физических исследований, так и при учете влияния атмосферы на результаты высокоточных светодальномерных измерений. На примере экспериментальных исследований скоростей волн в работе [6] показано, что этот же фактор явился причиной неработоспособности фазовых светодальномеров-рефрактометров, активно создававшихся во второй половине прошлого века ведущими странами мира.

В данной работе, помимо ранее выполненных исследований [6] представлены дополнительные исследования, позволяющие экспериментально доказать отсутствие фазовых скоростей волн с использованием одновременных интерференционных и сверхвысокочастотных модуляционных измерений в диспергирующих средах. Для этих целей использованы результаты измерений эталонных линий прецизионным лазерным треккером (ЛТ) «API LASER TRACKER 3» [1] в интерференционном и дальномерном режимах. Таким образом, их применение позволяет считать, что более точное значение истинной скорости оптических волн – в диспергирующей тропосфере.

Лазерный треккер «API LASER TRACKER 3» [1] является в настоящее время самым точным в мире абсолютным лазерным дальномером для измерений расстояний до 25 м и одновременно может служить компактным достаточно точным и относительным интерферометром перемещений.

Основная идея представленных здесь исследований, в отличие от ранее выполненных работ [5, 6] по аналогичной тематике, заключается в следующем. Если скорости волн в режимах «интерферометр» и «дальномер» существенно различаются, то это будет означать справедливость действующей в настоящее время теории, когда для интерферометрических измерений необходимо учитывать фазовую скорость волн, а для измерений в режиме «дальномер» – групповую скорость волн с использованием уравнений (2) и (3). Поскольку скорости различны, то и расстояния будут различаться.

В случае, если результаты близких по времени измерений в режимах «интерферометр» и «дальномер» одной и той же линии равны в пределах точности измерений, то, следовательно, скорости волн в обоих режимах одинаковы равны и являются групповыми скоростями волн и определяются уравнением (1). Таким образом, доказано, что использование «фазовых скоростей волн» в современной лазерной дальнометрии и в физике является источником дополнительных погрешностей, поскольку несущие, модулирующие и модулированные оптические волны в ДС распространяются только с групповыми скоростями.

Для этих целей были использованы результаты исследований ЛТ на эталонном компараторе, выполненные совместно сотрудниками Сибирской государственной геодезической академии (СГГА) и Института ядерной физики (ИЯФ, СО РАН, г. Новосибирск) [7]. В процессе выполнения эксперименталь-

ных исследований длина компаратора дополнительно контролировалась более точным интерферометром.

Погрешность треккера в пределах расстояний до 25 м в режиме «дальномер» с ЧМ сопоставима с погрешностью треккера, работающего в режиме «интерферометр» [7]. Инструментальная чувствительность этого прибора в режимах интерферометра и дальномера составляет порядка 1 мкм. В режиме дальномера абсолютная результирующая погрешность возрастает в зависимости от расстояния и может достигать 30 мкм для максимального расстояния 25 м.

При выполнении экспериментальных исследований ЛТ эталонный базис на момент измерений контролировался стационарным интерферометром НР 5529А [7]. Результаты исследований лазерного треккера в обоих режимах представлены на рисунке.

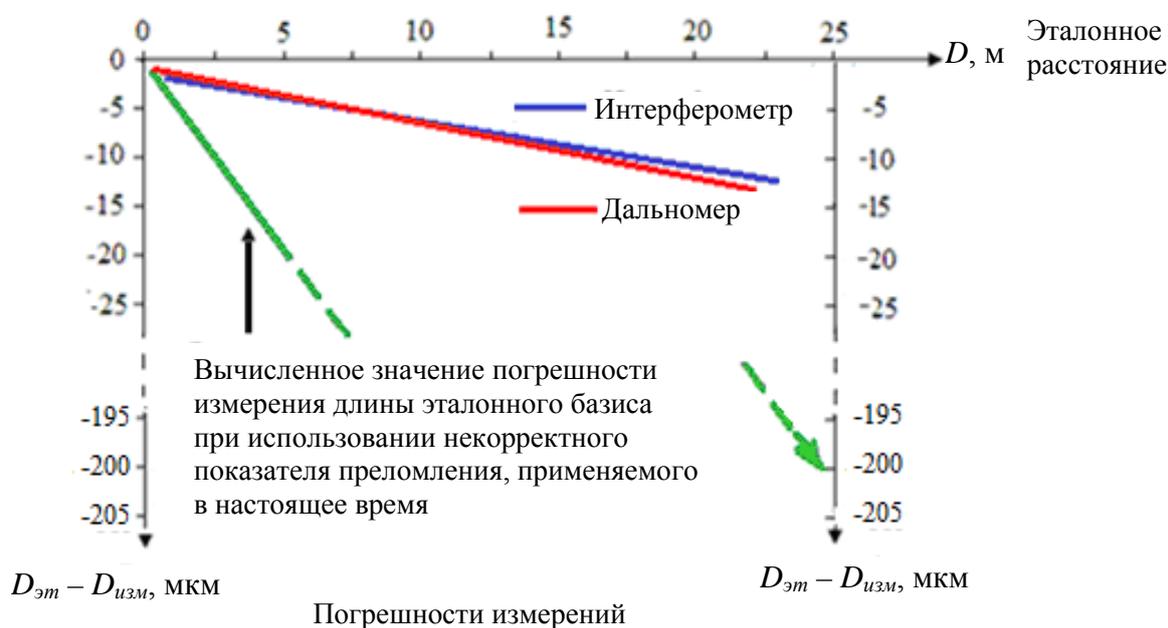


Рис. Результаты измерений эталонного базиса лазерным треккером «API LASER TRACKER 3» в режимах «интерферометр» – синяя линия и «дальномер» – красная линия. Зеленая линия – результат математического моделирования при использовании некорректного показателя преломления воздуха в режиме «дальномер» по формуле (3)

На рисунке тонкими сплошными линиями показаны результаты измерений ЛТ в режиме «интерферометр» и в режиме «дальномер». Измерения в обоих режимах получены при последовательной перестановке отражателя туда и обратно на расстоянии до 25 м, по их средним значениям отсчетов в 9 точках. Из представленных на рисунке графиков следует, что результаты измерений различаются между собой в пределах 2–3 единиц мкм. В то же время точность из-

мерений, которая заявлена производителем прибора, допускает разброс отсчетов в обоих режимах в пределах 30 мкм.

На рисунке жирной зеленой пунктирной линией представлен результат математического расчета длины для случая, если бы излучение в режиме «дальномер» распространялось в атмосфере с групповой скоростью, в соответствии с уравнением (3). Из результатов расчета следует, что на расстоянии близких к 25 м погрешность треккера в режиме «дальномер», при использовании формулы (3) из соотношения Рэлея (2) для учета «группового» показателя преломления в данной проблеме, является ошибочной и служит источником значительных систематических измерений. В теоретическое обоснование существования в ДС только групповых скоростей можно привести еще один довод. Сущность его заключается в том, что каждый фотон, образующий световой поток, является одновременно и отрезком волны, и квантом света, который в диспергирующей среде может распространяться только с групповой скоростью.

Таким образом, в данной работе, как и в статье [6], представлено еще одно подтверждение ошибочности применяемого в модуляционных (фазовых) светодальномерах группового показателя преломления оптического излучения, полученного с использованием некорректного показателя преломления (3). Применение этого уравнения для модуляционных фазовых измерений, как показано выше, является источником весьма существенных методических погрешностей светодальномерных измерений при решении огромного числа научных и производственных задач [7, 8, 9, 1].

Важно также отметить, что обсуждаемые погрешности пропорциональны длинам измеряемых линий при выполнении светодальномерных и лазерных локационных измерений в земной тропосфере. Кроме того, эти же факторы явились основной причиной неработоспособности весьма дорогостоящих и уникальных проектов по созданию светодальномеров-рефрактометров, на изготовление которых в разных странах мира были напрасно потрачены значительные ресурсы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ахманов С. А., Никитин С. Ю. Физическая оптика. – М.: Наука, 2004. – 656 с.
2. Камен Х. Электронные способы измерений в геодезии. Пер. с нем. – М., Недра, 1982. – 252 с.
3. Борн М., Вольф Э. Основы оптики. Пер. с англ. – М.: Наука, 1970. – С. 39.
4. Ландау Л. Д., Лившиц Е. М. Электродинамика сплошных сред. – М., Наука, 1982. – 403 с.
5. Прилепин М. Т. Определение показателя преломления воздуха при выполнении светодальномерных измерений: автореферат дисс. на соиск. уч. степени к.т.н. – М., 1956. – 15 с.
6. Кошелев А. В. Исследование скорости оптических волн по результатам геодезических измерений // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2011. – № 1. – С. 10–12.
7. Исследование точностных характеристик дальномеров API LASER TRACKER 3. / П. П. Мурзинцев и др. // ГЕО-Сибирь-2011. VII Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2011 г.). – Новосибирск: СГГА, 2011. Т. 1, ч. 1. – С. 9–12.

8. Кошелев А. В., Карпик А. П. Сверхсветовые скорости волн в современной физике. – LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co KG, Saarbrücken, Germany 2013. – 154 с.
9. Кошелев А. В. О фазовом и групповом показателе преломления оптических волн для геодезических измерений // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2009. – № 2. – С. 33–36.
10. Об аттестации современных светодальномеров на эталонных линейных базисах / А. В. Кошелев и др. // ГЕО-Сибирь-2011. VII Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2011 г.). – Новосибирск: СГГА, 2011. Т. 5, ч. 2. – С. 20–24.
11. Кошелев А. В., Карпик А. П., Синякин А.К. Влияние ионосферы на результаты GPS-измерений // ГЕО-Сибирь-2010. VI Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2010 г.). – Новосибирск: СГГА, 2010. Т. 1. – С. 9–15.
12. Радиогеодезические и электрооптические измерения / В. Д. Большаков, Ф. Деймлих, А. Н. Голубев, В. П. Васильев. – М.: Недра, 1985. – 303 с.
13. Ландсберг Г. С. Оптика. – М.: Физматлит, 2006. – 848 с.
14. Голубев А. Н., Ханов В. А. Лазерная интерферометрия больших расстояний. – М.: Недра, 1991. – 134 с.

Получено 26.08.2013

© А. В. Кошелев, А. А. Дубинина, 2013

УДК 623.451.4.082

МАКСИМАЛЬНАЯ СКОРОСТЬ СПЛОШНОЙ КУМУЛЯТИВНОЙ СТРУИ

Владилен Федорович Минин

Доктор технических наук, профессор, лауреат Государственной премии СССР, академик АТН РФ, e-mail: prof.minin@gmail.com

Игорь Владиленович Минин

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, доктор технических наук, профессор кафедры метрологии, стандартизации и сертификации, e-mail: prof.minin@gmail.com

Олег Владиленович Минин

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, доктор технических наук, заведующий кафедрой метрологии, стандартизации и сертификации, e-mail: prof.minin@gmail.com

Показано, что максимальная скорость сплошной кумулятивной струи в гиперкумулятивных зарядах может существенно превышать газодинамический предел скорости.

Ключевые слова: кумулятивная струя, кумулятивный заряд, скорость струи.

MAXIMUM SPEED OF SOLID CUMULATIVE JET

Vladilen F. Minin

Ph. D., Prof., academician, Academy of Technological Sciences of the Russian Federation (ATSRF), e-mail: prof.minin@gmail.com

Igor V. Minin

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., prof., Department of Metrology and Technology of Optical Production, e-mail: prof.minin@gmail.com

Oleg V. Minin

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., prof., Department of Metrology and Technologies of Optical Production, e-mail: prof.minin@gmail.com

Maximum speed of solid cumulative jet in hypercumulative charge is shown as considerably exceeding gas-dynamic speed limit.

Key words: cumulative jet, cumulative charge, jet speed.

Известно, что кумулятивное действие взрывчатого вещества (ВВ) осуществляется при помощи выемки, сделанной в основании заряда ВВ [1, 19]. Качественным скачком, обусловившим широкое применение кумулятивного эффекта, явилось использование металлической облицовки кумулятивной выемки.

Впервые кумулятивный эффект взрыва зарядов ВВ с выемкой в торце был обнаружен М. М. Боресковым в 1864 г. [1]. Иногда [1] ссылаются на приоритет открытия кумулятивного эффекта (cavity effect) Ф. Х. Von Baader в 1792 г.

