



СГУГиТ

СИБИРСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГЕОСИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ

Вестник СГУГиТ

Научный журнал
Издается с 1996 г.
Выходит 4 раза в год

Вып. 3 (35). 2016

Главный редактор

А. П. Карпик

Редакционная коллегия:

К. С. Байков

В. Б. Жарников

(зам. главного редактора)

И. Г. Журкин

А. И. Каленицкий

Д. А. Ламерт

И. В. Лесных

Д. В. Лисицкий

А. А. Майоров

В. Н. Москвин

В. Н. Опарин

В. П. Савиных

Г. А. Сапожников

В. А. Середович

В. Ю. Тимофеев

Л. К. Трубина

А. Г. Чибуничев

В. Я. Черепанов

Т. А. Широкова

В. Б. Шлишевский

Х. К. Ямбаев

До 2015 г. журнал выходил
под названием
«Вестник СГГА»

Журнал входит в Перечень
рецензируемых научных
журналов, рекомендованных
ВАК для опубликования
основных научных результатов
диссертаций на соискание
ученой степени кандидата
и доктора наук

© СГУГиТ, 2016

СОДЕРЖАНИЕ

ГЕОДЕЗИЯ И МАРКШЕЙДЕРИЯ

Б. Т. Мазуров. Геодинамические системы (кинематические и деформационные модели блоковых движений)..... 5

Л. А. Липатников. Эксперимент по формированию геоцентрической земной координатной основы на территории России и ближнего зарубежья..... 16

Д. А. Абжапарова. Разработка специального варианта проекции Гаусса – Крюгера для инженерных городских геодезических работ в условиях Республики Кыргызстан 27

Е. К. Лагутина. Апробация методики включения сети постоянно действующих базовых станций Новосибирской области в государственную геодезическую сеть 35

В. А. Хамедов. Сравнение методов обнаружения лесных гарей по оптическим и радиолокационным космическим снимкам..... 43

Л. Х. Асланян. Исследование алгоритма решения дифантовых задач вида $\frac{4}{k} = \frac{1}{x} + \frac{1}{y} + \frac{1}{z}$, сформулированного П. Эрдёшем 57

А. В. Елагин, И. Е. Дорогова. Определение формы релятивистской уровенной поверхности осесимметричной модели Земли во вращающейся вместе с Землей системе отсчета..... 68

С. О. Шевчук, Н. С. Косарев, К. М. Антонович. Сравнение коммерческих программ постобработки ГНСС-измерений в режиме кинематики для геодезического обеспечения аэрогеофизических работ..... 79

А. В. Шевин. Геопорталы как базовые элементы инфраструктуры пространственных данных: анализ текущего состояния вопроса в России 102

**Свидетельство
о регистрации**
ПИ № ФС 77-62654
от 10.08.2015

**Подписные индексы
в каталогах:**
«Пресса России» – 43809
Электронный каталог
«Российская периодика»
(www.ideg.ru) – 43809э

Журнал включен
в Российский индекс
научного цитирования
(РИНЦ)

**Технический редактор
журнала**
А. В. Конева

Адрес редакции:
630108, Новосибирск,
ул. Плахотного, 10, к. 436
E-mail: vestnik@ssga.ru
Тел. (383)361-06-55
http://vestnik.ssga.ru

**Перевод на английский
язык**
Д. В. Романова

Редактор
Е. К. Деханова

Компьютерная верстка
К. В. Ионко
Н. Ю. Леоновой

Подписано в печать
26.09.2016.
Формат 70 × 100 1/16.
Усл. печ. л. 19,11.
Тираж 1 000 экз. Заказ 133.

Редакционно-издательский
отдел СГУГиТ
630108, Новосибирск,
ул. Плахотного, 10.

Отпечатано в картопечатной
лаборатории СГУГиТ
630108, Новосибирск,
ул. Плахотного, 8.

ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО, КАДАСТР И МОНИТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ

- А. Д. Власов, В. Б. Жарников.* Определение нормативов рационального использования земельных участков на основе моделирования их экономического потенциала..... 111
- А. В. Дубровский, И. Н. Кустышева.* Методическое и технологическое обеспечение рационального землепользования при добыче углеводородов с учетом региональных особенностей Крайнего Севера 128
- С. Р. Горобцов.* Применение системы ГИС инвестора для управления земельными ресурсами муниципальных образований 139
- В. Н. Ключниченко, Н. В. Каверин.* Особенности кадастрового учета многоконтурных земельных участков 150
- М. А. Креймер.* Метод анализа экономической эффективности территориального планирования (на примере Новосибирской области) 158
- Е. А. Гавриленко.* Методика учета объектов недвижимости, утративших статус защитного сооружения гражданской обороны 181
- В. В. Вылегжанина.* О некоторых результатах верификации данных, полученных в процессе интеграции государственного кадастра недвижимости и единого государственного реестра прав на недвижимое имущество и сделок с ним, и их использовании для целей налогообложения..... 190

ОПТИКА, ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ И КОМПЛЕКСЫ

- Г. А. Куриленко, В. С. Айрапетян.* Определение характеристик трещиностойкости деталей оптико-механических приборов 201

ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

- В. П. Зайцев, М. В. Клименко, И. И. Бочкарева.* Использование зоогумуса на основе личинок *musca domestica* в качестве сорбента нефтепродуктов 211
- И. Д. Махатков.* Непрерывное пространственное моделирование обилия и встречаемости растений с использованием дистанционных спектральных переменных (северная тайга Западной Сибири) 219



SSUGT
SIBERIAN STATE
UNIVERSITY OF GEOSYSTEMS
AND TECHNOLOGIES

Vestnik SSUGT

Scientific magazin
Published since 1996
Issued 4 times a year

Issue 3 (35). 2016

Chief editor:

A. P. Karpik

Editorial team:

K. S. Bajkov
V. B. Zharnikov
(Assistant chief editor)
I. G. Zhurkin
A. I. Kalenickij
D. A. Lamert
I. V. Lesnyh
D. V. Lisickij
A. A. Majorov
V. N. Moskvina
V. N. Oparin
V. P. Savinyh
G. A. Sapozhnikov
V. A. Seredovich
V. Ju. Timofeev
L. K. Trubina
A. G. Chibunichev
V. Ja. Cherepanov
T. A. Shirokova
V. B. Shlishevskij
H. K. Jambaev

Before 2015 г. Magazine
was published under the name
«Vestnik SSGA»

The journal is included
in the List of refereed scientific
journals, recommended
by HAC for publishing the
scientific results of dissertations
in candidacy for a degree
of Candidate or Doctor
of Science degree

© SSUGT, 2016

CONTENTS

GEODESY AND MINE SURVEY

B. T. Mazurov. Geodynamic system (kinematic and deformation model of block movements)..... 5

L. A. Lipatnikov. Implementation of a geocentric terrestrial reference frame for the territory of Russia and bordering countries 16

D. A. Abzhaparova. The development of a special variant of the projection Gauss – Krüger engineering for urban surveying in Kyrgyzstan 27

E. K. Lagutina. Testing methods of integration regional corm network and the russian state geodetic network 35

V. A. Khamedov. Comparison of methods for the detection of forest burnt areas on optical and radar space imagery 43

L. Kh. Aslanyan. Investigation and algorithms for solving diaphantine problems view, $\frac{4}{k} = \frac{1}{x} + \frac{1}{y} + \frac{1}{z}$, formulite Erdos 57

A. V. Elagin, I. E. Dorogova. The definition of relativistic level surface of axe-symmetrical Earth’s model in rotating with the Earth coorinate system..... 68

S. O. Shevchuk, N. S. Kosarev, K. M. Antonovich. Comparison of the commercial software performance of GNSS kinematic measurement postprocessing for aerial geophysics geodetic support 79

A. V. Shevin. Geoportals as a basic elements of spatial data infrastructure: analysis of current status of the issue in Russia.. 102

Registration certificate

ПИ № ФС 77-62654
от 10.08.2015

**Subscription indexes
in catalogues:**

«Russian press» – 43809
Electronic catalogue
«Russian periodicals»
(www.ideg.ru) – 43809Э

Magazine included in Russian
Science Citation Index (RSCI)

Layout editor of magazine

A. V. Koneva

Reduction address:

630108, Novosibirsk,
10 Plakhotnogo St., r. 436
E-mail: vestnik@ssga.ru
Tel. (383)361-06-55
http://vestnik.ssga.ru

English translation

D. V. Romanov

Editor

E. K. Dehanova

Desktop publishing

K. V. Ionko
N. Ju. Leonova

Signed to print 26.09.2016.
Format 70 × 100 1/16.
Conv. pr. sheets 19,11.
Circulation 1 000 copies.
Order 133.

Printing and publication
department SSUGT
630108, Novosibirsk,
10 Plakhotnogo St.

Printed in map printing
laboratory SSUGT
630108, Novosibirsk,
8 Plakhotnogo St.

**LAND MANAGEMENT,
CADASTRE AND LAND MONITORING**

- A. D. Vlasov, V. B. Zharnikov.* The definition of norms of land parcels rational use on the bases of modelling their economic potential 111
- A. V. Dubrovsky, I. N. Kustysheva.* Methodical and technological support of efficient land management in hydrocarbon extraction considering regional features of the Far North..... 128
- S. R. Gorobtsov.* Application of «GIS-investor» system for municipal land resource management 139
- V. N. Klyushnichenko, N. V. Kaverin.* Features of cadastral registration multi-loop land..... 150
- M. A. Kreymer.* Method of economic effectiveness of terrestrial planning (on the example of Novosibirsk region)..... 158
- E. A. Gavrilenko.* The registration method of real estate objects having lost the civil defense construction status..... 181
- V. V. Vylegzhanina.* Of some results of data verification obtained in integration process of state cadastre and unified state register of rights on real estate and deals with it and their use for taxation purposes 190

**OPTICS, OPTICAL AND ELECTRONIC
DEVICES AND COMPLEXES**

- G. A. Kurilenko, V. S. Ayrapetian.* Definition crack resistance characteristics of details of optics-mechanical instruments 201

**ECOLOGY AND ENVIRONMENTAL
MANAGEMENT**

- V. P. Zaitsev, M. V. Klimenko, I. I. Bochkareva.* The use of musca domestica larvae-based zoohumus as oil products sorption 211
- I. D. Makhatkov.* Continuous spatial modeling of richness and occurrence of plants using remote spectral data (northern taiga of Western Siberia)..... 219

ГЕОДЕЗИЯ И МАРКШЕЙДЕРИЯ

УДК 551.24.02

ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ (КИНЕМАТИЧЕСКИЕ И ДЕФОРМАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ БЛОКОВЫХ ДВИЖЕНИЙ)

Борис Тимофеевич Мазуров

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, доктор технических наук, профессор, кафедра физической геодезии и дистанционного зондирования, тел. (383)343-29-11, e-mail: btmazurov@mail.ru

Геодинамические системы – объекты, процессы, явления, которые по охвату территории бывают глобальные (планетарные), региональные и локальные. В последние могут включаться объекты инженерной геодинамики, состоящие из двух подсистем – инженерные сооружения и геофизическая (физико-геологическая) среда. Изучение геодинамических объектов и процессов является не только актуальной научной, но и практической проблемой. Это относится, например, к районам добычи полезных ископаемых, крупным гидроузлам, инженерным сооружениям и т. д. Важнейшей характеристикой геодинамических объектов является их напряженно-деформированное состояние, так как при достижении некоторого критического значения напряжений может произойти резкое изменение структуры объекта, свойств и т. п., вызывающее нежелательные и даже катастрофические для людей последствия. Изучение геодинамических объектов и процессов должно опираться на серьезные теоретические исследования, основным содержанием которых является моделирование движений и полей деформаций и напряжений с учетом разрывов и неоднородностей в земной коре.

В статье сделан обзор наиболее используемых в настоящее время кинематических и деформационных моделей блоковых движений и алгоритмов их получения по геодезическим данным. Отмечена наглядность и информативность визуализации полей смещений и деформаций по дискретным данным о движениях пунктов. Использование тематических карт и ГИС улучшают возможности для оперативного решения задач прогноза, снижения риска и уменьшения последствий геодинамических катастроф природного и техногенного характера.

Ключевые слова: геодинамические системы, напряженно-деформированное состояние, кинематические и деформационные модели, визуализация смещений и деформаций.

Информация о движениях и напряженно-деформированном состоянии (НДС) земной поверхности и земной коры, обусловленных эндогенными и экзогенными факторами, является важнейшей в аспекте прогноза катастрофических геодинамических процессов (землетрясений [1], извержений вулканов [2, 3], оползней [4, 5], сходов ледников, горных ударов и проседания грунтов в облас-

ти разработки полезных ископаемых [6] и т. п.). Аномальные техногенные геодинамические процессы вызывают горизонтальные сдвиги земной коры, разломообразование, подземные аварии [7, 8], наводнения; при этом страдают не только промышленные объекты [9], инженерные конструкции, жилые здания, но и население.

Кинематическими моделями блоков Земли глобального масштаба являются модели движения литосферных плит. Для их исследования на сферической Земле традиционно используют научные результаты великого математика Леонарда Эйлера [10]. Известна геофизическая модель движения литосферных плит NNR–NUVEL1A, которой соответствуют кинематические характеристики координатной системы ITRF. В последнее десятилетие предложены модели движений литосферных плит GEODVEL, MORVEL [11–13].

Однако, эти модели применимы, если считать плиты твердотельными. Но внутри плит существует иерархически связанная система вращающихся элементов (менее крупных плит, блоков), разделенных тектоническими разломами. Многие геодинамические системы различного пространственного масштаба представляют собой блочно-иерархические структуры [14]. Одним из результатов исследований М. А. Садовского является определение важной константы, которой является примерное отношение средних размеров блоков соседних уровней ($3,5 \pm 0,9$). Таким образом, геодинамические системы в общем случае являются сложными в структурном отношении и при решении задачи моделирования это необходимо учитывать.

Детализация при исследовании геодинамических систем должна учитывать в дополнение к вращениям также изменяемое во времени напряженно-деформированное состояние внутри самих блоков. Экспериментальные возможности получения необходимых количественных характеристик деформационных полей в настоящее время связаны с использованием ГНСС-технологий.

В [15] в дополнение к определениям вращения блока и характеристик сдвигов горных пород используются два дополнительных типа параметров: один для описания деформационного поля в пределах блоков, а другой для характеристики вращения в общей «системе координат» данных GPS-определений. Предполагается, что поля скоростей деформации в пределах блока могут содержать изменяемую (упругую) составляющую из-за изменения напряжений на границах разломов и неустранимую (постоянную) часть, которая предположительно происходит путем скольжения или локализованной деформации из-за внутренних сдвигов горных пород.