В странах Западной Европы приоритет открытия исследования зарядов ВВ с выемками связывают с именем Max Von Foerster (1883 г.) [1]. В США приоритет исследований зарядов ВВ с выемкой принадлежит профессору Charles Monroe (1888 г.) [1]. Этот эффект известен в Англии и США как эффект Monroe, а в Германии – как эффект Неймана, по имени Э. Неймана, изучившего кумулятивный эффект, и Монрое, написавшего о нем несколькими годами позже, а в России – как кумулятивный эффект. Практически одновременно, были разработаны основные положения теории кумулятивных зарядов (КЗ) с металлической облицовкой и опубликованы Биркгофом (Birkhoff, 1948 г.) [2] и М. А. Лаврентьевым (1957 г.) [3] для стационарного случая с использованием модели несжимаемой жидкости. Основное допущение теории – это материал кумулятивной облицовки (КО) в виде идеальной несжимаемой жидкости.

Гидродинамическая теория, как теория первого приближения для эффекта кумуляции, получила достаточно широкое опытное подтверждение. Существуют ограничения на скорость сжатия КО, при которых возможно формирование кумулятивной струи (КС) [4, 5, 19]. Скорости соударяющихся струй в системе координат, двигающейся с фазовой скоростью, должны быть дозвуковыми.

Скорость КС может быть определена по выражению:

$$V_c = U / \operatorname{ctg}(\alpha/2), \quad (1)$$

где U – скорость метания или обжатия материала КО, 2α – угол раствора КО.

Как видно из (1), при малых углах α скорость КС может быть очень большой, даже если скорость обжатия КО не слишком велика. Так, при $\alpha \rightarrow 0$

$$V_c \rightarrow 2U / \alpha \rightarrow \infty,$$

но при этом количество поступающего в КС вещества также стремится к нулю.

В настоящее время известно несколько теорий, объясняющих формирование КС из КО, например, теория пластической деформации [6], теория образования КС при разрушении облицовки на мельчайшие частички и т. д. В работе [7], в отличие от традиционной кумуляции, рассмотрены процессы кумуляции в КЗ с учетом возникающей ускорительной неустойчивости КО.

В традиционных КЗ формирование КС заключается [8, 19] в инициировании заряда ВВ с расположенной в торце заряда с противоположной стороны инициирования заряда выемкой, в последующем метании, ускорении, сжатии и последовательном развороте материала КО продуктами детонации с углом схождения материала КО на ось симметрии заряда менее 180 градусов, дальнейшего его соударения на оси симметрии заряда, с формированием КС.

При этом масса формируемой КС, как правило, не превышает 10–20 % массы КО. А ее максимальная скорость составляет 10–15 км/с. Кроме того, скорость КС возрастает с уменьшением угла раскрытия КО и с одновременным увеличением размеров и массы песта (низкоскоростные фрагменты КС, не участвующие в процессе перфорации) и уменьшением массы КС.

Максимальная скорость конденсированной КС, которая может быть достигнута, составляет согласно [9]:

$$V_c \leq 2,41c_o, \quad (2)$$

где c_o – скорость звука в материале КО.

Максимальная скорость формируемой КС ограничивается возможностью возникновения «внутреннего» взрыва в материале струи и ее разрушении. В работе [10] показано, что процесс схождения КО к оси симметрии наиболее точно описывается моделью ньютоновской жидкости. Из-за действия вязких сил при схлопывании осесимметричных КО процесс диссипации энергии изменяет характеристики образующихся КС в зависимости от вида материала оболочки. При работе КЗ с осесимметричными КО возможен перегрев материала КО, который может вызвать сильный внутренний взрыв, разрушающий КС, ее радиальный разлет.

Максимальная скорость сплошных КС в КЗ, рассчитанных по гидродинамической модели, приведена в работах [11, 21] в зависимости от скорости соударения пластин (вектор скорости направлен по нормали к пластинам) (таблица). Из таблицы следует, что для реально достижимых скоростей метания пластин максимальная скорость сплошных струй лишь несколько превышает величину $2c_o$, что совпадает с газодинамическим пределом (2).

Таким образом, максимальная скорость сплошной КС в классических КЗ ограничена величиной порядка двух скоростей звука в материале облицовки.

Таблица

Материал	U , км/с							
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0
Железо, $c_o = 5,5$ км/с	11,1	11,1	11,2	11,3	11,5	11,8	12,3	12,9
Алюминий, $c_o = 5,25$ км/с	10,5	10,6	10,7	10,9	11,1	11,3	11,9	12,5
Медь, $c_o = 3,95$ км/с	7,9	8,0	8,2	8,4	8,6	8,9	9,5	10,3
Свинец, $c_o = 2$ км/с	4,1	4,2	4,5	4,8	5,2	5,6	6,4	7,4

В последнее время появилось много принципиально новых факторов, которых не существует в классической теории кумуляции М. А. Лаврентьева – Биркгофа. Например, в теории М. А. Лаврентьева – Биркгофа не учитывается действие продуктов детонации ВВ – дополнительного тела, изменяющего характер течения при больших углах раствора КО, или оказалось возможным организовать схождение материала кумулятивной облицовки на ось симметрии кумулятивного заряда более 180 градусов для облицовок с малыми углами раскрытия,

включая цилиндрические облицовки [12–17, 19]. Так, например, максимальная скорость струи в таких гиперкумулятивных зарядах может быть существенно больше его газодинамического предела в «классических» КЗ, существующего для каждого материала облицовки.

Максимальные скорости КС классических КЗ ограничены газодинамическим пределом – предельным сжатием материала КО в момент образования струи. Этот предел ограничивает максимальные скорости КС классических КЗ и зависит от вещества КО и геометрии заряда. В гиперкумулятивных зарядах [20] максимальная скорость КС может быть существенно больше газодинамического предела скорости. То есть, гиперкумулятивные заряды могут обладать неизмеримо большей полезной энергией и импульсом КС. Если в классической кумуляции энергия ВВ затрачивается на образование песта и струи, причем на создание струи приходится не более четверти массы облицовки, то в гиперкумуляции облицовка может быть затрачена только на создание струи с заданными параметрами. И более того, масса струи может быть дополнительно увеличена за счет дополнительных тел. Таким образом, на создание одинаковых струй, в гиперкумуляции требуется существенно меньшая энергия. Но это может происходить только под действием одного или нескольких дополнительных тел [12–17, 20].

Для устранения условий возникновения внутреннего взрыва материала в процессе струеобразования в КЗ, необходимо создать дополнительный импульс Z скорости, приложенный к КО [12, 20].

Использование нескольких дополнительных тел в форме слоистой системы [12] позволяет более эффективно преобразовать максимальный импульс продуктов детонации и передать его сжимающейся КО, увеличивая угол схождения материала КО более 180 градусов и скорость метания облицовки на ось симметрии заряда с дальнейшим формированием массивной высокоскоростной КС.

Рассмотрим возможность формирования высокоскоростной КС в гиперкумулятивных зарядах. Исследования проведем методом вычислительного эксперимента, который базируется на основе полного решения двумерных уравнений гидродинамики идеальной сжимаемой жидкости [13, 20]. Чтобы увеличить энергию, передаваемую облицовке, мы создадим сложный формирователь. Он будет состоять из дополнительного источника энергии, за счет использования дополнительного слоя ВВ, потенциальную энергию которого будет преобразовывать малый полусферический заряд в кинетическую энергию и передавать ее основному формирователю для формирования КС. На рис. 1, *a* представлен такой КЗ. В нем дополнительная облицовка – полусферический заряд-формирователь присоединен к основному формирователю [12, 20]. Он выполнен из порошкового железа, пропитанного раствором гексогена в ацетоне, и рассыпается после совершения необходимой работы. Из этого же материала состоит и вспомогательная облицовка. Основная облицовка – свинцовая.

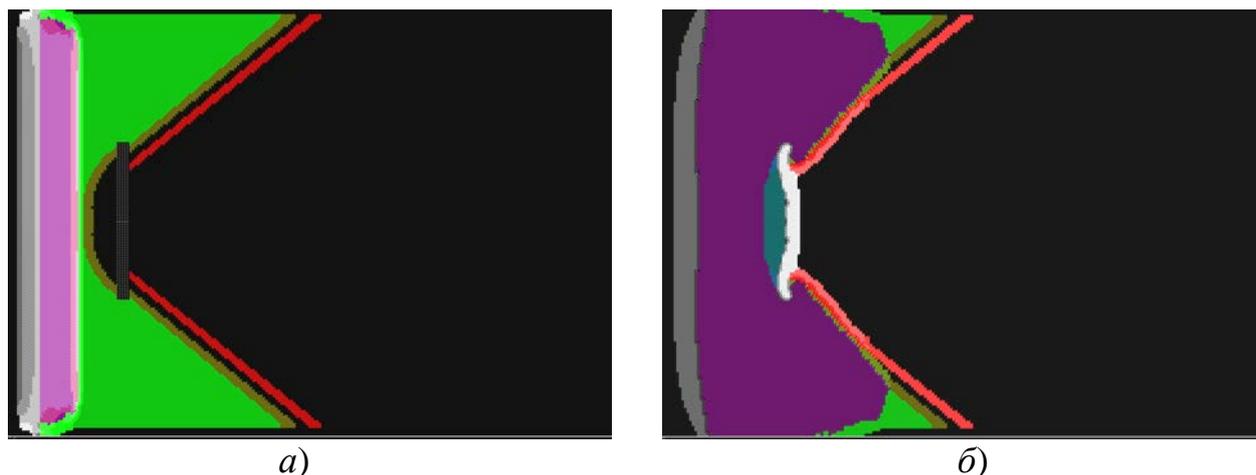


Рис. 1. Формирование кумулятивной струи в комбинированном заряде: *а)* КЗ со сложным формирователем и основной КО из свинца; *б)* ускорение основного формирователя вторым дополнительным телом – полусферическим зарядом

Плоская детонационная волна достигает полусферического заряда формирователя и сжимает его. Учитывая, что он вплотную прижат к основному формирователю, КС из него не образуется и все вещество полусферической облицовки ударяется и разливается на основном формирователе, передавая ему импульс, рис. 1, б).

Неустойчивость поверхности основной КО незначительна. Неустойчивости уменьшаются при ударе материалом вспомогательной облицовки по основной облицовке. Основная КО продвигается по поверхности формирователя и одновременно ускоряется им, приобретая дополнительную осевую скорость (V_z). На момент времени, равный 6,2 мкс после детонации заряда, образовалась свинцовая КС в гиперкумулятивном режиме и с максимальной скоростью около 9 км/с (рис. 2, а). Однако, внутри головной части отрезка струи (указана координатором) существует полость, образованная в результате расширения материала струи при сжатии в момент ее формирования и расширения по выходу из области высокого давления. Она имеет уменьшенную плотность, проинтегрированную по его сечению.

Этот эффект возник из за недостаточной скорости V_z основной КО в момент образования КС. Таким образом, сложный формирователь необходимо еще усилить, чтобы получить более скоростную полноценную струю. Скорость КС из свинца с вычетом этого участка стала равной 8 км/с. На рис. 2, б показано формирование КС из свинца на время 10 мкс и графики осевой скорости.

Как видно из рис. 2, разрушение КС и неустойчивостей поверхности облицовки нет. Скорость конца струи, отмеченная координатной сеткой, достаточно велика для свинца – 3,5 км/с. И более поздний процесс формирования КС представлен на рис. 3. Минимальная скорость свинцовой струи 2 км/с, при диаметре струи 6 мм.

Продукты детонации заряда взрывчатого вещества

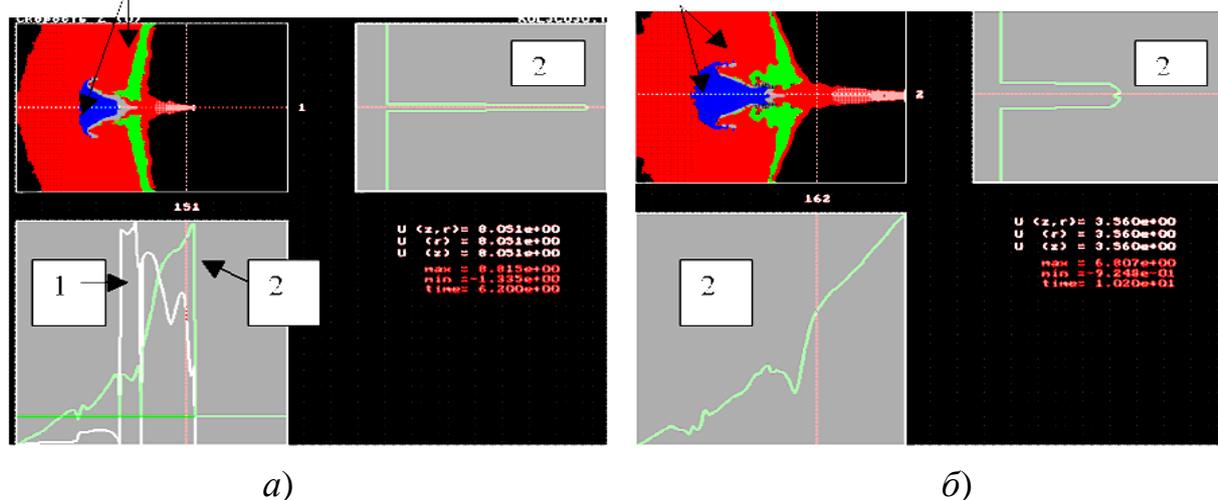


Рис. 2. Формирование свинцовой КС на момент времени 6,2 мкс (а) и 10 мкс (б).