Исследование горизонтальных скоростей и тензора деформации для плит на сферической Земле дается в работе [16]. Уравнения смещений точки на плите $V_\theta(\theta, \lambda)$ и $V_\lambda(\theta, \lambda)$ предлагаются следующие:

$$\begin{aligned} V_\theta(\theta, \lambda) &= e_{\theta\theta} R(\theta - \theta_C) + e_{\theta\lambda} R \sin \theta_C (\lambda - \lambda_C); \\ V_\lambda(\theta, \lambda) &= e_{\theta\lambda} R(\theta - \theta_C) + e_{\lambda\lambda} R \sin \theta_C (\lambda - \lambda_C). \end{aligned}$$

В уравнениях $\theta = 90^\circ - \varphi$ – дополнение астрономической широты φ до 90° ; λ – астрономическая долгота; R – радиус Земли; θ_C, λ_C – координаты центра тяжести блока (геометрического центра формы). Три независимых компонента симметричного тензора деформации $e_{\theta\theta}, e_{\lambda\lambda}, e_{\theta\lambda}$ являются характеристиками изменения формы плиты.

Для региональных геодинамических систем возможен переход к исследованию в плоскости. В работе [17] предложено использование для качественного описания геодинамических систем дифференциальных уравнений. Некоторые кинематические модели связаны с понятием волноводов в земной коре. Большое внимание в науках о Земле уделяется вращательным движениям. В работах [18–22] приведены примеры исследований вращательных движений геодинамических систем различных масштабов геодезическими методами. Примеры оценки деформационного состояния вулканических областей по комплексным геодезическим данным даны в [2, 3].

Для пространственного тела тензор его деформаций T математически выражается в виде матрицы, элементы которой формируются из частных производных смещений u, v, w по осям координат x, y, z :

$$T = \begin{pmatrix} e_{xx} & e_{xy} & e_{xz} \\ e_{yx} & e_{yy} & e_{yz} \\ e_{zx} & e_{zy} & e_{zz} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{\partial u}{\partial x} & \frac{\partial u}{\partial y} & \frac{\partial u}{\partial z} \\ \frac{\partial v}{\partial x} & \frac{\partial v}{\partial y} & \frac{\partial v}{\partial z} \\ \frac{\partial w}{\partial x} & \frac{\partial w}{\partial y} & \frac{\partial w}{\partial z} \end{pmatrix}.$$

Обычно из соображения наглядности и удобства анализа деформационных свойств тензор T разлагается на два тензора T_ε и T_ω . Симметричный тензор T_ε отражает чистую деформацию, а кососимметричный тензор T_ω (девиатор) – вращение пространственного тела

$$T_\varepsilon = \begin{pmatrix} e_{xx} & \frac{e_{xy} + e_{yx}}{2} & \frac{e_{xz} + e_{zx}}{2} \\ \frac{e_{yx} + e_{xy}}{2} & e_{yy} & \frac{e_{yz} + e_{zy}}{2} \\ \frac{e_{zx} + e_{xz}}{2} & \frac{e_{zy} + e_{yz}}{2} & e_{zz} \end{pmatrix}; \quad T_\omega = \begin{pmatrix} 0 & \frac{e_{xy} - e_{yx}}{2} & \frac{e_{xz} - e_{zx}}{2} \\ \frac{e_{yx} - e_{xy}}{2} & 0 & \frac{e_{yz} - e_{zy}}{2} \\ \frac{e_{zx} - e_{xz}}{2} & \frac{e_{zy} - e_{yz}}{2} & 0 \end{pmatrix}.$$

Важными характеристиками, независимыми относительно системы координат, являются основные инварианты тензора второго ранга либо их комбинации [23]. Для пространственной модели локально-однородного деформирования с учетом классических методов геодезических наблюдений за современными

ми движениями земной коры в [24] описаны такие инвариантные характеристики (таблица).

Таблица

Основные инварианты тензора
второго ранга либо их комбинации

Данные о движениях	Линейный симметрич- ного тензора	Квадратичный симметричного тензора	Квадратичный (девиатора)
Вертикальные (по профилю)	e_{zz}	$-\frac{1}{4}e_{zx}$	$-\frac{1}{4}(e_{zx} + e_{zz})$
Вертикальные (по площади)	e_{zz}	$2e_{zz} - \frac{1}{4}(e_{zx}^2 + e_{zz}^2)$	$-\frac{1}{4}(e_{zx}^2 + e_{zy}^2 + e_{zz}^2)$
Горизонталь- ные	$e_{xx} + e_{yy}$	$e_{xx}e_{yy} - \frac{1}{4}(e_{xy} + e_{yx})^2$	$-\frac{1}{4}[(e_{xx} + e_{yy})^2 + (e_{xy} + e_{yx})^2]$

Конечно, наиболее востребованной является технология конечно-элементного (КЭ) разделения исследуемой территории и оценка деформационных параметров отдельно в каждом КЭ. Более общий случай – это конечно-элементное разделение на тетраэдры в трехмерных геодезических сетях. Объективно, востребованность в пространственном КЭ исследовании связана с горными и предгорными областями, вулканами, а также техногенными объектами типа крупных угольных разрезов, кимберлитовых месторождений, плотин ГЭС, крупных инженерных сооружений, мостов и др. Качество анализа обусловлено необходимостью учета свойств упругой среды, структурных связей между элементами, положений теории упругости теоретической механики. В пространственном случае оценка деформационных характеристик опирается на вычисление некоторых величин, в том числе инвариантных (независимых от системы отсчета координат).

Более часто используется модель плоской локально-однородной деформации. И если для пространства КЭ – тетраэдр, то для плоскости это треугольник.

Приведем основные характеристики деформации каждого треугольника.

1. Среднее расширение треугольника:

$$Q = e_{11} + e_{22}.$$

2. Компоненты сдвига:

$$Z_1 = e_{11} - e_{22};$$

$$Z_2 = e_{12} + e_{21}.$$

3. Максимальный сдвиг района:

$$Z_m = \sqrt{Z_1^2 + Z_2^2}.$$

4. Максимальное растяжение:

$$E_1 = \frac{Q}{2} + \frac{Z_m}{2}.$$

5. Минимальное растяжение:

$$E_2 = \frac{Q}{2} - \frac{Z_m}{2}.$$

6. Ориентация главных осей чистой деформации определяется углом W :

$$W = \frac{1}{2} \operatorname{arctg} \frac{Z_2}{Z_1}.$$

7. Разворот треугольника $\omega = \frac{e_{12} - e_{21}}{2}$; $\omega'' = \rho'' \omega$.

Параметры, характеризующие напряженное состояние объекта, определяются на основе моделей теории упругости. Тензор напряжений в отдельном треугольном элементе r вычисляется в соответствии с формулами закона Гука и формулами Коши

$$\sigma = D\varepsilon.$$

Для определения поля скоростей деформации по данным GPS-наблюдений используется в некоторых случаях методика, основанная на методе Шена (Shen) [25]. В этом методе компоненты горизонтальной скорости смещения u , v , компоненты тензора скорости деформации e_{xx} , e_{xy} , e_{yy} и скорость вращения ω в произвольной точке с координатами x_i , y_i связаны со скоростью смещения U , V в точке наблюдения с координатами X , Y следующим образом:

$$\begin{pmatrix} U \\ V \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & \Delta x_i & \Delta y_i & 0 & \Delta y_i \\ 0 & 1 & 0 & \Delta x_i & \Delta y_i & -\Delta x_i \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u \\ v \\ e_{xx} \\ e_{xy} \\ e_{yy} \\ \omega \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \varepsilon_x^i \\ \varepsilon_y^i \end{pmatrix}; \quad (1)$$

$$\varepsilon_x^i = \sigma_x^i \frac{\Delta x_i^2}{2D^2};$$

$$\varepsilon_y^i = \sigma_y^i \frac{\Delta y_i^2}{2D^2}.$$

В этих формулах $\Delta x_i = X - x_i$, $\Delta y_i = Y - y_i$, σ_x^i , σ_y^i – ошибки измерения скоростей смещения компонент X , Y ; D – вес измерения (Distance Decaying Constant, DDC). Значение DDC зависит от сети точек наблюдений, скорости смещения и тектонических особенностей региона. Дилатация (первый инвариант) θ и деформация сдвига в каждой точке вычисляются как

$$\theta = e_{xx} + e_{yy};$$

$$\Sigma = \sqrt{e_{xy}^2 + \frac{(e_{xx} - e_{yy})^2}{4}}.$$

При вычислении компонент скорости деформации, компонент горизонтальной скорости смещения и скорости вращения в i -й точке используются данные векторов всех соседних точек, расположенных в радиусе $2D$ от нее. При этом ε_x^i и ε_y^i играют роль весовых коэффициентов при решении системы уравнений, построенной согласно (1). Чем дальше от текущей точки находится пункт GPS-измерения и чем больше ошибка измерения скорости в нем, тем меньшее влияние он оказывает на результат решения системы уравнений для данной точки. Исходные данные для оценки скорости деформации представляли собой поле векторов скоростей, полученных по результатам геодезических наблюдений.

При визуализации полей напряжений облегчается экспертная оценка геодинимических систем, в том числе и наличия в них блоковых структур [26, 27]. Существенную помощь дает использование визуализации вертикальных смещений. Также актуальными являются технологии создания тематических карт и ГИС [28].

Заметим, что выделить один универсальный метод определения количественных оценок деформационного состояния геодинимических систем было бы неправильно. Выбор того или иного метода зависит от цели исследования, размеров и пространственных качеств наблюдаемой территории или техногенного объекта, плотности пунктов геодезической сети, частоты повторных наблюдений, опыта исследователя. И, конечно, лучшим вариантом является использование нескольких методов с дальнейшим сравнением полученных деформационных моделей и получением максимально объективной картины состояния геодинимических систем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шестаков Н. В., Герасименко М. Д., Охзоно М. Движения и деформации земной коры Дальнего Востока Российской Федерации, вызванные землетрясением Тохоку 11.03.2011 г., и их влияние на результаты GNSS-наблюдений // Геодезия и картография. – 2011. – № 8. – С. 35–43.
2. Мазуров Б. Т. Совместная математическая обработка и интерпретация нивелирных и гравиметрических наблюдений за вертикальными движениями земной поверхности и изменениями гравитационного поля в районе действующего вулкана // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2007. – № 4. – С. 11–21.
3. Мазуров Б. Т. Модель системы наблюдений за вертикальными движениями земной поверхности и изменениями гравитационного поля в районе действующего вулкана // Изв. вузов. Горный журнал. – 2007. – № 3. – С. 93–97.
4. Хорошилов В. С., Павловская О. Г., Носков М. Ф. Анализ и оценка по геодезическим данным динамики оползней в условиях проведения взрывных работ и разгрузки склонов // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2013. – № 4. – С. 19–24.
5. Гуляев Ю. П., Хорошилов В. С., Лисицкий Д. В. О корректном подходе к математическому моделированию деформационных процессов инженерных сооружений по геодезическим данным // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2014. – № 4/С. – С. 22–29.
6. Карпик А. П., Каленицкий А. И., Соловицкий А. Н. Новый этап развития геодезии – переход к изучению деформаций блоков земной коры в районах освоения угольных месторождений // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 3 (23). – С. 3–7.
7. Асташенков Г. Г., Горохова Е. И. Определение и анализ деформационных характеристик тоннелей в программном комплексе MATLAB // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2014. – № 4/С. – С. 12–14.
8. Ямбаев Х. К., Горохова Е. И. Мониторинг деформаций тоннелей методом наземного лазерного сканирования // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2014. – № 4/С. – С. 7–12.
9. Никонов А. В. Особенности применения современных геодезических приборов при наблюдении за осадками и деформациями зданий и сооружений объектов энергетики // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 4 (24). – С. 12–18.
10. Мазуров Б. Т., Медведев П. А. Леонард Эйлер – вклад для астрономии, небесной механики, геодезии, картографии, геодинамики // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014. X Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 8–18 апреля 2014 г.). – Новосибирск : СГГА, 2014. Т. 1. – С. 186–192.
11. Kogan M. G., Steblov G. M. Current global plate kinematics from GPS (1995–2007) with the plate-consistent reference frame // J Geophys Res. – 2008. – Vol.113, No B04416.
12. DeMets C., Gordon R. G., Argus D. F. Geologically current plate motions // Geophys J Int. – 2010. – Vol. 181. – P. 1–80.
13. The angular velocities of the plates and the velocity of Earth's centre from space geodesy / D. F. Argus, R. G. Gordon, M. B. Heflin, C. Ma, R. J. Eanes, P. Willis, W. R. Peltier, S. Owen // Geophys J Int. – 2010. – Vol. 180. – P. 913–960.
14. Садовский М. А., Писаренко В. Ф. Дискретные иерархические модели геофизической среды // Комплексные исследования по физике Земли. – М. : Наука, 1989. – С. 68–87.
15. McCaffrey R. Block kinematics of the Pacific–North America plate boundary in the southwestern United States from inversion of GPS, seismological, and geologic data // J. Geophys. Res. – 2005. – Vol. 110, No B07401.

16. Savage J. C., Gan W., Svarc J. L. Strain accumulation and rotation in the eastern California shear zone // *J. Geophys. Res.* – 2001. – Vol. 106. – P. 21995–22007.
17. Мазуров Б. Т. Геодинамические системы (теоретические основы качественного исследования горизонтальных движений) // *Вестник СГУГиТ.* – 2016. – Вып. 1 (33). – С. 26–35.
18. Дорогова И. Е. Изучение горизонтальных движений земной коры вращательного характера по данным геодезических наблюдений // *Геодезия и картография.* – 2013. – № 4. – С. 37–40.
19. Дорогова И. Е. Выявление блоковой структуры области земной коры, испытывающей горизонтальные движения вращательного характера // *Геодезия и картография.* – 2013. – № 5. – С. 36–39.
20. Мазуров Б. Т. Некоторые примеры определения вращательного характера движений земных блоков по геодезическим данным // *Геодезия и картография.* – 2010. – № 10. – С. 58–61.
21. Дорогова И. Е. Изучение движений и деформаций земной коры на геодинамическом полигоне Таштагольского железорудного месторождения // *Вестник СГГА.* – 2010. – Вып. 2 (13). – С. 9–13.
22. 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.
23. Terada T., Miyabe N. Deformation of the earth crust in Kwansai districts and its relation to the orographic feature // *Bull. Earthquake Res. Inst. – Univ. Tokyo,* 1929. – No 7. – 223 p.
24. Есиков Н. П. Тектонофизические аспекты анализа современных движений земной поверхности. – Новосибирск : Наука, 1979. – 182 с.
25. Shen Z., Jackson D. D., Ge B. X. Crustal deformation across and beyond the Los Angeles Basin from geodetic measurements // *J. Geophys. Res.* – 1996. – Vol. 101. P. 27957–27980.
26. Панжин А. А., Мазуров Б. Т., Силаева А. А. Визуализация характеристик деформационных полей по данным геодезических наблюдений // *Проблемы недропользования.* – 2015. – № 3. – С. 13–18.
27. Мазуров Б. Т., Панжин А. А., Силаева А. А. Структурное моделирование полученных по геодезическим данным сдвижений путем визуализации // *Геодезия и картография.* – 2016. – № 3. – С. 38–43.
28. Дышлок С. С., Николаева О. Н., Ромашова Л. А. К вопросу формализации процесса создания тематических карт в ГИС-среде // *Вестник СГУГиТ.* – 2015. – Вып. 2 (30). – С. 78–85.

Получено 15.06.2016

© Б. Т. Мазуров, 2016

GEODYNAMIC SYSTEM (KINEMATIC AND DEFORMATION MODEL OF BLOCK MOVEMENTS)

Boris T. Mazurov

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., D. Sc., Professor, Department of Physical Geodesy and Remote Sensing, tel. (383)343-29-11, e-mail: btmazurov@mail.ru

Geodynamic system that there are objects, processes, phenomena in terms of territory are the global (planetary), regional and local. The last may include engineering geodynamics, consisting of two subsystems - engineering structures and geophysical (physical and geological) environment. The study of geodynamic objects and processes is not only topical scientific and practical problem. This applies, for example, to the areas of mining, large hydro-technical facilities, engineering facilities, etc. The most important characteristic of geodynamic objects is their stress-strain state, since at some critical stress values may be a sharp change in the object structure, properties, etc., causing unwanted and even disastrous for the consequences. The study of geodynamic objects and processes should be based on serious theoretical research, the main content of which is a simulation of movements and fields of deformations and stresses taking into account discontinuities and heterogeneities in the earth's crust.

The article gives an overview of the most currently used kinematic and deformation models of block movements and algorithms of their receipt in the survey data. Marked visual and informative visualization of displacements and deformations on discrete data on the movements of the points. The use of thematic maps and GIS improve the possibilities for the operative decision of problems of the forecast, reduce risk, and reduce the effects of geodynamic catastrophes of natural and technogenic character.

Key words: geodynamic system, stress-strain state, kinematic and deformation models, visualization of displacements and deformations.

REFERENCES

1. Shestakov, N. V., Gerasimenko, M. D., & Okhzono, M. (2011). Crustal displacements and deformations in the Russian Far East caused by the Tohoku earthquake March 11, 2011 and their impact on GNSS observation results. *Geodeziya i kartografiya [Geodesy and Cartography]*, 8, 35–43 [in Russian].
2. Mazurov, B. T. (2007a). Joint mathematical processing and interpretation of the leveling and gravimetric observations of vertical movements of the earth's surface and changes of the gravitational field in the center of an active volcano, the news of higher educational institutions. *Izvestia vuzov Geodezija i ajerofotosemka [Geodesy and Aerophotography]*, 4, 11–21 [in Russian].
3. Mazurov, B. T. (2007b). The system model and observations of vertical movements of the earth's surface and changes of the gravitational field in the center of an active volcano. *Izvestia vuzov Gornyj zhurnal [Izvestia Vuzov. Mining Journal]*, 3, 93–97 [in Russian].
4. Horoshilov, V. S., Pavlovskaja, O. G., & Noskov, M. F. (2013). Analysis and assessment using geodetic observations of the dynamics of landslides in terms of blasting and unloading slopes, news of higher educational institutions. *Izvestia vuzov. Geodezija i ajerofotosemka [Izvestia Vuzov. Geodesy and Aerophotography]*, 4, 19–24 [in Russian].
5. Guljaev, Ju. P., Horoshilov, V. S., & Lisickij, D. V. (2014). The correct approach to mathematical modeling of deformation processes of engineering structures by geodetic data proceedings of higher educational institutions. *Izvestia vuzov. Geodezija i ajerofotosemka [Izvestia Vuzov. Geodesy and Aerophotography]*, S/4, 22–29 [in Russian].
6. Karpik, A. P., Kalenitskiy, A. I., & Solovitskiy, A. N. (2013). New stage of geodesy development: investigation of earth blocks deformation in regions of coal deposits development. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 3(23), 3–7 [in Russian].
7. Astashenkov, G. G., & Gorohova, E. I. (2014). Identify and analyze the deformation characteristics of the tunnels in the software package MATLAB. *Izvestia vuzov. Geodezija i ajerofotosemka [Izvestia Vuzov. Geodesy and Aerophotography]*, S/4, 12–14 [in Russian].
8. Jambaev, H. K., & Gorohova, E. I. (2014). Deformation monitoring of tunnels with the method of terrestrial laser scanning. *Izvestia vuzov. Geodezija i ajerofotosemka [Izvestia vuzov. Geodesy and Aerophotography]*, S/4, 7–12 [in Russian].

9. Nikonov, A. V. (2013). Features of application of modern surveying instruments for monitoring of sediments and deformation of buildings and constructions of energy. *Vestnik SSGA [Vestnik SSUGT]*, 4(24), 12–18 [in Russian].
10. Mazurov, B. T., & Medvedev, P. A. (2014). Leonhard Euler contribution to astronomy, celestial mechanics, geodesy, cartography, geodynamics. *Sbornik materialov Interekspo GEO-Sibir'-2014: Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii: T. 1. Ekonomicheskoe razvitie Sibiri i Dal'nego Vostoka. Ekonomika prirodopol'zovaniia, zemleustroistvo, lesoustroistvo, upravlenii e nedvizhimost'iu [Proceedings of Interexpo GEO-Siberia-2014: International Scientific Conference: Vol. 1. Economic Development of Siberia and the Far East. Environmental Economics, Land Management, Forestry Management and Property Management]* (pp. 186–192). Novosibirsk: SSGA [in Russian].
11. Kogan, M. G., & Steblou, G. M. (2008). Current global plate kinematics from GPS (1995–2007) with the plate-consistent reference frame. *J Geophys Res*, 113:B04416.
12. DeMets, C., Gordon, R. G., & Argus, D. F. (2010). Geologically current plate motions. *Geophys J Int*, 181:1-80.
13. Argus, D. F., Gordon, R. G., Heflin, M. B., Ma, C., Eanes, R. J., Willis, P., Peltier, W. R., & Owen, S. (2010). The angular velocities of the plates and the velocity of Earth's centre from space geodesy. *Geophys J Int*, 180:913-960.
14. Sadovsky, M. A., & Pisarenko, V. F. (1989). A discrete hierarchical model of the geophysical environment. In *Kompleksnye issledovaniya po fizike Zemli [Complex researches in physics of the Earth]* (pp. 68–87). Moscow: Nauka [in Russian].
15. McCaffrey, R. (2005). Block kinematics of the Pacific–North America plate boundary in the southwestern United States from inversion of GPS, seismological, and geologic data. *J. Geophys. Res.*, Vol. 110, No B07401. doi:10.1029/2004JB003307.
16. Savage, J. C., Gan, W., & Svarc, J. L. (2001). Strain accumulation and rotation in the eastern California shear zone. *J. Geophys. Res.*, 106, 21995–22007.
17. Mazurov, B. T. (2016). Geodynamical system (the theoretical foundations of qualitative research horizontal movements. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 1(33), 26–35 [in Russian].
18. Dorogova, I. E. (2013a). The study of horizontal earth crust movements of the rotational nature of the survey observations. *Geodeziya i kartografiya [Geodesy and Cartography]*, 4, 37–40 [in Russian].
19. Dorogova, I. E. (2013b). Identify the block structure of the region of the earth's crust, experiencing horizontal movement of a rotary character. *Geodeziya i kartografiya [Geodesy and Cartography]*, 5, 36–39 [in Russian].
20. Mazurov, B. T. (2010). Some examples of determining the rotational nature of the movements of the earth blocks on geodetic data. *Geodeziya i kartografiya [Geodesy and Cartography]*, 10, 58–61 [in Russian].
21. Dorogova, I. E. (2010). The study of the movements and deformation of earth crust on geodynamic polygon of the Tashtagol iron-ore Deposit. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 2, 9–13 [in Russian].
22. Mazurov, B. T., Dorogova, I. E., & Derbenev, K. V. (2012). Horizontal crustal movements of the rotational nature of the observed on the geodynamic polygons. *Sbornik materialov Interekspo GEO-Sibir'-2012: Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii: T. 1. Geodeziya, geoinformatika, kartografiya, marksheyderiya [Proceedings of Interexpo GEO-Siberia-2014: International Scientific Conference: Vol. 1. Geodesy, geoinformatics, cartography, mine survey]* (pp. 232–336). Novosibirsk: SSGA [in Russian].
23. Terada, T., & Miyabe, N. (1929). Deformation of the earth crust in Kwansai districts and its relation to the orographic feature. *Bull. Earthquake Res. Inst., Univ. Tokyo*, 7, 223.

24. Esikov, N. P. (1979). *Tektonofizicheskie aspekty analiza sovremennykh dvizheniy zemnoy poverkhnosti [Tectonophysical aspects of the analysis of modern movements of the earth's surface]*. Novosibirsk: Science [in Russian].
25. Shen, Z., Jackson, D. D., & Ge, B. X. (1996). Crustal deformation across and beyond the Los Angeles Basin from geodetic measurements. *J. Geophys. Res.*, 101, 27957–27980.
26. Panzhin, A. A., Mazurov, B. T., & Silaeva, A. A. (2015). Visualization of the deformation characteristics of the fields according to geodetic observations. *Problemy nedropol'zovanija [Problems of Mineral Resources]*, 3, 13–18 [in Russian].
27. Mazurov, B. T., Panzhin, A. A., & Silaeva, A. A. (2016). Structural modeling of geodetic data obtained by the displacement by rendering. *Geodeziya i kartografiya [Geodesy and Cartography]*, 3, 38–43 [in Russian].
28. Dyshljuk, S. S., Nikolaeva, O. N., & Romashova, L. A. (2015). To the question of formalization of the process of creating thematic maps in GIS environment. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 2(30), 78–85 [in Russian].

Received 15.06.2016

© B. T. Mazurov, 2016

УДК 528.23

ЭКСПЕРИМЕНТ ПО ФОРМИРОВАНИЮ ГЕОЦЕНТРИЧЕСКОЙ ЗЕМНОЙ КООРДИНАТНОЙ ОСНОВЫ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ И БЛИЖНЕГО ЗАРУБЕЖЬЯ

Леонид Алексеевич Липатников

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, кандидат технических наук, научный сотрудник, тел. (923)227-89-57, e-mail: lipatnikov_1@mail.ru

В статье описан эксперимент, в ходе которого с помощью программного обеспечения Bernese 5.2 были оценены координаты и вековые скорости пунктов фундаментальной астрономо-геодезической сети России и геодезической сети Международной ГНСС-службы, а также были определены параметры связи созданной таким образом координатной основы с ГСК-2011, ПЗ-90.11, ITRF2008, ITRF2014, WGS84, СК-95 и др. В результате эксперимента получена некоторая новая реализация земной геоцентрической системы координат. Выполнена оценка точности решения задачи: стандартные отклонения остаточных невязок при преобразовании координат из реализованной геоцентрической системы в ITRF2014 составили 4 мм по оси X , 3 мм по оси Y , 8 мм по оси Z . Полученные результаты планируется использовать при формировании высокоточной координатной основы, включающей все доступные постоянно действующие базовые станции на территории России.

Ключевые слова: координатно-временное и навигационное обеспечение, координатная основа, система координат, глобальные навигационные спутниковые системы, постоянно действующие базовые станции, геодезическая сеть, уравнивание.

Введение

Одним из слабых мест в современной структуре координатно-временного и навигационного обеспечения (КВНО) России является недостаточное количество постоянно действующих базовых станций (ПДБС) глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) в составе государственной геодезической сети (ГГС). В 2015 г. насчитывалось лишь 46 базовых станций, относящихся к фундаментальной астрономо-геодезической сети (ФАГС) [1]. В то же время, по данным [2] в России существует около 1 200 ПДБС, входящих в различные не связанные между собой геодезические сети. Актуальной задачей является объединение этих станций в единую сеть, организация ее уравнивания и постоянного мониторинга. Ранее в статье [3] были представлены предложения по совершенствованию структуры опорных геодезических сетей России и реализации единого однородного геодезического построения, которое включало бы все доступные ПДБС. Целью данной работы является реализация первого шага по созданию такой геодезической сети.

Перспективная структура опорной геодезической сети

Предложенная в работе [3] перспективная структура геодезической координатной основы и реализующей ее опорной геодезической сети ориентиро-

вана на оптимальное применение наиболее передовых методов позиционирования и синхронизации, в частности методов Precise Point Positioning (PPP), Real Time Kinematic (RTK) и PPP-RTK, в том числе для реализации хронометрического нивелирования [4]. Современная геодезическая сеть является неотъемлемой частью двух систем: системы КВНО и системы наблюдения за Землей (GGOS, GEOSS) [5]. Набор оборудования и плотность сети должны определяться для каждого региона России исходя из задач, решаемых этими двумя системами. ПДБС должны играть основную роль в структуре опорной геодезической сети. Следует использовать инфраструктуру существующих ПДБС для создания многофункциональных автоматизированных пунктов комплексных геофизических наблюдений, включая ГНСС-измерения, нивелирование, гравиметрические и метеорологические измерения. Предложено объединить ГГС и независимые сети ПДБС в рамках более широкой инфраструктуры для поддержания земной координатной основы, решения задач КВНО и сбора геофизических данных. Также данная инфраструктура должна включать наземные навигационные системы для дублирования ГНСС и повышения надежности системы КВНО. Существующая пассивная геодезическая сеть также должна быть сохранена для этой цели.

Далее описана предложенная двухуровневая структура опорной геодезической сети (ОГС), которая должна реализовать объединенную координатную основу.

Первый уровень ОГС должен обеспечивать решение задач КВНО и геофизических наблюдений с наивысшей достижимой точностью и максимальной оперативностью на территории страны и сопредельных территориях. Этот уровень должен объединять следующие элементы:

- фундаментальную астрономо-геодезическую сеть (ФАГС);
- высокоточную геодезическую сеть (ВГС);
- сертифицированные региональные сети базовых станций (ПДБС-1);
- наземные навигационные системы (НС-1) типа Locata [6].