Графики: 1 – плотность, 2 – осевая скорость.

Часть струи ушла за расчетное поле

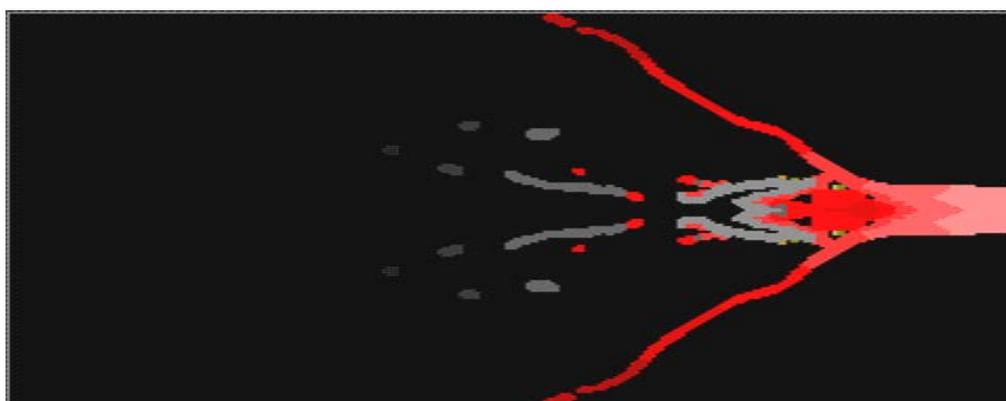


Рис. 3. Конец свинцовой КС. Скорость тела струи 2 км/с

Максимальная скорость КС равна 8 км/с для свинца и для такого рода гиперкумулятивных зарядов не является пределом – искусство конструкторов может существенно улучшить эти и другие параметры КЗ.

Приведем пример КЗ, позволяющего в режиме гиперкумуляции получать сверхскоростные КС из алюминия, с плотностью струи, равной плотности исходного металла облицовки [12–17, 20]. Это принципиально, так как ранее считалось, что разогнать массивные струи до сверхвысоких скоростей невозможно [18, 19].

На рис. 4, а приведен КЗ с цилиндрической алюминиевой облицовкой, у которого на дисковый формователь из меди опирается полусферическая облицовка из железа, вспомогательного КЗ. Формователь-дно зарывает об-

лицовку основного заряда. Задача этого заряда – превратить энергию взрыва в кинетическую энергию железной облицовки, и при соударении с медным диском-формирователем передать ее для формирования КС основного заряда. Основной заряд с чисто цилиндрической алюминиевой облицовкой создает при взрыве градиентную КС за счет слоя ВВ, который уменьшается от формирователя к началу облицовки. Детонационная волна имеет плоский фронт. В качестве ВВ использовался октоген плотностью $1,75 \text{ г/см}^3$. Диаметр заряда 70 мм, а его длина 60 мм. Задача этого заряда – получение струи в режиме гиперкумуляции с большой максимальной скоростью и массой. Это можно осуществить за счет мощного импульса V_z скорости, передаваемой через дисковый формирователь полусферическим зарядом цилиндрической облицовке, так как собственная скорость V_z при ее сжатии мала. Но за счет большого радиуса при сжатии ее взрывом формируется аномально большая скорость V_r . Она создает при схлопывании на оси симметрии аномально большое давление и начинает формироваться КС за счет отражения давления от свободной поверхности области сжатия и мощного потока импульса от формирователя. Этот импульс сохраняет вещество струи от разрушения – «внутреннего взрыва» и увеличивает скорость КС. Этот КЗ можно так же рассматривать как комбинированный КЗ-тандем.

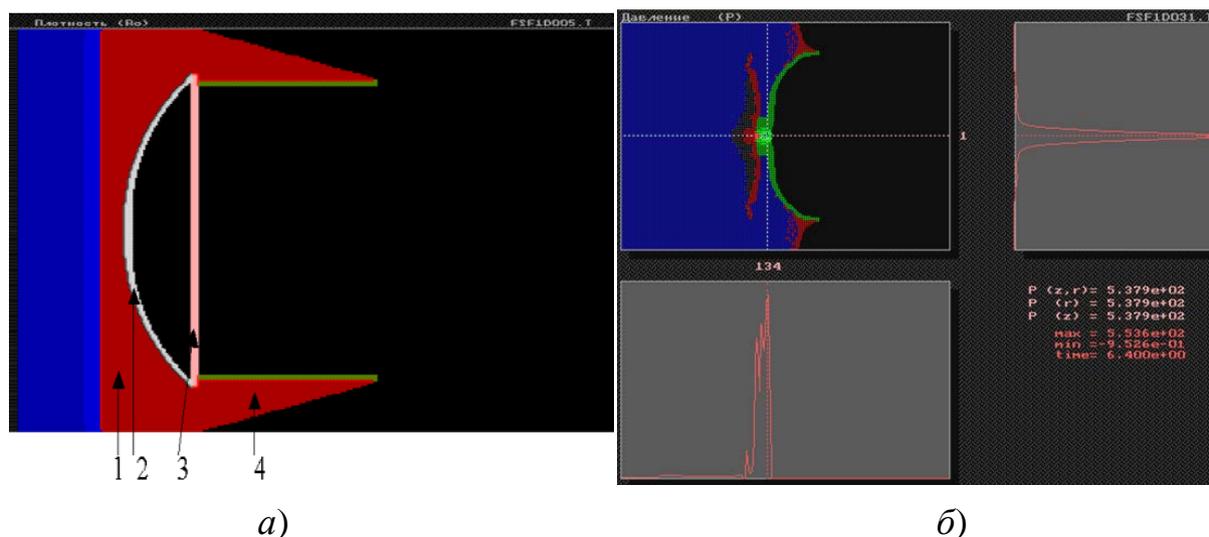


Рис. 4. Постановка задачи и начало формирования кумулятивной струи:

- а) постановка задачи: 1 – взрывчатое вещество, 2 – железная облицовка вспомогательного заряда с медным диском-формирователем, 3, 4 – алюминиевая КО основного заряда; б) начало формирования высокоскоростной КС и график давления на оси симметрии при схлопывании основной облицовки

На рис. 4, б показан момент схлопывания облицовки на ось симметрии, перед началом образования КС. Схлопывание элементов основной КО происходит на начальный момент времени, под углом 180 градусов, что даст максимальные давления для образования КС. На приведенном графике показано рас-

пределение давления в момент соударения элементов вещества струй по оси симметрии и по ее радиусу, указанные координатными осями. Это давление сдерживается материалом сложного формователя, передающего импульс V_z веществу основной КО, веществом облицовки, втекающего на ось симметрии и готового образовывать КС. Максимальная величина давления более 500 ГПа и занимает вдоль оси симметрии всю толщину вещества КО.

К моменту времени 8,2 мкс после начала детонации КЗ образовалась КС (рис. 5, а).

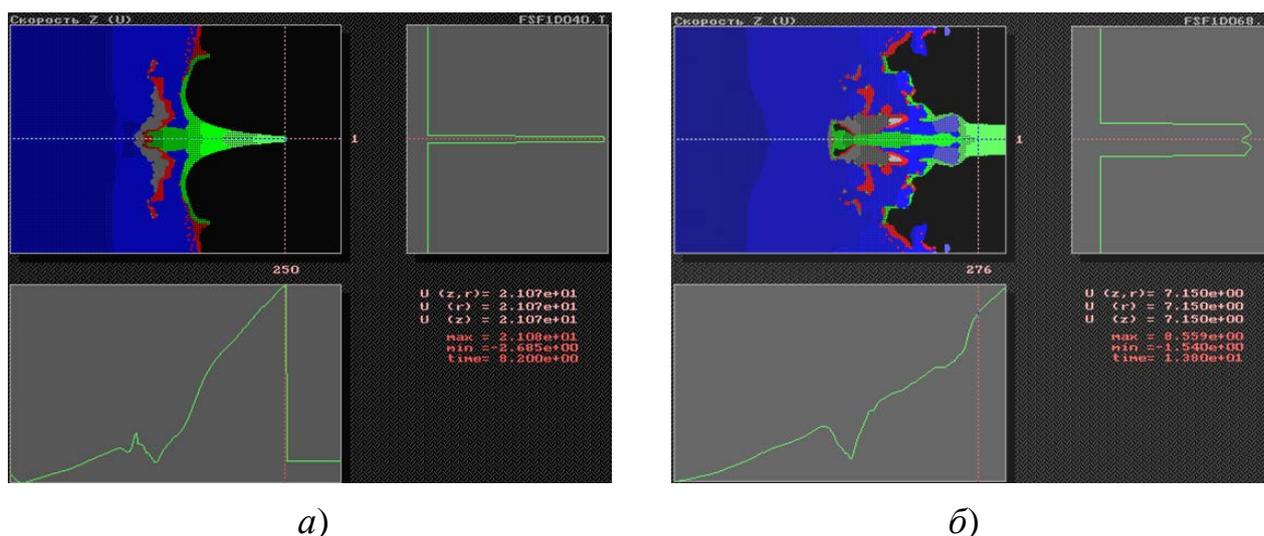


Рис. 5. Образование гиперкумулятивной сверхскоростной КС на различные моменты времени

Формируется сверхскоростная КС с максимальной скоростью 21 км/с (!) и плотностью на оси симметрии в голове струи и по ее длине близкой к нормальной плотности алюминия (!). Оптимизация КЗ позволяет увеличить максимальную скорость КС еще более, до величин порядка 25–30 км/с. Область, ранее занимаемая высоким давлением, вытеснена из потока вещества, втекающего в струю, и образовала пест, через который продолжает передавать энергию вещество сложного формователя. На время 13 мкс практически все вещество КО перешло в струю, кроме этой начальной области. Она имеет пониженную скорость V_z и постепенно увеличивает ее за счет более высокой скорости КС. На рис. 5, б приведена картина течения в конце рассматриваемого процесса. Скорость конца КС достаточно высока – она более 7 км/с.

В аналогичной конфигурации КЗ, но с КО из органического стекла, максимальная скорость формируемой КС около 25 км/с и скоростью конца струи более 11 км/с [20].