Перечисленные системы достаточно разнородны. Все они, за исключением ВГС, фактически представляют собой активные геодезические сети. Общим для всех этих систем является то, что они потенциально применимы для позиционирования с погрешностями на сантиметровом уровне, что сопоставимо с точностью определения координат геодезических пунктов ФАГС. Крайне важно обеспечить согласованность значений координат пунктов или, другими словами, высокую точность внутренней геометрии геодезической сети, избежать ее деформации. В противном случае погрешности определения взаимного положения пунктов будут сказываться на точности КВНО. Поэтому необходимо (виртуальное) объединение перечисленных сетей и их уравнивание как единого геодезического построения – первого уровня предлагаемой структуры ОГС. Таким образом, удастся обеспечить согласованность координатной основы и минимизировать ее деформацию.

Следует отметить, что деформация координатной основы была, вероятно, наиболее важной проблемой реализаций ранее применявшихся государственных систем координат, в том числе СК-95.

Второй уровень ОГС является в большей степени вспомогательным и обеспечивает дублирование функций сети первого уровня для повышения надежности единой системы КВНО. Этот уровень включает:

- спутниковую геодезическую сеть 1-го класса (СГС-1);
- классическую астрономо-геодезическую сеть 1–4-го класса (АГС);
- ПДБС, не прошедшие сертификацию (ПДБС-2 – «станции-кандидаты»);
- наземные навигационные системы типа eLoran (ННС-2) [7].

Предполагается параллельное развитие трех независимых взаимодополняющих сегментов объединенной опорной геодезической сети:

- государственной геодезической сети (ФАГС, ВГС, СГС-1, АГС);
- федеративной сети ПДБС (организационно независимые сети ПДБС и отдельные станции, передающие данные в единый информационный центр);
- перспективный сегмент наземных навигационных систем.

Описанная структура представлена на рис. 1.



Рис. 1. Опорные геодезические сети в структуре объединенной координатной основы России

Предложенный в работе [3] порядок уравнивания объединенной геодезической сети в качестве первого этапа предполагал оценивание координат пунктов ФАГС и IGS с опорой на международную координатную основу ITRF.

Оценивание координат и скоростей ПДБС

В рамках первого этапа построения описанной выше объединенной координатной основы был выполнен эксперимент по оцениванию координат и скоростей пунктов перспективной сети первого уровня, формированию «ядра» новой координатной основы и вычислению параметров связи реализуемой системы координат с существующими координатными основами.

Координаты пунктов оценивались с помощью программного пакета Bernese 5.2. Данные измерений на ПДБС ФАГС были предоставлены ФГБУ «Центр геодезии, картографии и инфраструктуры пространственных данных». Данные ГНСС-измерений на пунктах Международной ГНСС-службы (IGS) были получены с сервера этой службы [8]. Наблюдательная кампания охватывала пятилетний интервал и включала два периода: с 01.12.2010 по 31.01.2011 и с 01.12.2015 по 31.01.2016. Такой подход позволил обеспечить достаточно высокую точность определения вековых скоростей пунктов и исключить сезонные вариации поля скоростей. Также использовались данные, предоставленные Европейским центром определения орбит (CODE), в том числе окончательные уточненные эфемериды космических аппаратов и поправки бортовых шкал времени, параметры состояния ионосферы, параметры вращения Земли, оценки дифференциальных задержек кодовых сигналов. Координаты всех пунктов определялись методом Precise Point Positioning по данным GPS-измерений. Подробно метод Precise Point Positioning, типы и источники исходных данных описаны в работе [9], на русском языке – в работе [10]. Использовались ионосферно-свободные комбинации результатов кодовых и фазовых измерений с учетом поправок за влияние ионосферы 2-го и 3-го порядка.

В дальнейшем предполагается выполнить оценивание координат по одинарным и двойным разностям ГНСС-измерений, в том числе с использованием данных ГЛОНАСС. Оценивание координат выполнялось программой GPSEST на каждом суточном интервале. Затем на основе нормальных уравнений, полученных для каждого суточного сеанса, с помощью программы ADDNEQ2 была сформирована и решена система нормальных уравнений для всей наблюдательной кампании с включением параметров вековых скоростей пунктов. Станции, координаты и скорости которых определялись в ходе эксперимента, показаны на рис. 2. Синим цветом на рис. 2 показаны границы литосферных плит согласно работе [11].

В результате был получен набор значений координат и скоростей 49 пунктов ФАГС и IGS, реализующий некоторую новую систему координат, соответствующую по теоретическому описанию ITRS, близкую к другим реализациям ITRS, таким как ITRF2014, ПЗ-90.11, ГСК-2011.

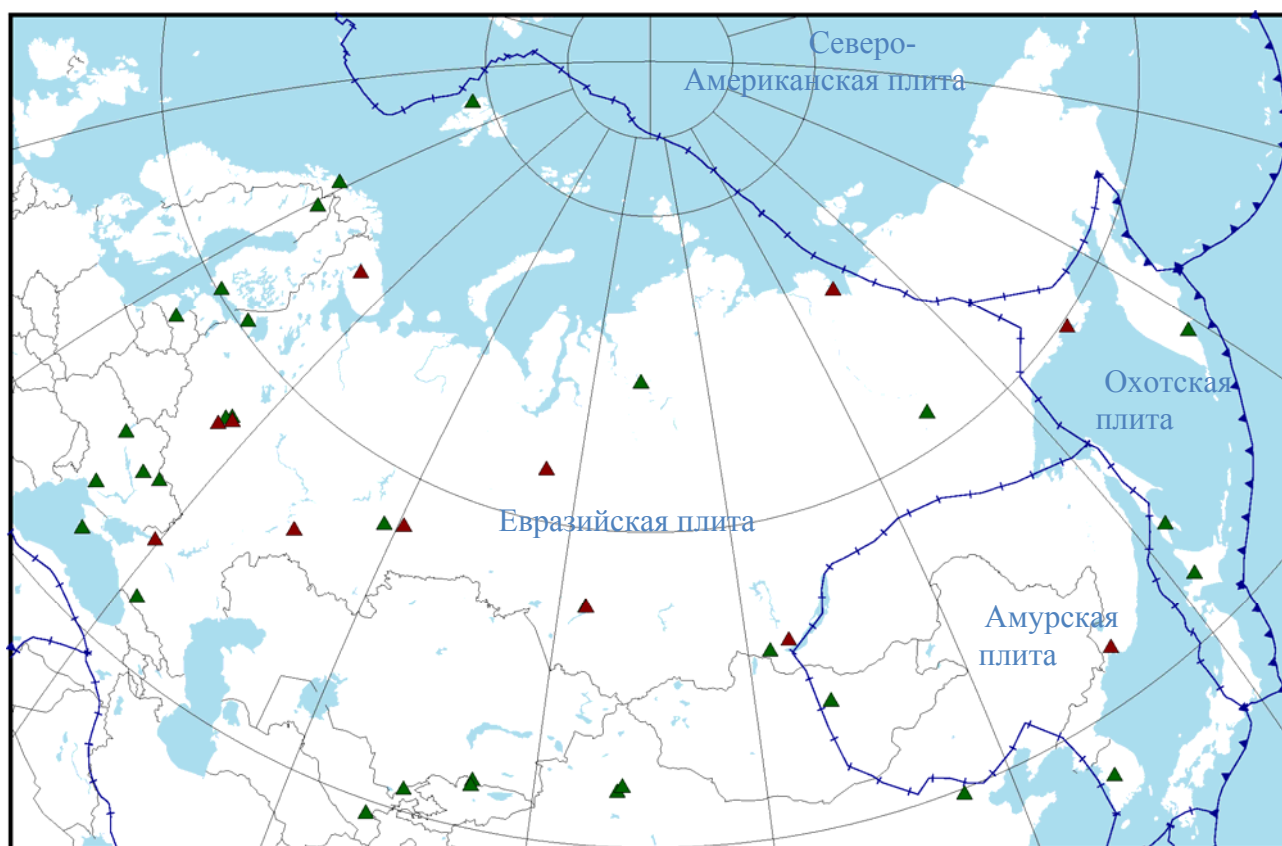


Рис. 2. Расположение задействованных станций:
 ▲ – станция ФАГС (Росреестр); ▲ – станция IGS

Оценивание параметров трансформирования

Преобразование декартовых координат в трехмерном евклидовом пространстве может быть описано формулой Гельмерта:

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_B = (1+m) \cdot \begin{pmatrix} 1 & \omega_z & -\omega_y \\ -\omega_z & 1 & \omega_x \\ \omega_y & -\omega_x & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_A + \begin{pmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{pmatrix}, \quad (1)$$

где $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ – сдвиг начала системы координат А относительно начала системы координат Б, $m; \omega_x, \omega_y, \omega_z$ – малые углы наклона координатных осей системы Б относительно системы А (вращается А до совмещения с Б), рад; m – масштабный параметр.

В ходе эксперимента были вычислены параметры формулы Гельмерта (1) для перехода от различных систем координат к новой системе. Результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1

Элементы трансформирования в систему координат, реализуемую оцененным набором координат ПДБС (система Б)

Система А	ΔX , м	ΔY , м	ΔZ , м	ω_x , 10^{-3} угл. с	ω_y , 10^{-3} угл. с	ω_z , 10^{-3} угл. с	m , 10^{-6}
ITRF2014*	0,004	-0,011	0,006	0,473	-0,017	0,005	-0,000 8
ITRF2008*	-0,004	-0,007	0,003	0,268	-0,258	0,053	-0,001 1
IGb08*	0,000	-0,009	0,003	0,290	-0,131	-0,075	-0,001 3
ГСК-2011	-0,007	0,006	-0,005	-0,275	-0,319	0,108	-0,001 7
ПЗ-90	-1,450	0,148	0,225	-2,013	3,240	-134,155	-0,229 1
ПЗ-90.02	-0,380	0,178	0,205	-2,013	3,240	-4,155	-0,009 1
ПЗ-90.11	-0,007	-0,008	0,003	0,287	-0,300	0,055	-0,001 1
СК-42	23,550	-140,852	-79,775	-2,013	-346,760	-794,155	-0,229 1
СК-95	24,450	-130,792	-81,535	-2,013	3,240	-134,155	-0,229 1
WGS84 (G1150)	-0,020	0,098	0,025	-2,013	3,240	-4,155	-0,009 1
WGS84 (G1762)	-0,004	-0,007	0,003	0,268	-0,258	0,053	-0,001 1

Наборы параметров, отмеченные звездочкой в табл. 1, были получены путем оценивания по методу наименьших квадратов с помощью программы HELMR1, входящей в пакет Bernese 5.2. Остальные наборы параметров вычислены на основе полученных оценок и данных, приведенных в источниках [12–14]. Среднеквадратические погрешности (СКП) оцененных параметров приведены в табл. 2.

Таблица 2

Среднеквадратические погрешности оценок элементов трансформирования из системы А в новую систему (Б)

Система А	СКП ΔX , м	СКП ΔY , м	СКП ΔZ , м	СКП ω_x , 10^{-3} угл. с	СКП ω_y , 10^{-3} угл. с	СКП ω_z , 10^{-3} угл. с	СКП m , 10^{-6}
IGb08	0,004	0,005	0,004	0,181	0,149	0,123	0,000 6
ITRF2008	0,004	0,005	0,004	0,168	0,117	0,101	0,000 5
ITRF2014	0,003	0,004	0,003	0,152	0,100	0,086	0,000 4

Таким образом, в ходе эксперимента были определены параметры связи реализованной системы координат с основными существующими системами. Координаты, скорости пунктов и элементы трансформирования можно отнести к пространственно-временным параметрам. Геодезические и гравиметри-

ческие параметры связи определяются применяемой моделью нормальной Земли. В данном случае это земной эллипсоид GRS80, значения параметров которого приведены в табл. 3 [15].

Таблица 3

Параметры земного эллипсоида GRS80

Константа	Значение	Описание
GM_{\oplus}	$3,986\ 005 \times 10^{14} \text{ м}^3/\text{с}^2$	Гравитационный параметр Земли
a_E	6 378 137 м	Большая полуось эллипсоида
α	1/298,257 222 101	Сжатие эллипсоида
$J_{2\oplus}$	$1,082\ 63 \times 10^{-3}$	Коэффициент второй зональной гармоники нормального потенциала
ω	$7,292\ 115 \times 10^{-5} \text{ рад/с}$	Угловая скорость вращения Земли

Следует отметить, что полученный набор пространственно-временных параметров совместим и с другими моделями нормальной Земли. В частности, созданную координатную основу предполагается использовать при разработке релятивистской модели фигуры Земли в продолжение работы [16].

Оценка точности реализации системы координат

Среднеквадратические погрешности оценок координат и скоростей пунктов, вычисленные программой ADDNEQ2 по остаточным невязкам на этапе оценивания координат по ГНСС-измерениям, не превышают соответственно 0,5 мм и 0,1 мм/год.

Более надежным критерием оценки точности являются стандартные отклонения (СО) остаточных невязок, полученных при оценивании параметров трансформирования. Величины стандартных отклонений остаточных невязок трансформирования координат из каталогов IGb08, ITRF2008, ITRF20014 в новую систему координат, а также число станций, использовавшихся при оценивании параметров трансформирования, приведены в табл. 4.

Таблица 4

Оценка точности реализации системы координат по остаточным невязкам трансформирования

Система А	Стандартные отклонения остаточных невязок по осям			Всего станций	Отбраковано станций
	X, м	Y, м	Z, м		
IGb08	0,003	0,007	0,010	22	0
ITRF2008	0,003	0,006	0,010	31	2
ITRF2014	0,004	0,003	0,008	36	4

С учетом величин оценок параметров трансформирования и стандартных отклонений остаточных невязок, приведенных в табл. 3 и 4, сделан вывод о том, что полученный набор координат согласуется с координатной основой ITRF2014 на сантиметровом уровне. Тому же уровню соответствует погрешность определения положения геоцентра в новой реализации системы координат, так как в ITRF2014 оно моделируется с погрешностями порядка миллиметра [17].

Оценка точности современной отсчетной основы, применяемой в России, приводится в работах [1, 13, 18].

Заключение

В ходе экспериментального исследования были определены координаты и скорости геодезических пунктов ФАГС и IGS на территории России и ближнего зарубежья, отработана методика оценивания координат, что является первым шагом на пути реализации перспективной структуры опорных геодезических сетей России. Выполнен анализ точности новой реализации геоцентрической системы координат и определены параметры связи этой системы с ITRF2014, ITRF2008, IGB08, ГСК-2011, ПЗ-90.11, ПЗ-90.02, СК-95, СК-42, WGS84. Показано, что полученный каталог координат согласуется на сантиметровом уровне с координатной основой ITRF2014, являющейся на данный момент самой точной и современной реализацией общеземной системы координат ITRS.

В дальнейшем геодезическая сеть, сформированная из пунктов ФАГС и IGS, будет расширена за счет включения в нее региональных ПДБС. Работа в этом направлении в перспективе позволит создать в России современную высокоточную координатную основу и значительно повысить эффективность единой системы координатно-временного и навигационного обеспечения.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 14-27-00068).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Горобец В. П., Ефимов Г. Н., Столяров И. А. Опыт Российской Федерации по установлению государственной системы координат 2011 года // Вестник СГУГиТ. – 2015. – Вып. 2 (30). – С. 24–37.
2. Некоммерческое партнерство операторов сетей высокоточного спутникового позиционирования (НП ОСВСП) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://nposvsp.ru/index.php?id=6>.
3. Карпик А. П., Липатников Л. А., Лагутина Е. К. О направлении развития опорной геодезической сети России как элемента единой системы координатно-временного и навигационного обеспечения // Гироскопия и навигация. – 2016. – Т. 24, № 2 (93). – С. 87–94 doi:10.1134/S207510871603007X.
4. Delva P., Lodewyck J. Atomic clocks: new prospects in metrology and geodesy // Acta Futura. – 2013. – Т. 7. – pp. 67–78 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.esa.int/gsp/act/doc/actafutura/af07/act-bok-af07.pdf>
5. International Association of Geodesy. The Global Geodetic Observing System (GGOS) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ggos.org/>.

6. Montillet J.-P. On the improvements of the single point positioning accuracy with Locata technology / J.-P. Montillet, L. K. Bonenberg, C. M. Hancock, G. W. Roberts // *GPS Solut.* – 2013. – Т. 18, № 2. – С. 273–282. doi:10.1007/s10291-013-0328-6.
7. eLoran Technologies [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elorantechologies.com/eloran-technologies/>.
8. Scripps Orbit and Permanent Array Center (SOPAC) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <ftp://garner.ucsd.edu/pub/rinex/>.
9. Kouba J., Héroux P. Precise point positioning using IGS orbit and clock products // *GPS Solut.* – 2001. – Vol. 5, I. 2. – pp. 12–28. doi:10.1007/PL00012883.
10. Липатников, Л. А. Совершенствование методики точного дифференциального позиционирования с использованием глобальных навигационных спутниковых систем : дис. ... канд. техн. наук: 25.00.32 / Липатников Леонид Алексеевич ; Сибирская государственная геодезическая академия. – Новосибирск, 2014. – 144 с.
11. Bird P. An updated digital model of plate boundaries // *Geochem. Geophys. Geosystems.* – 2003. – Т. 4, № 3.
12. Department of Defense World Geodetic System 1984. Its Definition and Relationships with Local Geodetic Systems. Version 1.0.0 [Электронный ресурс]. – NGA, 2014. – Режим доступа: <http://earth-info.nga.mil/GandG/publications>
13. Параметры Земли 1990 года (ПЗ-90.11). Справочный документ [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа: <http://structure.mil.ru/files/pz-90.pdf>
14. ГОСТ 32453–2013. Глобальная навигационная спутниковая система. Системы координат. Методы преобразований координат определяемых точек: межгос. стандарт. – Введ. 01.07.2014 – М. : Стандартинформ, 2014.
15. IERS Conventions (2010). Technical Note No. 36 – International Earth Rotation and Reference Systems Service. – 2010 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.iers.org/nn_11216/SharedDocs/Publikationen/EN/IERS/Publications/tn/TechnNote36/tn36,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/tn36.pdf
16. Kopeikin S. M., Mazurova E. M., Karpik A. P. Towards an exact relativistic theory of Earth's geoid undulation // *Phys. Lett. A.* – 2015. – Vol. 379, I. 26–27. – pp. 1555–1562.
17. ITRF2014: A new release of the International Terrestrial Reference Frame modeling non-linear station motions / Z. Altamimi, P. Rebischung, L. Métivier, X. Collilieux // *J. Geophys. Res. Solid Earth.* – 2016 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/2016JB013098/full>
18. Анализ состояния государственной геодезической сети России с учетом существующих и перспективных требований / Е. М. Мазурова, К. М. Антонович, Е. К. Лагутина, Л. А. Липатников // *Вестник СГГА.* – 2014. – Вып. 3 (27). – С. 84–89.

Получено 12.08.2016

© Л. А. Липатников, 2016

IMPLEMENTATION OF A GEOCENTRIC TERRESTRIAL REFERENCE FRAME FOR THE TERRITORY OF RUSSIA AND BORDERING COUNTRIES

Leonid A. Lipatnikov

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., Researcher, tel. (923)227-89-57, e-mail: lipatnikov_l@mail.ru

The article describes an experimental estimation of coordinates and velocities of reference points of the Russian fundamental astro-geodetic network and the International GNSS Service

tracking network using Bernese GNSS software 5.2. As a result of the experiment a new implementation of geocentric reference frame was obtained. Transformation parameters from the new reference frame to GSC-2011, PZ-90.11, ITRF2008, ITRF2014, WGS84, SC-95 and other reference frames were calculated. According to the results of accuracy evaluation the standard deviations of residuals of transformation from the new data set representing a new reference frame to ITRF2014 were 4 mm along X axis, 3 mm along Y axis, 8 mm along Z axis. The obtained results are to be used for development of a highly accurate and precise reference frame which shall include all available continuously operating reference stations in the territory of Russia.

Key words: Positioning, Navigation, Timing, terrestrial reference frame, reference system, Global Navigation Satellite Systems, Continuously Operating Reference Stations, geodetic network, adjustment.

REFERENCES

1. Gorobets, V. P., Yefimov, G. N. & Stolyarov, I. A. (2015) Experience of Russian Federation in establishment of National Coordinate System 2011. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 2(30), 24–37 [in Russian].
2. *Nekommercheskoe partnerstvo operatorov setej vysokotochnogo sputnikovogo pozicionirovaniya [Nonprofit partnership of high precision satellite positioning networks]*. (n. d.). Retrieved from <http://nposvsp.ru/index.php?id=6> [in Russian].
3. Karpik, A. P., Lipatnikov, L. A., & Lagutina, E. K. (2016). Prospective development of the Russian geodetic reference network as a component part of the unified system for positioning, navigation, and timing. *Giroskopija i navigacija [Gyroscopy and Navigation]*, 24, 2(93), 264–268 doi:10.1134/S207510871603007X [in Russian].
4. Delva, P., & Lodewyck, J. (2013). Atomic clocks: new prospects in metrology and geodesy. *Acta Futura*, 7, 67–78. Retrieved from <http://www.esa.int/gsp/act/doc/actafutura/af07/act-bok-af07.pdf>
5. International Association of Geodesy. The Global Geodetic Observing System (GGOS). (n. d.). Retrieved from <http://www.ggos.org/>.
6. Montillet, J.-P., Bonenberg, L. K., Hancock, C. M., & Roberts, G. W. (2013). On the improvements of the single point positioning accuracy with Locata technology. *GPS Solutions*, 18(2), 273–282 doi:10.1007/s10291-013-0328-6.
7. eLoran Technologies. (n. d.). Retrieved from <http://eloran-technologies.com/eloran-technologies/>.
8. Scripps Orbit and Permanent Array Center (SOPAC). (n. d.). Retrieved from <ftp://garner.ucsd.edu/pub/rinex/>.
9. Kouba, J., & Héroux, P. (2001). Precise point positioning using IGS orbit and clock products. *GPS Solutions*, 5(2), 12–28. doi:10.1007/PL00012883.
10. Lipatnikov, L. A. (2014) Sovershenstvovanie metodiki tochnogo differencial'nogo pozicionirovaniya s ispol'zovaniem global'nyh navigacionnyh sputnikovyh system [Improvement of precise point positioning with global navigation satellite systems] *Candidate's thesis*. Novosibirsk [in Russian].
11. Bird, P. (2003). An updated digital model of plate boundaries. *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 4(3). doi:10.1029/2001GC000252.
12. NIMA. (2000). *Department of Defense World Geodetic System 1984. Its Definition and Relationships with Local Geodetic Systems. Version 1.0.0*. Retrieved from <http://earth-info.nga.mil/GandG/publications>
13. Reference document (2014). *Parametry Zemly 1990 goda (PZ-90.11) [Earth's Parameters of year 1990 (PZ-90.11)]*. Retrieved from <http://structure.mil.ru/files/pz-90.pdf> [in Russian].

14. Standarts Russian Federation. (2014). *Global'naja navigacionnaja sputnikovaja sistema. Sistemy koordinat. Metody preobrazovanij koordinat opredeljaemyh toчек (GOST 32453–2013) [Global Navigation Satellite System. Coordinate Systems. Methods of coordinate transformation]*. Moscow: Standartinform [in Russian].
15. Petit, G., & Luzum, B. (2010). *IERS Conventions (2010). Technical Note No. 36*. Retrieved from https://www.iers.org/IERS/EN/Home/home_node.html
16. Kopeikin, S. M., Mazurova, E. M., & Karpik, A. P. (2015). Towards an exact relativistic theory of Earth's geoid undulation. *Physics Letters A*, 379(26–27), 1555–1562. doi:10.1016/j.physleta.2015.02.046.
17. Altamimi, Z., Rebischung, P., Métivier, L., & Collilieux, X. (2016). ITRF2014: A new release of the International Terrestrial Reference Frame modeling nonlinear station motions: ITRF2014. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*. doi:10.1002/2016JB013098.
18. Mazurova, E. M., Antonovich, K. M., Lagutina, E. K., & Lipatnikov, L. A. (2014). Analysis of the Russian national reference network condition considering modern and prospective requirements. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 3(27), 84–89 [in Russian].

Received 12.08.2016

© L. A. Lipatnikov, 2016

УДК 528.2

РАЗРАБОТКА СПЕЦИАЛЬНОГО ВАРИАНТА ПРОЕКЦИИ ГАУССА – КРЮГЕРА ДЛЯ ИНЖЕНЕРНЫХ ГОРОДСКИХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ КЫРГЫЗСТАН

Динара Амалбековна Абжапарова

Ошский государственный университет, 714000, Киргизия, г. Ош, ул. Ленина, 31, доцент,
тел. (996-03-222) 5-45-65, 996 777-85-95-05, e-mail: 0777859505@mail.ru

Для инженерно-геодезических и городских работ важнейшим качеством является минимальность искажений расстояний и редукиций направлений, в отличие от классических основных геодезических работ. И в настоящее время это качество имеет значение при создании государственных и региональных сетей современными методами ГНСС. Вынужденным направлением согласования общегосударственных, инженерно-геодезических и особенно городских работ было создание различных вариантов применения системы координат Гаусса – Крюгера в виде «частных начал», «частных меридианов», различных «компенсационных» систем и т. д. В них внешне сохранялась общепринятая схема применения проекции и системы координат Гаусса – Крюгера, но все же были отступления от нее. В последнее время для сгущения геодезических сетей в условиях Республики Кыргызстан специалистами предлагается множество различных методов его создания.

В данной научной статье рассмотрен специальный вариант проекции Гаусса – Крюгера для проектирования инженерно-геодезических работ Республики Кыргызстан и метод построения геодезической сети (триангуляция, полигонометрия, трилатерация и их сочетания, спутниковые технологии) для городских условий.

Ключевые слова: искажения, конформная проекция, секущая плоскость, системы координат, специальные геодезические сети.

В настоящее время продолжают научные исследования в направлении повышения точности преобразований координат [1–3]. Отметим фундаментальные работы [4, 5]. Сделано обоснование алгоритма повышения точности формулы масштаба для двенадцатиградусных зон [6].

Путей распространения координат много [7–10], но с учетом сложившихся обстоятельств дефицита времени, кадров, компьютеров придется выбирать какой-то компромиссный вариант на весь «переходный период». Точность геодезических сетей городов и республики в целом определяют качество и надежность многих других проектов, задач, связанных с земельным кадастром, навигацией, устойчивым развитием территорий [11].

Анализ геодезических проекций, применяющихся в настоящее время в различных странах, указывает на то, что каждая из них обладает как достоинствами, так и недостатками применительно к тем или иным условиям. Их выбор обусловлен главным образом удобством создания общегосударственной системы плоских прямоугольных координат и возможностью разработки приемлемых наставлений и инструкций для пользователей [12–14]. При этом, естественно, для решения локальных задач, например, при создании специальных высокоточных инженерно-геодезических построений такие системы неудобны

и здесь применяются локальные системы координат, часто не связанные с общегосударственной системой, но обеспечивающие минимальные искажения эллипсоидальных элементов на плоскости. Приложения созданной сети разнообразны, касаются не только картографических тем, инженерно-геодезического обеспечения, но и решения задач природоохранных, экологических [15–17] и геодинамических наблюдений [18].

С точки зрения математического обеспечения самых различных геодезических проекций отмечается подавляющее преобладание проекций, полученных на основе теории конформных отображений поверхностей. При оценке достоинств геодезических проекций учитывается их точность, удобство вычислений и величина искажений метрических элементов эллипсоида при их отображении на плоскости.

На территории Российской Федерации в настоящее время активно осуществляется практическая реализация государственной геодезической системы координат 2011 г. В работах [19–21] показаны перспективы дальнейшего развития системы координат 2011 г. на период до 2020 г. Соответственно существует необходимость уточнения математической и методологической основы сравнения параметров земного эллипсоида в государственных системах координат, схем преобразования координат и решения проблем, возникающих при преобразовании координат из местных систем координат в единую государственную. При этом должны учитываться результаты выполнения программы по построению современной спутниковой государственной геодезической сети России трех уровней (ФАГС, ВГС и СГС-1), а также точность ее связи с геодезическими сетями триангуляции и полигонометрии 1–4-го классов [22].

В статье [11] рассмотрено решение задачи по трансформированию плоских прямоугольных координат Гаусса – Крюгера из МСК-54 в СК НСО, возникшей в связи с введением на территории Новосибирской области новой местной системы координат. На реальном производственном объекте выполнено исследование применения различных математических моделей и технологий преобразования координат и сделано сравнение полученных результатов. Даны практические рекомендации по применению разработанных автором технологий на производстве.

Решения инженерно-геодезических задач в условиях Кыргызстана общая принятая система порой дает большие искажения и тем самым понижает точность выполняемых работ. Одним из способов решения этой проблемы является применение специального варианта проекции Гаусса – Крюгера для выполнения городских инженерно-геодезических работ [23].

Проектирование геодезической сети выполняют на картах масштаба 1 : 100 000 и крупнее. Обзорные схемы обширных территорий составляют на картах масштаба 1 : 300 000–1 : 500 000. Для большей наглядности на картах усиливают синим цветом сеть гидрографии, коричневым – водоразделы: главные – между большими реками, 2-го порядка – между их притоками, 3-го порядка – между водоразделами 2-го порядка (в среднем в холмистых районах

расстояние между разделами 2-го порядка – 20–0 км, 3-го – 6–15 км). Сначала на карты наносятся пункты прежних геодезических построений. Затем проектируют пункты 1-го класса на командных высотах главных водоразделов и водоразделов 2-го порядка, пункты 2-го класса – на высотах водоразделов 2-го и 3-го порядка, 3-го и 4-го классов – до установленной нормы плотности.