Таким образом, впервые установлено, что новая технология создания гиперкумулятивных зарядов [12, 20, 22] позволяет создавать КЗ со сверхвысокой скоростью головной части КС, которая может существенно превышать макси-

мальную скорость КС в классической кумуляции, в том числе для материалов с малой величиной скорости звука. В классической кумуляции превышение максимальной газодинамической скорости струи, для каждого конкретного вещества материала КО, ведет к разлету материала струи по ее радиусу, или к «внутреннему взрыву» [23]. Создание необходимой повышенной осевой скорости струи Z за счет энергии дополнительного тела до столкновения элементов облицовки на оси симметрии заряда и во время формирования струи позволяет снять это ограничение. Если дополнительная скорость V_z мала, то режим кумулятивного течения переходит в классическую область, создавая тонкую струю и толстый массивный пест.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Минин И. В., Минин О. В. Мировая история развития кумулятивных боеприпасов // Российская научно-техническая конференция «Наука. Промышленность. Оборона», 23–25 апреля 2003 г. – Новосибирск: НГТУ. – С. 51–52.
2. Birkhoff G., Mc Dougall D., Pugh E., Tailor G. Explosives with lined cavities // Journ. of Appl. Phys. – 1948. – Vol. 19, - p. 563-582.
3. Лаврентьев М. А. Основы теории кумулятивных зарядов и их бронебойного действия // Изв. Арт. Акад., 1948. – Т. 56, С. 46–91; Лаврентьев М. А. Кумулятивный заряд и принцип его работы // Успехи математических наук, 1957. – Т. XII. – Вып. 4. – С. 41–56.
4. Минин В. Ф., Минин И. В., Минин О. В. Критерии струеобразования в осесимметричных кумулятивных зарядах // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2006. – № 6 (27). – С. 380–389.
5. Minin V. F., Minin I. V., Minin O. V. Criterium of a Jet Formation on the Axisymmetrical Shaped Charge // International Journal of Modern Applied Physics, 2013, v.2, № 3. – pp. 130–141.
6. Coldwell B., Poulter F. The Development of Shaped Charge for Oil Well Completion // Journ. Petrol. Tech., 1957, № 1.
7. Голубятников А. Н., Зоненко С. И., Черный Г. Г. Новые модели и задачи теории кумуляции // Успехи механики. – 2005. – № 1. – С. 31–93.
8. Вицени Е. М. Кумулятивные перфораторы, применяемые в нефтяных и газовых скважинах. – М.: Недра, 1971. – 144 с.
9. Физика взрыва; под ред. К. П. Станюковича. – М.: Наука, 1975. – С. 373–375.
10. Матюшкин Н. И., Тришин Ю. А. О некоторых эффектах, возникающих при взрывном обжати вязкой цилиндрической оболочки // ПМТФ. – 1978. – № 3. – С. 99–112.
11. Кинеловский С. А., Тришин Ю. А. Физические аспекты кумуляции // Физика горения и взрыва. – 1980. – Т. 16. – № 5. – С. 26–40.
12. Патент № 2412338 Российская Федерация, МПК E43/117, F42B1/02. Способ и устройство (варианты) формирования высокоскоростных кумулятивных струй для перфорации скважин с глубокими незапестованными каналами и с большим диаметром / Минин В. Ф., Минин И. В., Минин О. В.; заявл. 07.12.2009; опубл. 20.02.2011, Бюл. № 5. – 46 с.
13. Computational fluid dynamics. Technologies and applications / Ed. By Igor V. Minin and Oleg V. Minin. Croatia: INTECH- 2011. – 396 p. V. F. Minin, I.V. Minin, O.V. Minin Calculation experiment technology, pp. 3–28.
14. Минин В. Ф., Минин И. В., Минин О. В. Физика гиперкумуляции и комбинированных кумулятивных зарядов // Нефтегазовые технологии – 2011. – № 12. – С. 37–44.
15. Минин В. Ф., Минин И. В., Минин О. В. Физика гиперкумуляции и комбинированных кумулятивных зарядов // Нефтегазовые технологии. – 2012. – № 1. – С. 13–25.

16. Minin V. F. Physics Hypercumulation and Combined Shaped Charges / V. F. Minin, O. V. Minin, I.V. Minin // 11th Int. Conf. on actual problems of electronic instrument engineering (APEIE) – 30057 Proc. 2rd – 4th October - 2012 - v.1, NSTU, Novosibirsk – 2012. – p. 32–54.
17. Минин В. Ф., Минин И. В., Минин О. В. Физика гиперкумуляции и комбинированных кумулятивных зарядов // Газовая и волновая динамика. – 2013. – Вып. 5. – С. 281–316.
18. Титов В. М. Возможные режимы гидродинамической кумуляции при схлопывании облицовки // Доклады Академии наук СССР. – 1979. – Т. 247. – № 5. – С. 1082–1084.
19. Минин И. В., Минин О. В. Кумулятивные заряды. – Новосибирск: СГГА, 2013. – 200 с.
20. Минин В. Ф., Минин И. В., Минин О. В. Физика гиперкумуляции и комбинированных кумулятивных зарядов. – Новосибирск: НИИЭП, 2013. – 275 с.
21. Manfred Held. Liners for shaped charges // Journal of battlefield technology, Vol 4, № 3, November, 2001, pp. 1-6.
22. Минин В. Ф., Минин И. В., Минин О. В. Разработка высокоэффективных кумулятивных зарядов для дробления негабаритных кусков горных пород на основе эффекта гиперкумуляции // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Недропользование. Горное дело. Новые направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск: СГГА, 2012. Т. 2. – С. 120–124.
23. Минин В. Ф., Минин И. В., Минин О. В. Методы и результаты экспериментальных исследований фазового состояния кумулятивной струи: краткий обзор // Вестник СГГА. – Вып. 2 (22). – 2013. – С. 98–111.

Получено 16.08.2013

© В. Ф. Минин, И. В. Минин, О. В. Минин, 2013

КАРТОГРАФИЯ

УДК 528.94

МЕСТО РЕТРОСПЕКТИВНЫХ КАРТ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ЗЕМЕЛЬ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ В КЛАССИФИКАЦИИ КАРТОГРАФИЧЕСКИХ ПРОИЗВЕДЕНИЙ

Инна Петровна Каретина

Научно-производственный центр «Грид», 070019, Казахстан, г. Усть-Каменогорск, ул. Казахстан, 86, заместитель директора по вопросам науки и перспективного развития
Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, аспирант кафедры картографии и геоинформатики, тел. (7232)21-61-32, e-mail: npc_grid@mail.ru

В статье рассматриваются возможные варианты классификации карты, получаемой при реконструкции почвенного покрова населенного пункта в экономических целях. Карта с учетом классификации по назначению, территориальному охвату и классификации прогнозных карт представляет собой специальную карту земельных ресурсов, а именно ретроспективную карту почвенного покрова земель населенного пункта.

Ключевые слова: классификация карт, тематические карты, специальные карты, ретроспективные карты.

RETROSPECTIVE MAPS OF SETTLEMENT LANDS SOIL COVER TO BE USED IN CARTOGRAPHIC PRODUCTS CLASSIFICATION

Inna P. Karetina

Deputy director for science and long-term development, scientific and production centre “Grid”, 070019, Kazakhstan, Ust-Kamenogorsk, 86 Kazakhstan St.
Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Post-graduate student, Department of Cartography and Geoinformatics, tel. (7232)21-61-32, e-mail: npc_grid@mail.ru

Some types of map classification are offered. The map under consideration may be made when reconstructing soil cover of the settlement for economic purposes. With classifications according to purpose, territory extent and forecasting taken into account the map becomes a specialized one, presenting land resources, i.e. retrospective map of settlement soil cover

Key words: maps classification, thematic maps, special maps, retrospective maps.

Почвы и культурный слой городов, особенно древних, являются примером почвенных систем, наиболее трансформированных антропогенными воздействиями. Основные отличия городских почв от природных обусловлены интенсивным накоплением антропогенных отложений особого состава и строения.

Естественный почвенный покров на большей части городов уничтожен или кардинально изменен и полученная традиционным путем почвенная карта населенного пункта будет отражать современное состояние почвенного покрова, т. е. преобразованную и трансформированную верхнюю часть культурного слоя.

Современные методы и технологии, применяемые в картографировании, позволяют создавать картографические произведения, не имея реального объекта картографирования, путем моделирования ситуаций, которые существовали в прошлом, или будут происходить в будущем [2]. Цифровое прогнозное картографирование моделирует пространственное распределение объектов на основе анализа разнообразных факторов и эти методы могут быть применены при воссоздании карты почвенного покрова земель поселений.

При этом возникает вопрос положения создаваемой ретроспективной карты в системе классификации картографических произведений.

В настоящее время заметно совершенствуются традиционные для картографии сюжеты карт и появляются новые, отражающие природно-географические и социально-экономические взаимосвязи [5]. Все это расширяет традиционные рамки внутренних классификационных подразделений картографии (рис. 1), создает обширные зоны стыковки общегеографических, природно-географических, социально-экономических и экологических карт, вызывая появление карт, одновременно характеризующих аспекты природы, населения и хозяйства, результаты их системного взаимодействия [3, 6].

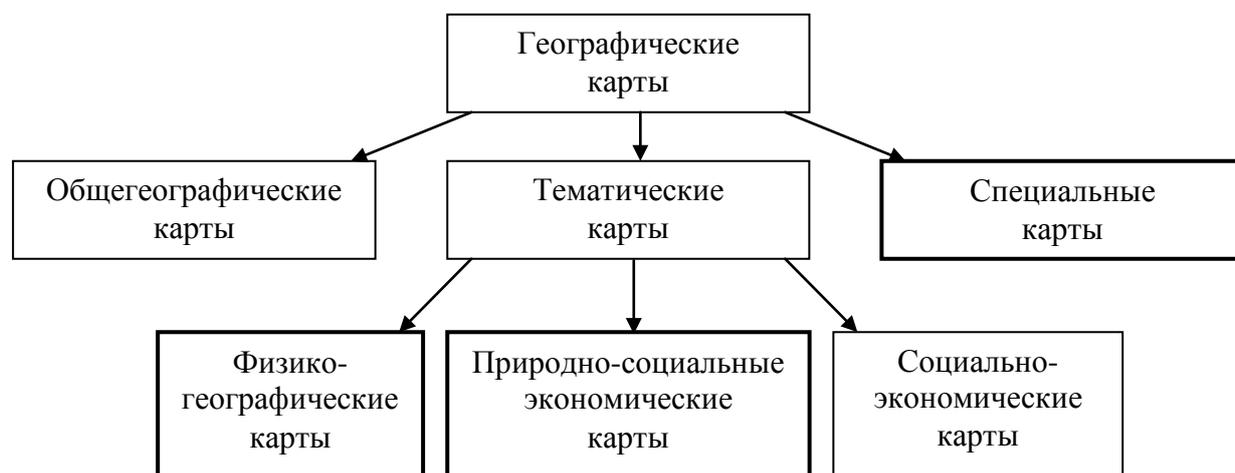


Рис. 1. Классификация карт по содержанию

Исходя из этой классификации, ретроспективные карты почвенного покрова земель населенных пунктов могут быть отнесены как к тематическим картам, так и к специальным. В разделе тематических карт ретроспективные карты также могут позиционироваться в двух блоках: как физико-географические

карты либо как природно-социальные экономические карты. Ниже представлен анализ места расположения ретроспективных карт в каждом из разделов.

В случае отнесения ретроспективных карт почвенного покрова земель населенных пунктов в раздел тематических карт, в блок физико-географических карт, целесообразно рассматривать их как карты почвенного районирования в ветке карт педосферы (рис. 2).



Рис. 2. Место почвенных карт в системе тематических карт

Цель почвенного районирования – выделение территорий с близкими по свойствам почвами, существует множество специальных видов районирования почв (рис. 3) [12].

Агрочувственное районирование графически чаще всего представляется различными картограммами, т. е. схематическими сельскохозяйственными картами. Агрономические картограммы в зависимости от содержания делятся на расшифровывающие и рекомендуемые. Рекомендуемые картограммы содержат прямые рекомендации по использованию почв (рис. 4).

Картограммы групп земель отображают области, объединяющие земли по оценке их пригодности для сельскохозяйственного использования. Такую группировку осуществляют на основе изучения и оценки всех компонентов земли – рельефа, почв, условий увлажнения, особенностей структуры почвенного покрова, учета экономических факторов [7]. Различают категории и классы земель.

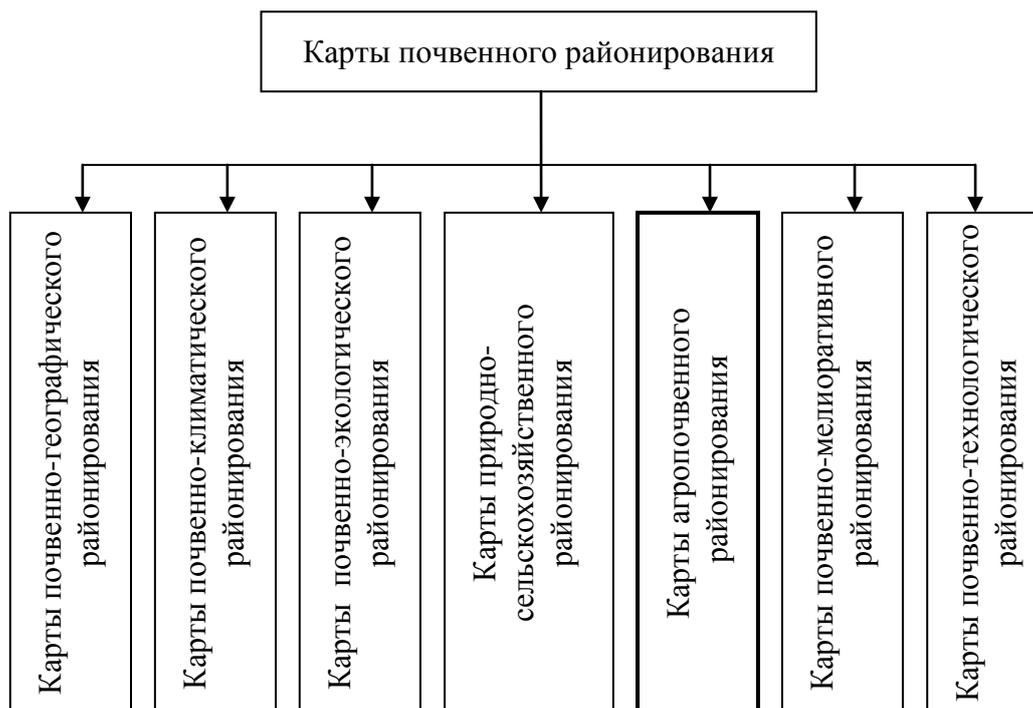


Рис. 3. Классификация карт почвенного районирования



Рис. 4. Классификация карт агропочвенного районирования

Главным критерием разделения на категории является качественное состояние земель с точки зрения оценки их возможного использования в сельском хозяйстве (пахотные, сенокосные и т. д.). По пригодности к использованию в сельском хозяйстве выделяют 7 категорий земель: 1 – пригодные под пашню; 2 – пригодные преимущественно под сенокосы (луговые угодья); 3 – пастбищные; 4 – пригодные под сельскохозяйственные угодья после коренной мелиорации (болота торфяные низкие, сильнозасоленные земли, овражно-балочные комплексы и т. п.); 5 – малопригодные под сельскохозяйственные угодья; 6 – непригодные под сельскохозяйственные угодья (скалы, ледники и т. п.); 7 – нарушенные земли (карьеры, горные выработки и др.). Категории земель подразделяют на классы – участки с близкими природными и хозяйственными качествами, общностью использования и приемов окультуривания и охраны.