В труднодоступных районах Кыргызстана норма плотности снижается до 1,5 раз. В городах с населением не менее 100 000 и площадью не менее 50 км² должен быть один пункт на каждые 5–15 км². Проектируют раздельно по классам: 1-й, 2-й классы – на картах масштаба 1 : 100 000; 3-й, 4-й – 1 : 25 000, для детальной проработки отдельных районов используют карты более крупного масштаба и аэрофотоснимки.

Для выполнения инженерно-геодезических работ в условиях города применяются более практичные проекции, в том числе специальный вариант проекции Гаусса – Крюгера для инженерно-геодезических работ на территории города [24–26].

В геодезической проекции Гаусса – Крюгера характеристическая функция (для точек осевого меридиана) наиболее проста и имеет вид:

$$x_G = X. \quad (1)$$

Такая характеристика проекции дает возможность перемещать начало координат по осевому меридиану в любую его точку, что может привести к упрощению формул без ущерба для их общности.

Это свойство проекции Гаусса – Крюгера имеет важное значение и будет использовано для задания характеристической функции стереографической проекции сфероида со свободно выбираемой центральной точкой.

Пусть S – дуга центрального меридиана от параллели начала координат B_0 до параллели с широтой B , равная $X-X_0$, будет абсциссой x_G прямоугольных координат в проекции Гаусса – Крюгера. Тогда при y_R и y_G основная характеристическая функция стереографической проекции может быть представлена в виде

$$x_R = 2R_0 \operatorname{tg} \frac{s}{2R_0} = 2R_0 \operatorname{tg} \frac{x - x_0}{2R_0}, \quad (2)$$

где x_R – абсцисса в системе координат стереографической проекции; x_R – дуга меридиана от экватора до начала координат этой проекции; X – дуга меридиана от экватора до текущей точки.

С помощью (1) и (2) легко установить аналитическую связь между характеристическими функциями проекций Гаусса – Крюгера. Совместим начала координат двух систем, тогда

$$x_R = 2R_0 \operatorname{tg} \frac{x_G}{2R_0}.$$

Полученную в таком виде характеристическую функцию стереографической проекции можно представить в более общей форме через абсциссу координат Гаусса – Крюгера, а именно

$$x_R = F(x_G) = 2R_0 \operatorname{tg} \frac{x_G}{2R_0}. \quad (3)$$

Рассмотрим теперь конформное преобразование плоскости Гаусса – Крюгера в плоскость Руссиля.

Известно, что конформное преобразование одной плоскости в другую должно удовлетворять комплексному уравнению

$$x_R + iy_R = F(x_G + iy_G). \quad (4)$$

Разложим $F(x_G + iy_G)$ по строке Тейлора, предполагая, что величина сравнительно невелика. Будем иметь

$$\begin{aligned} x_R + iy_R = & F(x_G) + iy_G F^I(x_G) + \frac{i^2 y_G^2}{2} F^{II}(x_G) + \frac{i^3 y_G^3}{6} F^{III}(x_G) + \\ & + \frac{i^4 y_G^4}{24} F^{IV}(x_G) + \frac{i^5 y_G^5}{120} F^V(x_G) + \dots \end{aligned}$$

Разделяя действительную и мнимую части обычных дифференциальных уравнений и учитывая, что $i^2 = -1, i^3 = -i, i^4 = 1, i^5 = i$, получим

$$\begin{aligned} x_R = & F(x_G) - \frac{y_G^2}{2} F^{II}(x_G) + \frac{y_G^4}{24} F^{IV}(x_G) + \dots \\ y_R = & y_G F^I(x_G) - \frac{y_G^3}{6} F^{III}(x_G) + \frac{y_G^5}{120} F^V(x_G) + \dots \end{aligned} \quad (5)$$

Уравнения (5) в общем виде устанавливают связь прямоугольных конформных координат Гаусса – Крюгера и местной системы в стереографической проекции эллипсоида на плоскость.

Обе системы координат удовлетворяют условиям конформного отображения плоскостей, т. е. фундаментальным соотношениям Коши – Римана

$$\begin{aligned} \frac{\partial x_R}{\partial x_G} = \frac{\partial y_R}{\partial y_G} = & F^I(x_G) - \frac{y_G^2}{2} F^{III}(x_G) + \frac{y_G^4}{24} F^V(x_G) + \dots \\ \frac{\partial x_R}{\partial y_G} = -\frac{\partial y_R}{\partial x_G} = & -y_G F^{II}(x_G) + \frac{y_G^3}{6} F^{IV}(x_G) + \frac{y_G^5}{120} F^V(x_G) + \dots \end{aligned} \quad (6)$$

Имея в виду, что стереографическая проекция при заданной характеристической функции в виде (2) согласно уравнениям (6) является конформной, воспользуемся соотношениями (5) и установим связь прямоугольных стереографических координат в местной системе с координатами Гаусса – Крюгера [24].

На основании вышесказанного можно сделать следующие выводы:

1. Стереографическая проекция Гаусса – Крюгера при заданной характеристической функции в виде (2) согласно уравнениям (6) является конформной в условиях Кыргызстана.

2. Используя формулу (5), можно установить связь прямоугольных стереографических координат в местной системе с координатами Гаусса – Крюгера.

3. Возможен выбор метода построения геодезической сети КР (триангуляция, полигонометрия, трилатерация и их сочетания, спутниковые технологии), который при обеспечении требуемой точности является наиболее экономичным.

4. Для выполнения инженерно-геодезических работ в условиях городов Кыргызстана рекомендуется применять более практичные проекции, в том числе специальный вариант проекции Гаусса – Крюгера для инженерно-геодезических работ на территории города.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Krüger L. Konforme Abbildung des Erdellipsoids in der Ebene (Conformal mapping of the ellipsoidal earth to the plane). – Royal Prussian Geodetic Institute, New Series 52. – 1912.
2. Kawase K. A General Formula for Meridional Distance from the Equator to Given Latitude // Journal of the Geographical Survey Institute. – 2009. – No. 119. – P. 45–55.
3. Kawase K. A General Formula for Calculating Meridian Arc Length and its Application to Coordinate Conversion in the Gauss-Krüger Projection // Bulletin of the Geospatial Information Authority of Japan. – 2011. – No. 59. – P. 1–13.
4. Lee L. P., Conformal Projections Based on Elliptic Functions. – B. V. Gutsell, Toronto, 1976. – 128 pp. (Also appeared as: Monograph 16, Suppl. No. 1 to Canadian Cartographer. – Vol. 13, Part V. – P. 67–101.
5. Karney C. F. F. Transverse Mercator projection with an accuracy of a few nanometres // Journal of Geodesy. 2011. – Vol. 85. – P. 475–485.
6. Макаров А. П. Исследование формулы масштаба в проекции Гаусса – Крюгера для 12-градусных координатных зон // Геодезия и картография. – 2014. – № 9. – С. 2–4.
7. Медведев П. А., Мазуров Б. Т. Алгоритмы непосредственного вычисления геодезической широты и геодезической высоты по прямоугольным координатам // Вестник СГУГиТ. – 2016. – Вып. 2 (34). – С. 5–13.
8. Гурьев Ю. А. О новых возможностях формирования координатной основы для ГИС в автоматизированных технологиях // Вестник ПГУ. Сер. «Фундаментальные науки». – 2004. – Т. 1. – № 3. – С. 53–56.
9. Гурьев Ю. А. Уточненные формулы для класса геодезических проекций, представленного общей теорией описания // Вестник ПГУ. Сер. «Фундаментальные науки». – 2002. – Т. 1. – № 5. – С. 1–6.
10. Гурьев Ю. А. Геодезические поликонические проекции Лагранжа // Вестник ПГУ. Сер. «Прикладные науки». – 2002. – Т. 1. – № 6. – С. 69–73.
11. Афонин К. Ф. Преобразование плоских прямоугольных координат Гаусса – Крюгера из МСК-54 в СК НСО // Вестник СГГА. – 2010. – Вып. 1 (12). – С. 57–62.

12. Подшивалов В. П. Композиционные геодезические проекции // Геодезия и картография. – 2000. – № 8. – С. 39–43.
13. Подшивалов В. П., Маковский С. В. Системы плоских прямоугольных координат для линейных объектов // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2000. – № 4. – С. 32–38.
14. Христов В. К. Координаты Гаусса – Крюгера на эллипсоиде вращения. – М. : Издательство геодезической литературы, 1957. – 264 с.
15. Хамедов В. А., Мазуров Б. Т. Оценка точности определения площадей лесных рубок с использованием снимков с российского космического аппарата «Ресурс-П» №1 // Вестник СГУГиТ. – 2015. – Вып. 4 (32). – С. 42–50.
16. Хамедов В. А., Мазуров Б. Т. Разработка методических вопросов создания системы спутникового мониторинга состояния лесных экосистем в условиях воздействия нефтегазового комплекса территории Западной Сибири // Вестник СГУГиТ. – 2015. – Вып. 3 (31). – С. 16–31.
17. Мазуров Б. Т., Хамедов В. А., Князьков А. С. Опыт использования космических снимков с космических аппаратов типа «Канопус-В» и «БКА» для обнаружения участков нефтяных загрязнений на месторождениях Западной Сибири // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2015. – № 5/С. – С. 179–183.
18. Мазуров Б. Т., Абжапарова Д. А. Изучение геодинамики Центральной Азии геодезическими методами // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2016. XII Междунар. науч. конгр., 18–22 апреля 2016 г., Новосибирск : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. Т. 2. – Новосибирск : СГУГиТ, 2016. – С. 42–46.
19. Горобец В. П., Ефимов Г. Н., Столяров И. А. Опыт Российской Федерации по установлению государственной системы координат 2011 года // Вестник СГУГиТ. – 2015. – Вып. 2 (30). – С. 24–37.
20. Голякова Ю. Е., Касаткин Ю. В., Щукина В. Н. Анализ установления единых государственных систем координат // Вестник СГУГиТ. – 2015. – Вып. 2 (30). – С. 55–61.
21. Анализ состояния государственной геодезической сети России с учетом существующих и перспективных требований / Е. М. Мазурова, К. М. Антонович, Е. К. Лагутина, Л. А. Липатников // Вестник СГГА. – 2014. – Вып. 3 (27). – С. 84–89.
22. Инструкция о построении государственной геодезической сети СССР. – М. : Недра, 1966. – 343 с.
23. Зенин В. Н. Разработка специальной геодезической проекции для инженерных и городских геодезических работ : автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М. : 1970. – 12 с.
24. Абжапарова Д. А. Математическая обработка инженерных геодезических сетей в стереографической проекции Гаусса // Вестник СГГА. – 2014. – Вып. 2 (26). – С. 27–32.
25. Абжапарова Д. А. Разработка оптимальной проекции и системы координат для инженерно-геодезических работ Кыргызстана // Вестник ОшГУ. – 2012. – № 1. – С. 209–213.
26. Абжапарова Д. А. Обработка специальной геодезической сети в проекции на секущую плоскость (на примере Кировского водохранилища в Кыргызской республике) // Вестник СГУГиТ. – 2016. – № 2 (34). – С. 14–23.

Получено 27.06.2016

© Д. А. Абжапарова, 2016

THE DEVELOPMENT OF A SPECIAL VARIANT OF THE PROJECTION GAUSS – KRÜGER ENGINEERING FOR URBAN SURVEYING IN KYRGYZSTAN

Dinara Amalbekovna Abzhaparova

Osh State University, 714000, Kyrgyzstan, Osh, 31 Lenin St., Associate Professor, tel. (996-03-222)5-45-65, mob. tel. 996 777-85-95-05, e-mail 0777859505@mail.ru

For geodetic engineering and city works the most important is the minimum distortion of distances and reductions of areas, in contrast to the classical basic geodetic works. And currently this quality is important in the creation of state and regional networks modern methods of GNSS. Forced to harmonize national geodetic engineering, and especially the city was the development of the different applications, coordinate systems Gauss-Krüger in the form of "private began", "private meridians" of the various "compensatory" systems, etc. They remained outwardly conventional application circuit of the projection and coordinate system Gauss-Krüger, but it was still a retreat from it. Lately for thickening of geodetic networks in Kyrgyzstan specialists offers many different methods of its creation.

In this scientific article describes a special variant of the projection Gauss-Krüger for design engineering and surveying of the Kyrgyzstan and method of constructing geodetic networks (triangulation, traverse, trilateration, and their combinations, and satellite technologies) for urban conditions.

Key words: distortion, conformal projection, cutting plane, system of coordinates, special-purpose geodetic network.

REFERENCES

1. Krüger, L. (1912). *Konforme Abbildung des Erdellipsoids in der Ebene (Conformal mapping of the ellipsoidal earth to the plane)*. Royal Prussian Geodetic Institute, New Series 52.
2. Kawase, K. (2009). A General Formula for Meridional Distance from the Equator to Given Latitude. *Journal of the Geographical Survey Institute*, 119, 45–55 [in Japanese].
3. Kawase, K. (2011). A General Formula for Calculating Meridian Arc Length and its Application to Coordinate Conversion in the Gauss-Krüger Projection, *Bulletin of the Geospatial Information Authority of Japan*, 59, 1–13.
4. Lee, L. P., *Conformal Projections Based on Elliptic Functions*, (B. V. Gutsell, Toronto, 1976), 128 pp. (Also appeared as: Monograph 16, Suppl. No. 1 to *Canadian Cartographer*, Vol 13). Part V, pp. 67–101.
5. Karney, C. F. F. (2011). Transverse Mercator projection with an accuracy of a few nanometres, *Journal of Geodesy*, Vol. 85, Issue 8, 475–485.
6. Makarov, A. P. (2014). A study of the formula of the scale in the projection of Gauss – Krüger 12° coordinate zones. *Geodeziya i Kartografiya [Geodesy and Cartography]*, 9, 2–4 [in Russian].
7. Medvedev, P. A., & Mazurov, B. T. (2016). Algorithms direct computation of geodetic latitude and geodetic height at the rectangular coordinates. *Vestnik SGUGIT [Vestnik SSUGT]*. 2(34), 5–13 [in Russian].
8. Gur'ev, Ju. A. (2004). About new opportunities of forming a coordinate for GIS in automated technologies. *Vestnik PGU. Seriya "Fundamental'nye Nauki" [Vestnik PSU. Series "Fundamental science"]*, Vol. 1, No. 3, 53–56 [in Russian].
9. Gur'ev Ju, A. (2002a). Refined formulas for a class of geodetic projections, presents the General theory of the description. *Vestnik PGU. Seriya "Fundamental'nye Nauki" [Vestnik PSU. Series "Fundamental science"]*, Vol. 1, No. 5, 1–6 [in Russian].
10. Gur'ev, Ju. A. (2002b). Geodetic polyconic projection Lagrange. *Vestnik PGU. Seriya "Prikladnye Nauki" [Vestnik PSU. Series "Applied science"]*, Vol. 1, No. 6, 69–73 [in Russian].
11. Afonin, K. F. (2010). Conversion of flat rectangular coordinates of Gauss-Krüger from MSK-54 in SK NSO. *Vestnik SSGA [Vestnik SSGA]*, 1(12), 57–62 [in Russian].
12. Podshivalov, V. P. (2000). Composite geodesic projections. *Geodeziya i kartografiya [Geodesy and cartography]*, 8, 39–43 [in Russian].

12. Podshivalov, V. P., & Makovskij, S. V. (2000). Flat rectangular system of coordinates for linear features. *Izvestiya Vuzov. Geodeziya i Aerofotos"emka [Izvestiya Vuzov. Geodesy and Aerophotography]*, 4, 32–38 [in Russian].
13. Hristov, V. K. (1957). Coordinates Gauss-krüger ellipsoid of rotation. Moscow: Publishing house of geodetic literature [in Russian].
14. Hamedov, V. A., & Mazurov, B. T. (2015a). Evaluation of the accuracy of determining areas of forest felling using images from the russian satellite "Resurs-P" №1. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 4(32), 42–50 [in Russian].
15. Hamedov, V. A., & Mazurov, B. T. (2015b). Development of methodological problems of creating satellite monitoring of forest ecosystems under the impact oil and gas sector of West Siberia. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 3(31), 16–31 [in Russian].
16. Mazurov, B. T., Hamedov, V. A., & Knjaz'kov, A. S. (2015). Experience in the use of space images from satellites of "Kanopus-V" and "BKA" to detect areas of oil pollution at the oil fields in Western Siberia. *Izvestiya Vuzov. Geodeziya i Aerofotos"emka [Izvestiya Vuzov. Geodesy and Aerophotography]*, 5/5, 179-183 [in Russian].
17. Mazurov, B. T., & Abzhaparova, D. A. (2016). The study of Central Asia geodynamics geodetic methods. In *Sbornik materialov Interekspo GEO-Sibir'-2016: Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii: T. 1. Elektronnoe geoprostranstvo na sluzhbe obshchestva [Proceedings of Interexpo GEO-Siberia-2015: International Scientific Conference: Vol. 1. Electronic geospace in the service of society]* (pp. 42–46). Novosibirsk: SGUGIT [in Russian].
18. Gorobec, V. P., Efimov, G. N., & Stoljarov, I. A. (2015). The experience of the Russian Federation on the establishment of the state coordinate systems 2011. *Vestnik SSGA [Vestnik SSGA]*, 2, 24–37 [in Russian].
19. Goljakova, Ju. E., Kasatkin, Ju. V., & Shhukina, V. N. (2015). Analysis of the establishment of the unified state coordinate systems. *Vestnik SSGA [Vestnik SSGA]*, 2(30), 55–61 [in Russian].
20. Mazurova, E. M., Antonovich, K. M., Lagutina, E. K., & Lipatnikov, L. A. (2014). The analysis of state of the state geodetic network of the Russian Federation taking into account existing and future needs. *Vestnik SSGA [Vestnik SSGA]*, 3(27), 84–89 [in Russian].
21. *Instruktsiya o postroenii gosudarstvennoy geodezicheskoy seti SSSR [Manual on the construction of a state geodetic network of the USSR]*. (1966). Moscow: Nedra [in Russian].
22. Zenin, V. N. (1970). Razrabotka special'noj geodezicheskoy proekcii dlja inzhenernyh i gorodskih geodezicheskikh rabot [The development of special geodetic projected engineering and urban surveying, abstract of thesis on competition of a scientific degree of candidate of technical Sciences]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Moscow [in Russian].
23. Abzhaparova, D. A. (2014). Mathematical processing of geodetic engineering networks in the stereographic projection of the Gauss. *Vestnik SSGA [Vestnik SSGA]*, 2(26), 27–32 [in Russian].
24. Abzhaparova, D. A. (2012). Development of optimal projection and coordinate system for engineering surveying of Kyrgyzstan. *Vestnik OshGU [Vestnik OshSU]*, 1, 209–213 [in Russian].
25. Abzhaparova, D. A. (2016). Processing of special geodetic networks in the projection of the section plane (on the example of Kirov reservoir in the Kyrgyz Republic). *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 3(34), 14–23 [in Russian].

Received 27.06.2016

© D. A. Abzhaparova, 2016

УДК 528.12

АПРОБАЦИЯ МЕТОДИКИ ВКЛЮЧЕНИЯ СЕТИ ПОСТОЯННО ДЕЙСТВУЮЩИХ БАЗОВЫХ СТАНЦИЙ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ В ГОСУДАРСТВЕННУЮ ГЕОДЕЗИЧЕСКУЮ СЕТЬ

Елена Константиновна Лагутина

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры инженерной геодезии и маркшейдерского дела, тел. (913)771-84-45, e-mail: e.k.lagutina@ssga.ru

Повышение точности государственной системы координат ГСК-2011 напрямую связано с совершенствованием государственной геодезической сети как физического носителя системы координат. Плотности постоянно действующих пунктов фундаментальной астрономо-геодезической сети в составе опорной геодезической сети недостаточно для эффективного геодезического обеспечения российских потребителей. Эту проблему могло бы решить включение в структуру опорных сетей независимых постоянно действующих станций, получивших широкое распространение в РФ. Предложенная структура ориентирована на реализацию перспективных методов геодезии и доступность единой высокоточной координатной основы ГСК-2011 для потребителей.

В статье приведены некоторые результаты совместного уравнивания наблюдений пунктов фундаментальной астрономо-геодезической сети и региональной сети постоянно действующих базовых станций. Выполненные вычисления являются практическим шагом проверки методики формирования новой структуры опорных геодезических сетей на территории Новосибирской области.

Ключевые слова: глобальные навигационные спутниковые системы, государственная геодезическая сеть, фундаментальная астрономо-геодезическая сеть, постоянно действующие базовые станции, структура опорной геодезической сети, единая высокоточная координатная основа, совместное уравнивание.

Введение

Созданная в настоящее время в России с применением глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) координатная основа включает в себя трехуровневую государственную геодезическую сеть (ГГС) и новую систему координат ГСК-2011. По состоянию на 1 января 2015 г., фундаментальная астрономо-геодезическая сеть (ФАГС) состоит из 54 пунктов, высокоточная геодезическая сеть (ВГС) насчитывает 326 пунктов, спутниковая геодезическая сеть 1-го класса (СГС-1) насчитывает 4 244 пункта [1]. Таким образом, готовность первых двух уровней ГГС составляет 100 %, а третьего – около 70 % от запланированных «Основными положениями о ГГС» 6 000 пунктов.

Постоянно действующие пункты ФАГС создают основу инфраструктуры высокоточной координатной привязки при выполнении массовых геодезических работ и картографировании территории [5]. Координаты 19 пунктов являются публичными и к их наблюдениям можно получить доступ, обратившись в Росреестр. Доступные пункты весьма разрежены на территории Сибири и Дальнего Востока, что существенно снижает их эффективность для пользователей.

В [1] приведены точностные характеристики системы координат ГСК-2011, полученные из обработки наблюдений пунктов ФАГС, ВГС и СГС-1 в 2014 г., и они равны 2 см – погрешность взаимного положения пунктов ФАГС и 10 см – погрешность геоцентричности системы координат ГСК-2011. В свою очередь, точностные характеристики опорной геодезической сети (ОГС) определяют доступность высокоточного позиционирования для потребителей при решении множества практических задач. Анализ этих характеристик и методов их улучшения проводился многими авторами [2–7].

Одним из таких методов может стать включение в структуру ОГС отдельных и объединенных в сети постоянно действующих базовых станций (ПДБС), которые обеспечат пользователям возможность применения наиболее передовых методов позиционирования (Precise Point Positioning, Real Time Kinematic и PPP-RTK) [8]. Некоторые результаты апробации методики объединения фрагментов ФАГС и региональной ПДБС приведены в этой статье.

Постановка задачи и методика обработки

В настоящее время, по разным оценкам, в России существует не менее тысячи постоянно действующих базовых станций, которые созданы различными предприятиями и организациями. Существующие региональные сети ПДБС являются наиболее удобной и экономически эффективной базой для улучшения характеристик опорной геодезической сети РФ.

Прямое включение региональных сетей и отдельных ПДБС в структуру ГГС является крайне затруднительным по организационным причинам. Среди них и различие формата представления данных, и широкий спектр используемой аппаратуры, и различие в методике определения координат на начальную эпоху. Поэтому совместное уравнивание данных ФАГС и ПДБС предваряется большой подготовительной работой, призванной по возможности унифицировать исходные данные. Дополнительные трудности возникают, когда к этим данным добавляются наблюдения на рядовых пунктах астрономо-геодезической сети.

В рамках исследований, выполненных в СГУГиТ по гранту Российского научного фонда (проект № 14-27-00068) предложена концепция объединения ГГС и региональных сетей ПДБС в рамках более широкой инфраструктуры для поддержания национальной координатной основы, решения задач координатно-временного и навигационного обеспечения (КВНО) и сбора геофизических данных [8]. В рамках предложенной перспективной структуры ОГС, согласно разработанному порядку, необходимо выполнить:

- уравнивание ФАГС с опорой на станции международной сети ITRF (ATRU, NRIL, IRKT, NVSK) на эпоху 2011.0;
- уравнивание первого уровня ОГС (ФАГС и ПДБС Новосибирской области) как единого геодезического построения с фиксацией ранее определенных координат пунктов ФАГС;

– уравнивание фрагмента АГС (второй уровень ОГС) с опорой на первый уровень.

Приведенные в статье результаты получены с использованием коммерческого программного обеспечения Trimble Business Centre, а исходные данные включали файлы финальных точных эфемерид спутников GPS и ГЛОНАСС. Целью эксперимента была оценка потенциальной точности результатов совместного уравнивания разрозненных наблюдений (полученных на интервале около 1 года разными типами аппаратуры).

Исходные данные и результаты

На сайте ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД» (ЦГКиИПД) приведен список пунктов ФАГС, доступ к данным которых разрешен зарегистрированным пользователям [9]. Для сети ПДБС на территории Новосибирской области наиболее подходящими являются пункты Екатеринбург (ЕКТР), Ноябрьск (NOYA), Иркутск (IRTU), Новосибирск (NSK1) (рис. 1).



Рис. 1. Фрагмент картограммы расположения пунктов ФАГС [1]

Для обработки выбраны данные на эпоху 15.12.2010–13.01.2011, доступные на ресурсе ЦГКиИПД. Количество суточных сеансов для разных станций составляет от 14 до 25. В результате уравнивания пунктов ФАГС относительно станций ITRF (ATRU, NRIL, IRKT, NVSK) ошибка взаимного положения в плане не превышает 0,007 и 0,010 м по высоте.

В качестве экспериментальных данных для дальнейшего исследования методики объединения ФАГС и ПДБС использованы спутниковые координатные определения сети, развитой на территории Новосибирской области [10].

При формировании первого уровня ОГС были использованы 5 пунктов ПДБС Новосибирской области, наиболее удаленных от исходного пункта (рис. 2): ВАРА (Барабинск), КРАС (Красноозерка), СУЗУ (Сузун), МАСЛ (Маслянино) и БОЛО (Болотное).

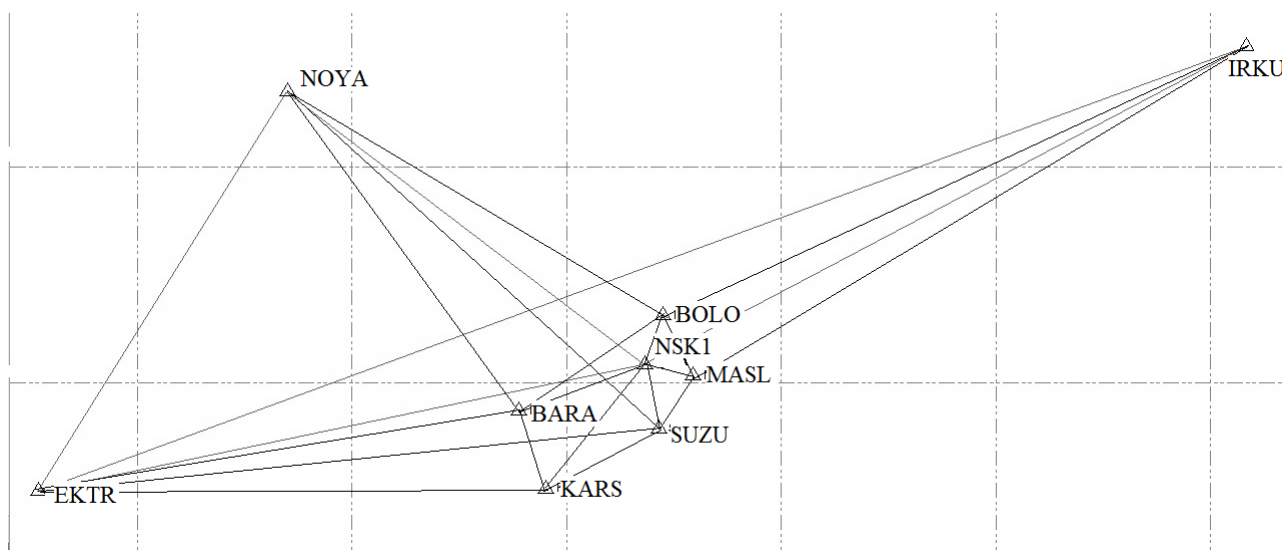


Рис. 2. Фрагмент сети ПДБС на территории Новосибирской области

На выбранных пунктах ФАГС и ПДБС Новосибирской области установлено современное мультисистемное спутниковое геодезическое оборудование. Потенциально, это позволяет получать более надежное решение, поскольку вычисление базовых линий происходит по системам ГЛОНАСС и GPS. Созданные ранее сети ПДБС опираются на российские станции международной сети ITRF, которые оснащены односистемными приемниками, что могло негативно повлиять на их точностные характеристики [11].

Для обработки были использованы суточные сеансы спутниковых наблюдений, обеспечивающих определение каждой станции ПДБС относительно минимум двух пунктов ФАГС. По результатам уравнивания ошибка взаимного положения пунктов ПДБС Новосибирской области относительно пунктов ФАГС в плане и по высоте не превышает 0,015 м.