Всего выделяют 37 классов. Наибольшее их число входит в категорию пахотных земель. В этой категории классы выделяют по генетическим особенностям почв (гранулометрический состав, карбонатность, переувлажненность, эродированность, окультуренность и др.) с учетом условий залегания почв по рельефу и дренированности территории [9].

Ретроспективные карты почвенного покрова земель населенных пунктов в представленной выше классификации почвенных карт ближе всего по содержанию и применению стоят к картограммам групп земель, но из-за специфики создания не могут обладать объемом информации, характерным для классических почвенных карт и картограмм.

Рассмотрим положение ретроспективных карт почвенного покрова земель населенных пунктов в системе экономических карт.

Не существует догматической, раз и навсегда установленной классификации экономических карт. Постоянное расширение тематического разнообразия экономических карт, появление их новых видов и типов делает необходимым постоянное совершенствование и развитие их классификации, оперативный учет новых направлений картографирования [8].

Особое значение в экономической картографии приобретает системное изображение земельных ресурсов, в том числе на оценочных и прогнозных картах, с применением синтетических и конкретных количественных показателей. Перспективно включение в содержание общих природно-социальных экономических карт характеристик земельного кадастра, современного и перспективного (оптимального) использования земель, их охраны и рекультивации, противоэрозионных мероприятий, организации сельскохозяйственных территорий и т. п. Особого внимания требует совершенствование отображения экологического состояния почв, перспектив использования фонда малоценных земель как резерва для сельскохозяйственного строительства, создания дачных поселков и т. п. [8].

Раздел природно-социальных экономических карт включает карты сельского хозяйства (рис. 5).

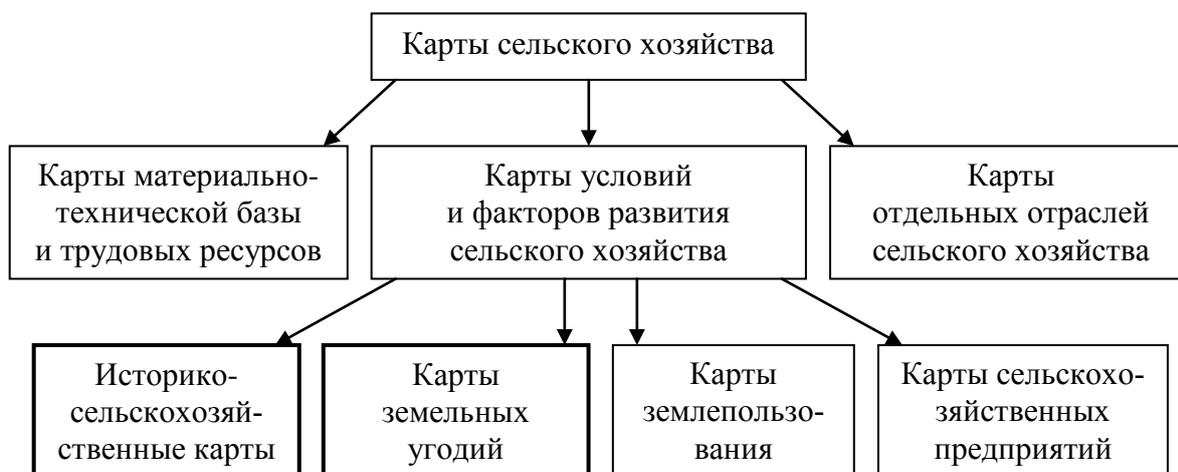


Рис. 5. Классификация карт сельского хозяйства

Историко-сельскохозяйственные карты характеризуют хозяйственное прошлое территории как одно из условий последующего его развития. В современных атласах подобные карты встречаются очень редко, они схематичны и составлены без использования количественных показателей [4]. Тематика историко-сельскохозяйственных карт зависит от особенностей территории и возможностей, предоставляемых источниками. Используется в основном точечный и диаграммный метод [11].

Основным содержанием карт земельных угодий служат виды угодий, выделяемые в соответствии с классификацией государственного учета земель, общей для всей страны, но учитывающей, вместе с тем, и специфику отдельных зон и районов. Карты земельных угодий составляются в максимально крупном масштабе, принятом для атласа. Основная трудность, возникающая при составлении данных карт, заключается в рациональной методике составления и генерализации.

Карты землепользования и сельскохозяйственных предприятий дают общее представление о сельскохозяйственных предприятиях и показывают распределение земель по основным категориям землепользователей [8].

Ближе всего в представленной классификации ретроспективные карты почвенного покрова находятся к историко-сельскохозяйственным картам и картам земельных угодий. Однако оба этих направления являются достаточно узкоспециализированными, со своими четко определенными требованиями к содержанию и методам составления и отображения картографических материалов.

Специальные карты предназначены для решения определенных задач или рассчитаны на определенные круги пользователей. Чаще всего это карты технического назначения. На рис. 6 представлена классификация специальных карт. Ввиду объективных трудностей эта классификация не отличается строгостью [1].



Рис. 6. Классификация специальных карт (А. М. Берлянт)

Специальными картами называют: 1) карты, на которых один из элементов общегеографической карты (например, рельеф или дорожная сеть) изображен с особой полнотой и подробностью, тогда как остальные элементы отодвинуты на второй план и имеют подчиненный характер; 2) карты, содержащие помимо нагрузки общегеографических карт другие элементы, характеризующие некоторое определенное явление или группу явлений (например, геологическое строение местности, климат страны и т. п.) [15].

На рис. 7 представлена классификация специальных карт по К. А. Салищеву, в основу которой положено назначение карт. Классификация по назначению практически используется в ее отдельных звеньях для карт, имеющих четко выраженное назначение [13].

Так как основное назначение ретроспективных карт, отражающих качество почв, существовавших на территории, ныне занятой городами, – это отображение наносимого ущерба в форме недополучаемой государством сельскохозяйственной продукции, то при их классификации целесообразно их отнесение в раздел специальных карт, в подраздел карт для народного хозяйства и управления.

Картографы отмечают возникающую в настоящее время необходимость детализации отдельных звеньев классификации специальных карт в связи с картографическим обеспечением отдельных проблем [14]. Существующие классификации недостаточно дифференцируют все многообразие карт и условны для некоторых подразделений.

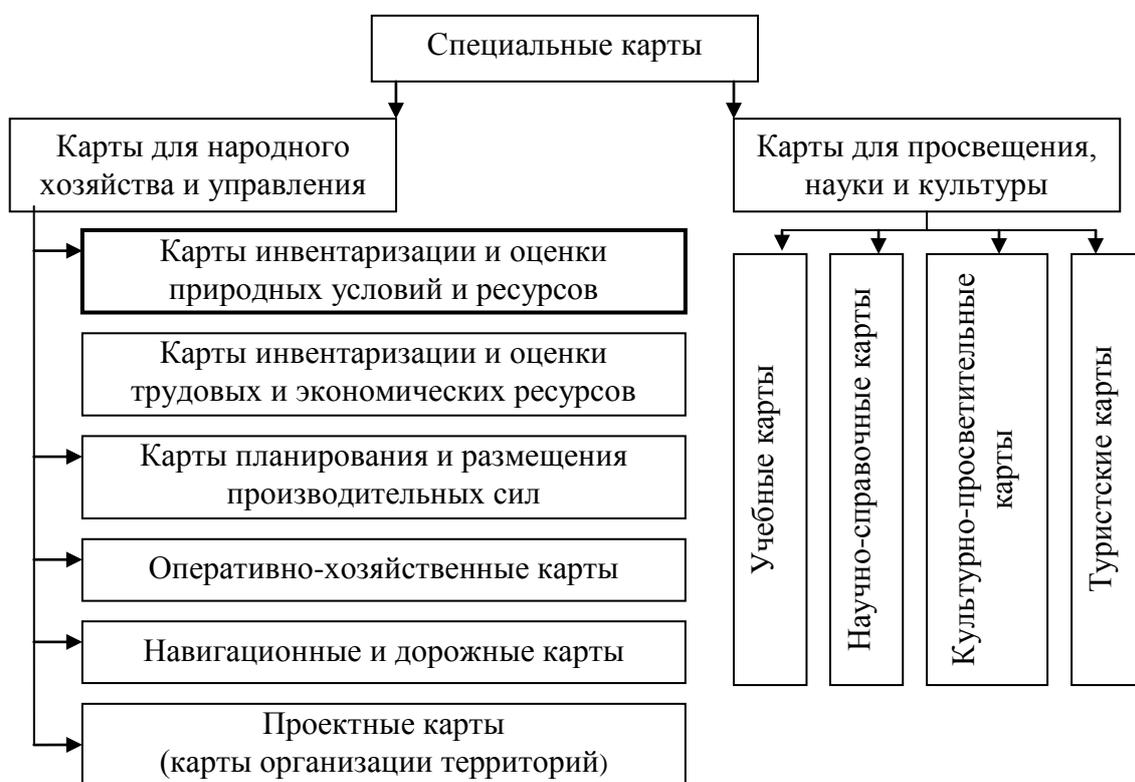


Рис. 7. Классификация специальных карт (К. А. Салищев)

Карты инвентаризации и оценки природных условий и ресурсов (рис. 8) разрабатываются для конкретных отраслей народного хозяйства и строительства [10].

Карты, отображающие прошлое состояние объектов и явлений, относятся к ретрогнозным картам (по классификации А. В. Кошкарева).

Ретрогнозные карты, естественно, существенно отличаются от современных по точности отображения объекта (явления), по способу изображения, по системе мер и т. п., но в общем могут дать представление о произошедших изменениях. Такие карты создаются по тем же научным методическим принципам, что и современные, разница состоит в том, что они будут обладать разным объемом информации.



Рис. 8. Классификация карт инвентаризации и оценки природных условий и ресурсов

Таким образом, карта, получаемая при реконструкции почвенного покрова населенного пункта в экономических целях, при учете классификации по назначению, территориальному охвату и классификации прогнозных карт представляет собой специальную карту земельных ресурсов, а именно – ретроспективную карту почвенного покрова земель населенного пункта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Берлянт А. М. Картография. – М.: Аспект Пресс, 2002.
2. Гаврилов Ю. В., Николаева О. Н., Ромашова Л. А. Об опыте и результатах системного картографирования экологической ситуации Новосибирска // ГЕО-Сибирь-2009. V Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 20–24 апреля 2009 г.). – Новосибирск: СГГА, 2009. Т. 1, ч. 2. – С. 224–226.
3. Гаврилов Ю. В., Николаева О. Н., Ромашова Л. А. О теоретическом и практическом опыте применения картографического метода в экологических исследованиях окружающей среды // ГЕО-Сибирь-2006. Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 24–28 апреля 2006 г.). – Новосибирск: СГГА, 2006. Т. 1, ч. 2. – С. 238–242.
4. Дубровский А. В., Малиновский М. А., Ирлик А. Б. Создание электронного атласа архитектурно-исторических достопримечательностей города Новосибирска // ГЕО-Сибирь-2010. VI Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2010 г.). – Новосибирск: СГГА, 2010. Т. 3, ч. 2. – С. 8–11.
5. Дышлюк С. С. Методика картографирования устойчивости природных систем для геоинформационного обеспечения территорий // ГЕО-Сибирь-2008. IV Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 5 т. (Новосибирск, 22–24 апреля 2008 г.). – Новосибирск: СГГА, 2008. Т. 1, ч. 2. – С. 94–97.
6. Дышлюк С. С. Принципы картографирования устойчивости природно-территориального комплекса // ГЕО-Сибирь-2009. V Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 20–24 апреля 2009 г.). – Новосибирск: СГГА, 2009. Т. 1, ч. 2. – С. 236–239.
7. Жигаленко М. Ю., Дубровский А. В. Использование матричного метода анализа состояния окружающей природной среды для составления карт техногенной нагрузки // ГЕО-Сибирь-2005. Науч. конгр. : сб. материалов в 7 т. (Новосибирск, 25–29 апреля 2005 г.). – Новосибирск: СГГА, 2005. Т. 3, ч. 2. – С. 203–208.
8. Жуков В. Т. Социально-экономическая картография: текст лекций для студентов 5 курса кафедры картографии и геоинформатики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: student.ecoross.ru/upload/Жуков.doc.
9. Ковриго В. П., Кауричев И. С., Бурлакова Л. М. Почвоведение с основами геологии. – М.: Колос, 2000. – С. 382–384.
10. Конусова Г. И., Ромашова Л. А. Оценочные гигиенические карты окружающей среды // Вестник СГГА. – 1999. – Вып. № 4. – С. 74–77.
11. Эволюция историко-картографического метода исследования исторических процессов в связи с применением мультимедийных методов / Лисицкий Д. В. и др. // ГЕО-Сибирь-2008. IV Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 5 т. (Новосибирск, 22–24 апреля 2008 г.). – Новосибирск: СГГА, 2008. Т. 3, ч. 1. – С. 118–121.
12. Медведев В. В. Концепция и методика почвенно-технологического районирования // Почвоведение. – 2009. – № 8. – Август. – С. 899–910.
13. Николаева О. Н., Ромашова Л. А. Об опыте проектирования серии экологических карт // ГЕО-Сибирь-2005. Науч. конгр. : сб. материалов в 7 т. (Новосибирск, 25–29 апреля 2005 г.). – Новосибирск: СГГА, 2005. Т. 1. – С. 232–233.
14. Пошивайло Я. Г., Кокорина И. П. Методологические основы прогнозирования картографирования природноочаговых инфекций на примере птичьего гриппа // ГЕО-Сибирь-2007. III Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 25–27 апреля 2007 г.). – Новосибирск: СГГА, 2007. Т. 7, ч. 2. – С. 173–177.
15. Салищев К. А. Картоведение. – М.: Изд-во МГУ, 1990.

Получено 05.07.2013

© И. П. Каретина, 2013

УДК 528.92

КЛАССИФИКАЦИЯ И ОБОСНОВАНИЕ УСЛОВНЫХ ЗНАКОВ КРЫШ ДЛЯ ТРЕХМЕРНЫХ КАРТ ВЬЕТНАМА НА ОСНОВЕ ПРИЗНАКОВ «ФЭН-ШУЙ» И «У-СИН»

Дмитрий Витальевич Лисицкий

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой картографии и геоинформатики, тел. (913)916-58-34, e-mail: ddis@ssga.ru

Нгуен Ань Тай

Архитектурный университет, Вьетнам, г. Хошимин, 196, ул. PASTEUR, район 3, преподаватель, аспирант Сибирской государственной геодезической академии, тел. +084 0978643020, e-mail: natai1969@yahoo.com

В статье предлагается классификация крыш домов и сооружений Вьетнама и обосновываются решения по цвету и структуре условных знаков крыш для трехмерных картографических изображений. Предложения базируются на популярных в странах Юго-Восточной Азии положениях древней китайской философии «Фэн-Шуй» и «У-Син». Кратко рассмотрены обе эти концепции, показано их взаимодействие, приведены рисунки и таблицы, иллюстрирующие суть предложенных решений.

Ключевые слова: условные знаки, крыши домов, цвет и структура, трехмерные карты, Вьетнам, У-Син, Фэн-Шуй.

CLASSIFICATION AND SUBSTANTIATION OF CONVENTIONAL SIGNS FOR ROOFS IN 3D MAPS OF VIETNAM BASED ON FENG-SHUI AND U-SIN

Dmitry V. Lisitsky

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph.D., prof., head of the Department of Cartography and Geoinformatics, tel. (913)916-58-34, e-mail: ddis@ssga.ru

Nguen An Tai

University of Architecture, 196 Pasteur St., district 3, Ho Chi Minh, Vietnam, lecturer, Post-graduate student, Siberian State Academy of Geodesy, 10 Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, tel. +084 0978643020, e-mail: natai1969@yahoo.com

The paper presents classification of houses and structures roofs in Vietnam. The colours and conventional signs structure for roofs in 3D cartographic images are substantiated. The solutions are based on the propositions of Feng-Shui and U-Sin from ancient Chinese philosophy popular in South-East Asia. Both concepts and their interrelation are considered in brief. Some drawings and tables to illustrate the offered solutions are presented.

Key words: conventional signs, houses roofs, colour and structure, 3D maps, Vietnam, U-Sin, Feng-Shui.

Одним из наиболее развивающихся направлений научно-технического прогресса в картографии на современном этапе является переход от двумерного к трехмерному представлению на картах окружающего пространства. Начинает формироваться самостоятельное направление по составлению и воспроизведению перспективных карт [1–5], проявляются новые задачи, связанные с картографическими отображениями объектов местности на перспективной карте. Одной из таких задач является обоснование графических и цветовых решений для условных знаков крыш с учетом специфических особенностей территории Вьетнама и национальных культурных традиций.

1. Концепции «Фэн-Шуй» и «У-Син»

В китайской древней философии широкую известность получила концепция о том, как привлечь в свою жизнь здоровье, счастье, удачу и финансовое благополучие. Это философская концепция с более чем двухтысячелетней историей, называемая «Фэн-Шуй» (дословно переводится как «ветер-вода»), широко применяется в Китае, влияет на другие восточные народы, например: Корею, Японию, Вьетнам – и строится на идее энергетического взаимодействия жилища и судьбы человека.

Наряду с этим, в Китае ученые считали, что когда космос начинался, в его составе существовали 5 элементов-веществ: Дерево, Огонь, Земля, Металл, Вода. Это древнее знание называется «У-Син» [6].

Между этими элементами существовали взаимопорождение и взаимопреодоление друг друга и в соответствии с этим космос, естественный мир, окружающая природа существуют и развиваются. Когда дерево растет на Земле, тогда состав почвы Земли изменяется, поэтому древние китайцы считали, что Дерево побеждает Землю и это представлено как закон взаимопреодоления между Землей и Деревом. Другие законы взаимопреодоления: Земля побеждает Воду, Вода побеждает Огонь, Огонь побеждает Металл, Металл побеждает Дерево; при этом они все взаимно изменяют друг друга.

Поскольку металл изготавливался из полезных ископаемых (Земля), то считали, что Земля порождает Металл, так же как Дерево порождает Огонь, Огонь порождает Землю (вулканическая деятельность), Металл порождает Воду, Вода порождает Дерево: 5 элементов помогают друг другу (рис. 1).

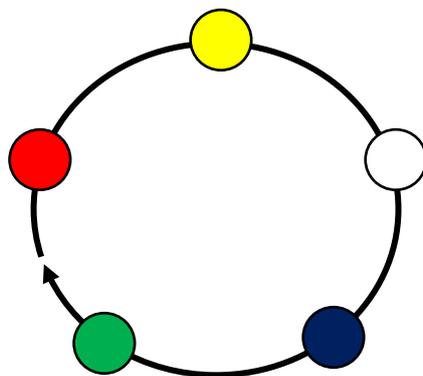


Рис. 1. Взаимопорождение пяти элементов

В китайской философии разработана таблица соответствия пяти стихий другим категориям, например, цвету. Взяв ее за основу, можно предложить следующую таблицу (табл. 1), введя в нее категорию крыш.

Таблица 1

Пять стихий	Дерево	Огонь	Земля	Металл	Вода
Пять цветов	Зеленый	Красный	Желтый	Белый	Черный, темно-синий
Фигура крыши	Парящая	Остроконечная	Горизонтальная	Циркулярная	Гофрированная

2. Классификация крыш во Вьетнаме по признакам «Фэн-Шуй» и «У-Син»

В каждом доме двумя наиболее важными структурами, определяющими концепцию дома, являются стены и крыша. Поэтому применения концепции «Фэн-Шуй» в конструкции крыши является важным способом приложения реального человеческого восприятия отношений с окружающей средой.

Согласно классификации из пяти элементов «Фэн-Шуй» и «У-Син» вьетнамские жители, на которых влияет китайская философия и культура, как и строители делят крыши на пять видов в соответствии со своими фигурами (рис. 2–6):

- циркулярная крыша – Металл;
- остроконечная крыша – Огонь;
- гофрированная крыша – Вода;
- горизонтальная крыша – Земля;
- парящая крыша – Дерево.



Рис. 2. Циркулярная крыша – Металл



Рис. 3. Остроконечная крыша – Огонь



Рис. 4. Гофрированная крыша – Вода



Рис. 5. Горизонтальная крыша – Земля



Рис. 6. Парящая крыша – Дерево

Кроме этих признаков, крыши могут быть разделены по структурам и материалам.

По структуре можно выделить следующие крыши:

- панельные крыши: крыши монолитных или сборных железобетонных конструкций;
- каркасные крыши, устанавливаемые из бамбука, дерева, стали;
- черепичные крыши; это тип крыши с возможностью замены профилированным покрытием;
- крыши в виде пространственных ферм (рис. 7); в настоящее время пространственная ферма крыши используется, когда необходимо покрыть большие пространства, такие как аэропорты, выставки;
- стадионы, спортивные залы;
- крыша с особой структурой: тонкая конструкция крыши корпуса, стропы.



Рис. 7. Пространственные фермы из стали

По материалам крыши могут быть классифицированы в соответствии с кровельным материалом или материалом несущей конструкции (каркаса) крыши (рис. 8–11):

- железобетонная;
- черепичная;
- стеклянная;
- стальная.



Рис. 8. Черепичная крыша



Рис. 9. Стеклянная крыша



Рис. 10. Железобетонная крыша

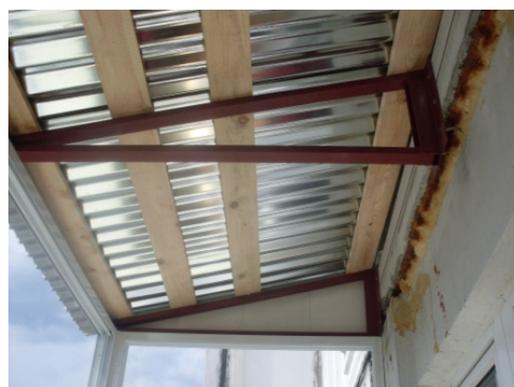


Рис. 11. Крыша на стальном каркасе

3. Предлагаемые условные знаки крыш для трехмерных карт Вьетнама

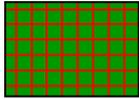
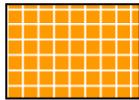
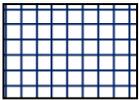
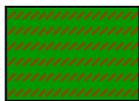
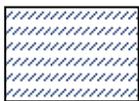
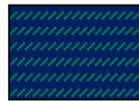
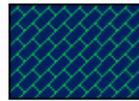
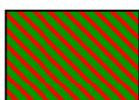
Во Вьетнаме при крупномасштабных топографических съемках (двумерных) строения подразделяют на огнестойкие, неогнестойкие, смешанные и отображают следующими условными знаками [7, 8] (табл. 2).

Таблица 2

Названия и характеристики топографических объектов на двумерной карте	Условные знаки
Строения жилые огнестойкие	
Строения жилые неогнестойкие	
Строения смыкающиеся огнестойкие	
Строения смыкающиеся неогнестойкие	

В развитие этого можно составить систему условных знаков крыш для трехмерных карт в соответствии с цветами их взаимопорождения по концепции «Фэн-Шуй» и «У-Син»; а материал предлагается изображать структурными рисунками (табл. 3).

Таблица 3

Форма \ Материал	Парящая крыша – Дерево	Остроконечная крыша – Огонь	Горизонтальная крыша – Земля	Циркулярная крыша – Металл	Гофрированная крыша – Вода
Пять цветов	Зеленый	Красный	Желтый	Белый	Черный, темно-синий
Железобетонная					
Стеклопанельная					
Черепичная					
Стальная					

При отображении на планах мелких крыш их условные знаки примут вид, показанный в табл. 4.

Такие условные знаки будут хорошо читаться и иметь хорошую распознаваемость при отображении цифровой карты на экране компьютера.

Таблица 4

Форма Материал	Парящая крыша – Дерево	Циркуляр- ная крыша – Металл	Остро- конечная крыша – Огонь	Горизон- тальная крыша – Земля	Гофриро- ванная крыша – Вода
Пять цветов	Зеленый	Красный	Желтый	Белый	Черный, темно- синий
Железобетонная					
Стеклянная					
Черепичная					
Стальная					

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лисицкий Д. В. Перспективы развития картографии: от системы «Цифровая Земля» к системе виртуальной реальности // Вестник СГГА. – Новосибирск: СГГА, 2013. – Вып. 2 (22). – С. 8–16.
2. Лисицкий Д. В., Бугаков П. Ю. Методические основы цифрового трехмерного картографирования // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2012. – № 6. – С. 37–42.
3. Лисицкий Д. В., Хорошилов В. С., Бугаков П. Ю. Картографическое отображение трехмерных моделей местности // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2012. – № 2/1. – С. 216–218.
4. Лисицкий Д. В., Бугаков П. Ю. Теоретические основы построения трехмерных картографических изображений // ГЕО-Сибирь-2011. VII Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2011 г.). – Новосибирск: СГГА, 2011. Т. 1, ч. 2. – С. 22–30.
5. Лисицкий Д. В., Бугаков П. Ю. Картографическая визуализация трехмерных моделей местности // Вестник СГГА. – 2011. – Вып. 3 (16). – С. 87–93.
6. <http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3-%D1%81%D0%B8%D0%BD>
7. <http://www.thanhnien.com.vn/news/pages/200938/20090920104005.aspx>
- Nguyễn Vũ Tuấn Anh/ Mái nhà trong phong thủy/Trung tâm Nghiên cứu Lý học Đông Phương.
8. Условные знаки для топографических планов масштабов 1 : 500, 1 : 1 000, 1 : 2 000 và 1 : 5 000 / (на вьетнамском языке)/(Кý hiệu Bản đồ địa hình – Tỷ lệ 1 : 500, 1 : 1 000, 1 : 2 000 và 1 : 5 000 (Quyết định số 1125/ĐQBĐ ngày 19 tháng 11 năm 1994 của Tổng cục trưởng Tổng cục Địa chính)).

Получено 28.08.2013

© Д. В. Лисицкий, Нгуен Ань Тай, 2013

ХРОНИКА

ХРОНИКА СОБЫТИЙ И ПАМЯТНЫЕ ДАТЫ СГГА

CHRONICLE OF EVENTS AND MEMORIALS IN SSGA

28–29 июня.

Прошли торжественные «выпускные» собрания в институтах СГГА, на которых более 500 выпускников – специалистов, бакалавров и магистров получили дипломы о высшем профессиональном образовании. Дипломы с отличием выпускники (а таковых набралось 102 человека) получили из рук губернатора области В. А. Юрченко и ректора академии А. П. Карпика. Выпускников поздравили представители ведущих производств, заведующие выпускающими кафедрами, а творческие коллективы порадовали новой концертной программой.

5–6 августа.

Группа российских спортсменов – пловцов в холодной воде преодолела Берингов пролив по маршруту «Чукотка – Аляска» с расстоянием 134 км.

Межконтинентальный эстафетный заплыв посвящен 365-летию экспедиции С. Дежнева, 70-летию воздушной трассы времен Великой Отечественной войны 1941–1945 гг. и 100-летию Якутского отделения Российского географического общества.

В составе команды пловцов участие в заплыве принимал известный новосибирский спортсмен, профессор кафедры кадастра и территориального планирования СГГА Виктор Николаевич Москвин.

10 августа.

Завершилась приемная кампания в вузы России, в том числе г. Новосибирска. В Новосибирской области (по данным СМИ) число выпускников школ чуть превысило 14,5 тыс. человек, не получили аттестаты 2,8 %. Общее число бюджетных мест в новосибирских вузах составило 7 768. Средний проходной балл на бюджетное место составил 205 ед., на внебюджетное место – от 149 ед. В вузы поступили 12 043 абитуриентов (с учетом внебюджетников), что на 10 % меньше, чем в 2012 г. Более 6 тыс. первокурсников – из других городов, 828 иностранцев. Наиболее высокий конкурс – в НГМУ и юридическом институте – филиале ТГУ (до 40 чел. на место). Проходной балл в НГУ – 249 ед., что вполне сопоставимо с требуемыми результатами в лучших московских вузах.

В СГГА на 1-й курс поступили около 600 студентов, в том числе 488 – на бюджетные места. Средний проходной балл ЕГЭ на все специальности и направления по подготовке – 186 ед.

16 августа.

Министерство образования и науки РФ объявило о начале очередного мониторинга эффективности вузов. Срок подачи вузовских материалов – до 16 сентября. Последующий анализ и результаты мониторинга планируется обсудить в Минобрнауке до 20 ноября.

Основные нововведения:

- включение в мониторинг негосударственных вузов и их филиалов;
- учет специфики образовательных учреждений (военные, творческие, транспортные и т. д.);
- учет количества выпускников, зарегистрированных на бирже труда в первый год по окончании вуза;
- учет количества зарубежных студентов, обучающихся по основным образовательным программам.

Прошлый мониторинг осенью 2012 г. осуществлялся по 5 критериям: средний балл ЕГЭ, процент иностранных студентов, объем научной работы, общий доход, площадь помещений на одного студента. В итоговый список российских вузов, подлежащих реорганизации, вошло 30 учебных заведений. Новосибирских вузов среди них не было.

Продолжается целенаправленная работа российских вузов по повышению своей конкурентноспособности и репутации в мировом сообществе. Подобная активность поддерживается государством, в частности, 15 ведущих университетов (без МГУ и СПбУ) в этом году получили крупные субсидии с целью улучшить нормативы затрат и свои позиции в международных рейтинговых системах. Сейчас наиболее признаны три: QS, Times, Шанхайская. В частности, система QS учитывает: академическую репутацию (40 % общей оценки), репутацию среди работодателей (10 %), соотношение преподавателей и студентов (20 %), индекс цитируемости (20 %), долю иностранных студентов (5 %) и преподавателей (5 %). В настоящее время международные рейтинги имеют уже 18 отечественных вузов, в том числе Новосибирский и Уральский государственные университеты.

22 августа.

День государственного флага Российской Федерации.

23 августа.

Исполнился ровно 1 год с момента присоединения РФ к Всемирной торговой организации (ВТО). РФ стала ее 156-м членом. Первый год членства был подготовительным: большинство преимуществ скажется лишь впоследствии, в результате коренной перестройки экономики, но уже откорректировано более

300 нормативных правовых актов, начинают снижаться (в течение 7 лет) тарифные платежи.

Основные выгоды для России определяются:

- улучшением имиджа;
- стабильным приростом ВВП;
- легализацией импорта;
- развитием конкуренции на внутреннем рынке и повышением конкурентоспособности отечественных товаропроизводителей;
- ростом требований к качеству рабочей силы и, как следствие, ростом качества отечественного профобразования;
- снижением таможенных тарифов на ряд товаров, в том числе на сложную электронную технику.

Указанные позиции имеют прямое отношение к совершенствованию научно-образовательной деятельности отечественных вузов, активно развивающих свой потенциал и международные контакты.

1 сентября.

День знаний. В СГГА прошли собрания первокурсников, на которых были выданы студенческие билеты, видные ученые и специалисты рассказали о содержании своих специальностей и перспективах их развития, в том числе практической деятельности выпускников через 4–5 лет.

В академии работала специализированная выставка, были показаны фильмы об СГГА и профессиях, которые получают в академии, а также прошли концертные программы лучших творческих коллективов.

Вступило в силу решение Ученого совета и ректора СГГА по реорганизации кафедр и оптимизации их кадрового состава.

6–7 сентября.

В Новосибирске прошел 5-й Международный молодежный инновационный форум «Интерра», посвященный проблемам образования, с участием 250 экспертов и более 500 участников из разных городов России и стран зарубежья. В рамках «Интерры» состоялся саммит Ассоциации инновационных регионов России, на котором Новосибирск был назван самым «инновационным городом России».

Активное участие в форуме приняли вузы города, в том числе геодезическая академия, организовавшая ряд интеллектуальных игровых мероприятий, среди которых выделялся традиционно популярный «Архитектурно-исторический геоэшинг по улицам г. Новосибирска».

На круглом столе обсуждались проблемы образования, получили поддержку проекты создания межвузовской магистратуры (НГАХА, СГГА, НГАСУ, СГУПС), межвузовского кампуса и «Школы Сколково».

9 сентября.

Вступили в действие «Правила внутреннего распорядка СГГА», конкретизирующие распорядок деятельности академии в целях создания благоприятных возможностей для реализации установленных Законом и Уставом вуза масштабных научно-образовательных и воспитательных задач.

«Правила», наряду с требуемыми нормами распорядка, поведения, ответственности, определяют также нормы открытости и доступности широкого спектра информации об академии и ее достижениях, включая материально-техническое и финансовое обеспечение образовательной и научной деятельности и ее результаты, лицензии и свидетельства государственной аккредитации, документы о порядке оказания платных образовательных услуг и др. В отдельных разделах «Правил» определены меры поощрения обучающихся и их коллективов, а также органы студенческого самоуправления.

В СГГА начались занятия по повышению квалификации в очередной группе слушателей-специалистов мэрии г. Новосибирска по программе «Регулирование земельно-имущественных отношений на муниципальном уровне» (руководитель – заведующий кафедрой кадастра и территориального планирования СГГА, проф. Е. И. Аврунев).

10 сентября.

Город Новосибирск и ряд районов Новосибирской области посетил министр сельского хозяйства России Н. Федоров с сопровождающей его группой специалистов Минсельхоза. Министр сделал акцент на сохранение российского села как исторической основы России, критично оценил состояние дел в АПК области, рекомендовал активнее развивать молочное животноводство, запустить областную программу устойчивого развития сельских территорий, а также открыл презентацию агротехпарка – ОАО «Элита», учрежденного правительством НСО, НГАУ и СО РАСХН с обещанием поддержать новый парк через специальные конкурсы.

15 сентября.

День работников леса. Торжественно отметили эту дату специалисты лесного хозяйства г. Новосибирска и Новосибирской области: Департамента лесного хозяйства Правительства области (руководитель – С. М. Швец), Новосибирского филиала ФГУ «Рослесинфорг» – Запсиблеспроект (директор – В. В. Перекальский), Тогучинского техникума лесного хозяйства (директор – Л. Т. Голдырев), лесничеств Новосибирской области. Отметим, что в каждой из названных организаций успешно работают выпускники нашего вуза НИИГАиК – СГГА.

19 сентября.

Новосибирская область в сентябре 2014 г. планирует торжественно отметить 60-летие освоения целинных и залежных земель, ставшее серьезной вехой

освоения сибирских территорий, становления отечественного землеустройства и земельно-оценочных работ.

Законодательное собрание объявило 5 конкурсов на лучшие работы в честь 20-летия Конституции РФ, в том числе для студентов и молодых ученых на тему «Реализация конституционных положений в законодательстве Новосибирской области».

16–20 сентября.

В Новосибирском Экспоцентре прошла Неделя промышленности и инновационных технологий, а в ее рамках – два крупных международных форума: «Сибаква–2013» и «Элком Россия–2013» с обсуждением устойчивого экономического развития Сибирских регионов и Новосибирской области. Особое внимание участников было обращено на использование традиционной и возобновляемой энергетики, проблемы экологической безопасности в области водохозяйственной деятельности.

По результатам экологического конкурса «Мы и чистый город» в число призеров вошли студенты СГГА, которые совместно с партнерами из НГАХА, экофонда «ИСАР-Сибирь», движения «Эка» и молодежным департаментом НСО представили оригинальный проект «Отдыхай, но не загрязняй!».

20 сентября.

Опубликован Приказ Минобрнауки РФ от 14.08.2013 г. № 958 «Об утверждении Порядка создания вузами страны кафедр и иных структурных подразделений на базе производственных и научных профильных организаций с целью обеспечения практической подготовки студентов» (Российская газета от 20.09.2013, № 211(6187)).

22 сентября.

Исполнилось ровно три года работы на посту губернатора Новосибирской области В. А. Юрченко.

К основным достижениям губернатора политологи, депутаты законодательного собрания области, представители бизнеса относят:

- рост основных социально-экономических показателей области и соответствующее продвижение ее в рейтинге регионов страны;
- повышение инвестиционной привлекательности области, связанное с активностью строительства автомагистралей, инновационной экономики, развитием социальной сферы, мощной поддержке села и АПК;
- умение выстраивать диалог и вырабатывать механизмы взаимодействия с депутатским корпусом, бизнесом, оппонентами и, как следствие, возросший личный авторитет на местном и федеральном уровне (по материалам газеты «Ведомости» № 45 от 20.09.2013).

28 сентября.

День работника атомной промышленности.

Причастны к этой дате и специалисты СГГА, много лет занимающиеся обеспечением безопасной эксплуатации атомных электростанций (АЭС), в том числе участвующие в ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС. Первые работы на Ленинградской АЭС были начаты еще в 1976 г., потом были и другие объекты. Среди специалистов прежних и нынешних лет здесь следует назвать профессоров В. Г. Конусова, И. В. Лесных, Г. А. Уставича, кандидатов наук Б. Н. Жукова, А. Л. Малиновского, В. И. Твердовского и О. В. Твердовского, Ю. И. Михеева, А. И. Федорова, О. Н. Тыщука, доцентов П. В. Мучина, В. Ф. Шаульского, заведующего лабораторией В. С. Никифорова и других, внесших значительный вклад в науку и практику геодезического обеспечения атомной энергетики.

СОДЕРЖАНИЕ

ГЕОДЕЗИЯ И ГЕОИНФОРМАТИКА

1. <i>А. П. Карпик, А. И. Каленицкий, А. Н. Соловицкий.</i> Новый этап развития геодезии – переход к изучению деформаций блоков земной коры в районах освоения угольных месторождений	3
2. <i>В. А. Падве, П. П. Мурзинцев.</i> Нормальные случайные погрешности измерений в геодезических сетях и их МНК-оценки	10
3. <i>Мохаммед Сабри Акреш.</i> Новые методологии в проекции Лагранжа.....	17
4. <i>Н. Б. Лесных, В. Е. Мизин.</i> О корреляции функций случайных ошибок измерений.....	21
5. <i>А. В. Никонов.</i> Исследование точности тригонометрического нивелирования способом из середины при визировании над разными подстилающими поверхностями	28
6. <i>С. О. Шевчук.</i> Факторы, влияющие на точность определения истинной высоты выносной вертолетной платформы аэрогеофизического комплекса фотограмметрическим способом	34
7. <i>Т. А. Широкова, А. Ю. Чермошенцев.</i> Исследование точности визирования на точки стереомодели, построенной по космическим снимкам сверхвысокого разрешения, при различном увеличении изображений	47

ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО, КАДАСТР И МОНИТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ

8. <i>А. П. Карпик, Д. Н. Ветошкин, О. П. Архипенко.</i> Совершенствование модели ведения государственного кадастра недвижимости в России	53
9. <i>М. А. Креймер.</i> Принципы построения региональных нормативов градостроительного проектирования.....	60
10. <i>В. Б. Жарников.</i> Рациональное использование земель как задача геоинформационного пространственного анализа	77
11. <i>В. А. Калюжин, Н. В. Одинцова.</i> Опыт внесения в государственный кадастр недвижимости зон с особыми условиями использования территорий.....	82
12. <i>Н. В. Гаврюшина, А. Л. Ильиных.</i> Особенности кадастрового учета частей объектов недвижимости при заключении договора аренды	88
13. <i>А. В. Дубровский, Е. Д. Подрядчикова.</i> О подходе к расчету показателя социальной комфортности населения для совершенствования системы оценки недвижимого имущества.....	94

ОПТИКА, ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

14. <i>Д. В. Кочкарев, В. В. Чесноков, Д. В. Чесноков.</i> Тепловая модель повреждений фотоприемников мощным наносекундным лазерным облучением.....	101
15. <i>В. С. Айрапетян, П. А. Береза.</i> Рассеяние света от поверхности лазерной керамики	115

16. <i>А. В. Кошелев, А. А. Дубинина.</i> Исследование реальных скоростей оптических волн по результатам прецизионных интерференционных и светодальномерных измерений.....	120
17. <i>В. Ф. Минин, И. В. Минин, О. В. Минин.</i> Максимальная скорость сплошной кумулятивной струи.....	128

КАРТОГРАФИЯ

18. <i>И. П. Каретина.</i> Место ретроспективных карт почвенного покрова земель населенных пунктов в классификации картографических произведений.....	138
19. <i>Д. В. Лисицкий, Нгуен Ань Тай.</i> Классификация и обоснование условных знаков крыш для трехмерных карт Вьетнама на основе признаков «Фэн-Шуй» и «У-Син».....	147

ХРОНИКА

20. Хроника событий и памятные даты СГГА.....	154
---	-----

CONTENTS

GEODESY AND GEOINFORMATION SYSTEMS

1. <i>A. P. Karpik, A. I. Kalenitsky, A. N. Solovitsky.</i> New stage of geodesy development: investigation of earth blocks deformation in regions of coal deposits development.....	3
2. <i>V. A. Padve, P. P. Murzintsev.</i> Normal accidental measurement errors in geodetic networks and least-square method assessment.....	10
3. <i>Mohammed Sabri Ali Akresh.</i> New methodologies in projection of Lagrange.....	17
4. <i>N. B. Lesnykh, V. E. Mizin.</i> Correlation of accidental measurement errors functions.....	21
5. <i>A. V. Nikonov.</i> Study of accuracy in trigonometric leveling by method “from the middle” when sighting over different underlying surfaces.....	28
6. <i>S. O. Shevchuk.</i> Factors affecting true altitude determination accuracy by photogrammetric techniques for helicopter external platform of aerial geophysical station.....	34
7. <i>T. A. Shirokova, A. Yu. Chermoshentsev.</i> Sighting accuracy study for stereomodel points developed by high-resolution satellite images with different image expansions.....	47

LAND MANAGEMENT, CADASTRE AND LAND MONITORING

8. <i>A. P. Karpik, D. N. Vetoshkin, O. P. Arkhipenko.</i> Improvement of state property cadastre maintenance model in Russia.....	53
9. <i>M. A. Kreimer.</i> Regional standards of urban designing: principles of development.....	60
10. <i>V. B. Zharnikov.</i> Rational land use as a problem of GIS spatial analysis.....	77
11. <i>V. A. Kalyuzhin, N. V. Odintsova.</i> Experience of entering zones of special use conditions into state property cadastre.....	82
12. <i>N.V. Gavryushina, A. L. Ilyinykh.</i> Features of cadastral registration of property unit parts when concluding lease contract.....	88
13. <i>A. V. Dubrovsky, E. D. Podryadchikova.</i> Social comfort of population: calculation of index to improve real property evaluation system.....	94

OPTICS, ELECTRO-OPTICAL DEVICES AND SYSTEMS

14. <i>D. V. Kochkarev, V. V. Chesnokov, D. V. Chesnokov.</i> Heat model of photodetector damages due to high-power nanosecond laser emission.....	101
15. <i>V. S. Airapetyan, P. A. Beryoza.</i> Light scattering from laser ceramics surface.....	115

16. <i>A. V. Koshelev, A. A. Dubinina</i> . Research of real velocities of optical waves by the results of precise interferometer and optical range finder measurements	120
17. <i>V. F. Minin, I. V. Minin, O. V. Minin</i> . Maximum speed of solid cumulative jet.....	128

CARTOGRAPHY

18. <i>I. P. Karetina</i> . Retrospective maps of settlement lands soil cover to be used in cartographic products classification	138
19. <i>D. V. Lisitsky, Nguen An Tai</i> . Classification and substantiation of conventional signs for roofs in 3d maps of Vietnam based on Feng-Shui and U-Sin.....	147

CHRONICLE

20. Chronicle of events and memorials in SSGA	154
---	-----

Правила оформления статей

Журнал «Вестник СГГА» публикует статьи, представляющие научный и практический интерес по современным вопросам наук о Земле, а также оптики, экономики, образования и пр.

Оформление статей, направленных в журнал, должно строго соответствовать приведенным правилам.

1. Статья должна быть представлена в редакцию журнала на одной стороне стандартного листа формата А4, а также в электронном варианте (на электронном носителе CD или по электронной почте: vestnik@ssga.ru).

2. Статья должна быть тщательно выверена автором. За достоверность и точность приведенных фактов, цитат, географических названий, собственных имен и прочих сведений несет ответственность автор.

3. Статья должна быть подписана автором (при наличии нескольких авторов – всеми соавторами).

4. К статье прилагается экспертное заключение о возможности опубликования, рецензия.

5. К статье соискателя, аспиранта обязательно прилагается рецензия научного руководителя.

6. Объем статьи (без информации об авторах), включая таблицы, иллюстративный материал и библиографический список, не должен превышать 10 страниц компьютерного текста (для гуманитарных наук – 16 страниц).

7. Порядок оформления статьи:

– УДК;

на русском и английском языках:

– заголовок;

– сведения об авторах: фамилия, имя, отчество полностью, ученая степень, ученое звание, должность, полное название места работы, его почтовый адрес, телефон, адрес электронной почты;

– аннотация статьи;

– ключевые слова.

Далее – основной текст статьи, библиографический список.

8. Текстовый материал должен быть набран на компьютере в формате Word 2003.

9. Кегль (размер) шрифта основного текста статьи – 14 пт, тип – Times New Roman, межстрочный интервал – одинарный.

10. Поля: левое, правое, верхнее и нижнее – по 20 мм, абзацный отступ – 10 мм, выравнивание по ширине.

11. Заголовок статьи набирается прописными буквами (шрифт Arial, кегль – 12).

12. Аннотация и ключевые слова набираются шрифтом Times New Roman, кегль – 12. Аннотация включает характеристику основной темы, проблемы объекта, цели работы и ее результаты. В аннотации указывают, что нового несет в себе данный документ в сравнении с другими, родственными по тематике и целевому назначению. Средний объем аннотации – 500 печатных знаков. Ключевые слова выбираются из текста публикуемого материала.

13. Названия и номера рисунков указываются под рисунками, названия и номера таблиц – над таблицами. Таблицы, схемы, рисунки, формулы, графики не должны выходить за пределы указанных полей.

14. Таблицы и рисунки должны быть помещены в тексте после абзацев, содержащих ссылки на них.

15. Ссылки на литературу помещаются в квадратных скобках. Библиографический список оформляется строго в соответствии с ГОСТ 7.05–2008 «Библиографическая ссылка».

16. Математические и химические формулы, а также знаки, символы и обозначения должны быть набраны на компьютере (сканированные формулы не принимаются). В формулах относительные размеры и взаимное расположение символов и индексов должны соответствовать их значению, а также общему содержанию формулы.

17. Формулы, набранные в редакторе формул Microsoft Equation 3,0, должны иметь кегль – 14, кегль индексов – 10. Буквы латинского алфавита, применяемые для обозначения единиц величин, набирают курсивом, буквы греческого алфавита, а также некоторые обозначения математических величин (cos, sin, tg, lim, const, lg и т. п.) – прямым шрифтом.

18. Научная терминология, обозначения, единицы измерения, символы, применяемые в статье, должны строго соответствовать требованиям государственных стандартов.

19. В авторском оригинале необходимо пронумеровать страницы по порядку.

20. Не допускается применение выделений в тексте статьи (жирного шрифта, курсива и т. п.).

21. Иллюстрации, приведенные в статье, должны быть высокого качества, хорошо читаемы и представлены в одном файле с текстом статьи.

22. Не допускается применение фоновых рисунков и заливки в схемах, таблицах.

23. Словесные надписи и числа на иллюстрациях должны иметь размер шрифта 12 пт.

При несоблюдении указанных правил редакция журнала не принимает статью к изданию.

Плата за публикацию статей с авторов не взимается.

Научное издание

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

Выпуск 3 (23)

Технический редактор редколлегии журнала: *И. О. Колганова*
Тел. (383)361-05-66, e-mail: vestnik@ssga.ru

Редакторы: *Е. К. Деханова, Е. Н. Ученова*
Компьютерная верстка: *Н. Ю. Леоновой, К. В. Ионко, Л. Н. Шиловой*
Перевод на английский язык: *И. В. Никоновой*

Изд. лиц. ЛР № 020461 от 04.03.97.
Подписано в печать 25.09.2013. Формат 70x100 1/16.
Печать цифровая.
Усл. печ. л. 13,38. Тираж 1 000 экз.
Заказ 117. 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.

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