При формировании второго уровня ОГС (уравнивании фрагмента АГС с опорой ПДБС) были использованы наблюдения около 40 пунктов триангуляции 1-го и 2-го классов относительно ПДБС ВАРА и КРАС. Спутниковые определения на этих пунктах выполнялись во время привязки первой очереди сети ПДБС Новосибирской области к государственной системе координат. Формирование этой региональной сети осуществлялось в два этапа: первые 19 станций в 2010 г. и 12 оставшихся в 2013 г. [10, 12, 13]. Каждая ПДБС привязывалась не

менее чем к 10 пунктам ГГС, находящимся на расстояниях от 5 до 30 км. Эти наблюдения были выполнены сдвоенными сеансами, продолжительностью не менее 1 часа.

К сожалению, качество отдельных сеансов спутниковых наблюдений не позволило использовать все отобранные пункты для уравнивания – не все замкнутые полигоны имели допустимые невязки. Таким образом, в процессе обработки и уравнивания было исключено около 25 векторов базовых линий и 12 пунктов. Причиной отбраковки такого количества наблюдений послужили, вероятно, ошибки определения высот антенн и использования при этих наблюдениях односистемных (GPS) спутниковых приемников.

Полученные при совместном уравнивании второго уровня ОГС средние квадратические ошибки координат пунктов АГС составили величины до 3 см в плане и около 4,1 см по высоте.

Попытка совместного уравнивания двух блоков сети ПДБС в районе их соприкосновения обнаружила различия координат общих пунктов АГС до 0,025 м в плане и более 0,100 м по высоте. Аналогичные различия были обнаружены и интерпретированы в [14].

Результаты исследований показывают, что включение фрагмента сети ПДБС в состав ОГС позволят получить координаты, сопоставимые по точности с требованиями нормативно-технической документации. Стоит отметить огромные трудозатраты, сопровождающие решение такой задачи в неавтоматизированном режиме и по данным, полученным из разрозненных измерительных кампаний. Выполнение этой задачи можно рассматривать в качестве подготовительного этапа для дальнейшего совместного уравнивания сети ПДБС на территории Новосибирской области в научном программном пакете Bernese.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 14-27-00068).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Горобец В. П., Ефимов Г. Н., Столяров И. А. Опыт Российской Федерации по установлению государственной системы координат 2011 года // Вестник СГУГиТ. – 2015. – Вып. 2 (30). – С. 24–37.
2. Анализ состояния государственной геодезической сети России с учетом существующих и перспективных требований / Е. М. Мазурова, К. М. Антонович, Е. К. Лагутина, Л. А. Липатников // Вестник СГГА. – 2014. – Вып. 3 (27). – С. 84–89.
3. Архитектура перспективной системы координатно-временного и навигационного обеспечения России / Ю. М. Урличич, А. М. Финкельштейн, С. Г. Ревнивых, Н. А. Тестоедов, А. Ю. Данилюк, С. И. Донченко, Е. И. Долгов, Н. Л. Макаренко, В. Г. Пешехонов, П. А. Красовский, С. А. Белов, В. В. Бутенко // Труды ИПА РАН. – 2009. – № 20. – С. 20–33.
4. Результаты построения государственной геоцентрической системы координат Российской Федерации в рамках Федеральной целевой программы «ГЛОНАСС» / В. П. Горобец, Г. В. Демьянов, А. Н. Майоров, Г. Г. Побединский // Геодезия и картография. – 2012. – № 2. – С. 53–57.

5. Андреев В. К. Роль и место в исследованиях по геодезическому обеспечению системы ГЛОНАСС в рамках НИР «Развитие» государственных единых систем координат ГСК-2011 и ПЗ-90, высокоточного определения координат и гравитационного поля Земли [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.glonass-center.ru/aboutIAC/Report%20by%20Andreev_4.pdf (дата обращения 3.02.2014).
6. Карпик А. П., Гиенко Е. Г., Косарев Н. С. Анализ источников погрешностей преобразования координат пунктов спутниковых геодезических сетей // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2014. – № 4/С. – С. 55–62.
7. Горобец В. П., Кауфман М. Б. Астрономо-геодезическая сеть России и эффективность использования ГЛОНАСС // Вестник ГЛОНАСС. – 2012. – № 2 (6). – С. 50–54.
8. Карпик А. П., Липатников Л. А., Лагутина Е. К. О направлении развития опорной геодезической сети России как элемента единой системы координатно-временного и навигационного обеспечения // Гироскопия и навигация. – 2016. – № 2. – С. 87–94.
9. Список координат и скоростей пунктов ФАГС // Управление геодезических исследований [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://geod.ru/data/fags/> (дата обращения: 18.09.2015)
10. Карпик А. П., Сапожников Г. А., Дюбанов А. В. Реализация проекта наземной инфраструктуры глобальной навигационной спутниковой системы «ГЛОНАСС» на территории Новосибирской области // ГЕО-Сибирь-2010. VI Междунар. научн. конгр. : Пленарное заседание : сб. материалов (Новосибирск, 19–29 апреля 2010 г.). – Новосибирск : СГГА, 2010. – С. 57–62.
11. Шендрик Н. К. Результаты экспериментальных определений координат геодезического пункта по измерениям ГЛОНАСС // Вестник СГУГиТ. – 2015. – Вып. 4 (32). – С. 33–41.
12. Определение координат пунктов сети базовых станций Новосибирской области в общеземной системе координат / А. П. Карпик, А. А. Решетов, А. А. Струков, К. А. Карпик // 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. 3–8.
13. Гиенко Е. Г., Решетов А. П., Струков А. А. Исследование точности получения нормальных высот и уклонений отвесной линии на территории Новосибирской области с помощью глобальной модели геоида EGM2008 // 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. 181–186.
14. Обиденко В. И., Опритова О. А., Решетов А. П. Разработка методики получения нормальных высот на территории Новосибирской области с использованием глобальной модели геоида EGM2008 // Вестник СГУГиТ. – 2016. – Вып. 1 (33). – С. 14–25.

Получено 04.08.2016

© Е. К. Лагутина, 2016

TESTING METHODS OF INTEGRATION REGIONAL CORS NETWORK AND THE RUSSIAN STATE GEODETIC NETWORK

Elena K. Lagutina

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., Senior Lecturer, Department of Engineering Geodesy and Mine Surveying, tel. (913)771-84-45, e-mail: e.k.lagutina@ssga.ru

Increase accuracy of national coordinate system GCS-2011 is directly concerned with the state geodetic network (SGN) development as physical carrier coordinate system. Density of per-

manent station the fundamental astronomical and geodetic network (FAGN) as a part of Geodetic reference networks (GRN) isn't enough for effective geodetic support Russian users. Inclusion in GRN structure independent continuously operating reference stations (CORS), which were widely adopted in the Russian Federation, could solve this problem. This new GRN structure is focused on the implementation of advanced methods of surveying and formation of a unified high-accuracy reference frame accessible to consumers.

The article presents some results of adjustment FAGN and regional CORS network stations. This adjustment is a practical step towards formation of new structure GRN in Novosibirsk region.

Key words: Global Navigation Satellite Systems, state geodetic network, fundamental astronomical and geodetic network, Continuously Operating Reference Stations, Geodetic reference networks, unified high-accuracy reference frame, consolidated adjustment.

REFERENCES

1. Gorobets, V. P., Efimov, G. N., & Stolyarov, I. A. (2015). The experience of the Russian Federation on the establishment of the state system of coordinates 2011. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 2(30), 24–37 [in Russian].
2. Mazurova, E. M., Antonovich, K. M., Lagutina, E. K., & Lipatnikov, L. A. (2014). Analysis of the Russian national reference network condition considering modern and prospective requirements. *Vestnik SGGA [Vestnik SSGA]*, 3(27), 84–89 [in Russian].
3. Urlichich, Uu. M., Finkel'shtein, A. M., Revnivikh, S. G., Testoedov, N. A., Danilyuk, A. Yu., Donchenko, S. I., Dolgov, E. I., Makarenko, N. L., Peshekhonov, V. G., Krasovskii, P. A., Belov, S. A., & Butenko, V. V. (2009). The architecture of the prospective coordinate-time and navigation support system. *Trudy IPA RAN [Proceedings of IAA RAS]*, 20, 20–33 [in Russian].
4. Gorobets, V. P., Demyanov, G. V., Mayorov, A. N., & Pobedinskiy, G. G. (2012). Results of Russian Federation state geocentric coordinate system building in the framework of "GLONASS" federal target program. *Geodesia i kartografiya [Geodesy and Cartography]*, 2, 53–57 [in Russian].
5. Andreev, V. K. *Rol' i mesto v issledovaniyakh po geodezicheskomu obespecheniyu sistemy GLONASS v ramkakh NIR «Razvitie» gosudarstvennykh edinykh sistem koordinat GSK-2011 i PZ-90, vysokotochnogo opredeleniya koordinat i gravitatsionnogo polya Zemli [The role and place of research on coordinated development of the state unified coordinate system GCS-2011 and PL-90.11 in the areas of precision autonomous definition of coordinates (PPP) and the Earth's gravitational field]*. Retrieved from http://www.glonass-center.ru/aboutIAC/Report%20by%20Andreev_4.pdf (access date: 3.02.2014). [in Russian]
6. Karpik, A. P., Gienko, E. G., & Kosarev, N. S. (2014). Analysis of error sources in coordinates transformation of the GNSS-networks points. *Izvestia vuzov. Geodeziya i aerofotosemka. [Izvestia vuzov «Geodesy and aerophotography»]*, 4, 55–62 [in Russian].
7. Gorobets, V. P., & Kaufman, M. B. (2012) Astronomical and geodetic network of Russia and the efficiency of GLONASS application. *Vestnik GLONASS [Vestnik GLONASS]*, 2(6), 50–54 [in Russian].
8. Karpik, A. P., Lipatnikov, & L. A., Lagutina, E. K. (2016). Prospective Development of the Russian Geodetic Reference Network as a Component Part of the Unified System for Positioning, Navigation, and Timing. *Giroskopiya i navigatsiya [Gyroscopy and Navigation]*, 2, 87–94 [in Russian].
9. List of coordinates and velocities of FAGN points. (n.d.) *Upravlenie geodezicheskikh issledovaniy [Management of geodetic surveys]*. Retrieved from <http://geod.ru/data/fags/> [in Russian].
10. Lipatnikov, L. A. (2016) Validation of the published velocities of FAGS reference points in the new reference frame GSC-2011. In *Sbornik materialov Interekspo GEO-Sibir'-2016:*

Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii: T. 2. Geodeziya, geoinformatika, kartografiya, markshejderiya [Proceedings of Interexpo GEO-Siberia-2016: International Scientific Conference: Vol. 2. Geodesy, Geoinformatics, Cartography, Mine surveying] (pp. 86–91). Novosibirsk: SGUGIT [in Russian].

11. Karpik, A. P., Sapozhnikov, G. A., & Dyubanov, A. V. (2010). Realization of GLONASS (global navigation satellite system) ground infrastructure project on the territory of Novosibirsk region. In *Sbornik materialov GEO-Sibir-2010: Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii: Plenarnoe zasedanie [Proceedings of GEO-Siberia-2010: International Scientific Conference: Plenary session]* (pp. 57–62). Novosibirsk: SGGA [in Russian].

12. Shendrik, N. K. (2015). The results of experimental definition of coordinates of geodetic points GLONASS measurements. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 4(32), 33–41 [in Russian].

13. Karpik, A. P., Reshetov, A. P., Strukov, A. A., & Karpik, K. A. (2011). Determination of coordinates the continuous operating reference stations points of the Novosibirsk region in the common terrestrial system of coordinates] In *Sbornik materialov GEO-Sibir-2011: Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii: T. 1, ch. 1. Geodeziya, geoinformatika, kartografiya, markshejderiya [Proceedings of GEO-Siberia-2011: International Scientific Conference: Vol 1, Part 1. Geodesy, Geoinformatics, Cartography, Mine surveying]* (pp. 3–8). Novosibirsk: SGGA [in Russian].

14. Gienko, E. G., Reshetov, A. P., & Strukov, A. A. (2011) Research of normal height and vertical deviation determination accuracy on Novosibirsk region territory by the global model of geoid EGM2008. In *Sbornik materialov GEO-Sibir-2011: Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii: T. 1, ch. 2. Geodeziya, geoinformatika, kartografiya, markshejderiya [Proceedings of GEO-Siberia-2011: International Scientific Conference: Vol 1, Part 1. Geodesy, Geoinformatics, Cartography, Mine surveying]* (pp. 181–186). Novosibirsk: SGGA [in Russian].

15. Obidenko, V. I., Opritova, O. A., Reshetov, A. P. (2016). Working out of a technique of reception of normal heights in territory of the Novosibirsk region with use of earth gravitational model EGM2008. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 1(33), 14–25 [in Russian].

Received 04.08.2016

© E. K. Lagutina, 2016

УДК 528.852.8 : 528.88

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ОБНАРУЖЕНИЯ ЛЕСНЫХ ГАРЕЙ ПО ОПТИЧЕСКИМ И РАДИОЛОКАЦИОННЫМ КОСМИЧЕСКИМ СНИМКАМ

Владимир Александрович Хамедов

Югорский научно-исследовательский институт информационных технологий, 628011, Россия, г. Ханты-Мансийск, ул. Мира, 151, руководитель регионального центра космических услуг, тел. (3467)35-91-39, e-mail: xamedovva@uriit.ru

Традиционный подход к эколого-экономической оценке последствий лесных пожаров, который проводится в настоящее время на экспертном уровне, когда уже точно известны размеры выгоревших лесных массивов, не ориентирован на оперативное определение масштабов пожаров и оценку их возможных последствий сразу же после обнаружения очага возгорания. Поэтому такой подход не позволяет принимать своевременные решения по управлению деятельностью лесоохранных служб. Получение оперативной эколого-экономической оценки возможных последствий лесного пожара предполагает использование материалов космической съемки, позволяющих решать указанные задачи с высокой степенью оперативности и с большой площадью охвата территории, что наиболее важно для труднодоступных территорий лесных регионов Сибири.

В статье представлено сравнение методов обнаружения лесных гарей по оптическим и радиолокационным снимкам. Сделан вывод, что задача обнаружения лесных гарей с использованием радиолокационных снимков является решаемой при синтезе цветного изображения из набора разновременных радиолокационных снимков.

Ключевые слова: лесные ресурсы, эколого-экономическая оценка, космические снимки, оптический и радиолокационный снимки.

Существующая в настоящее время система управления земельными (лесными) ресурсами предполагает ведение учета лесного фонда на государственном уровне [1]. Учет лесных ресурсов осуществляется государственным кадастровым учетом при проведении государственного кадастра недвижимости (ст. 92 Лесного кодекса РФ) и государственным лесным реестром (ст. 91 Лесного кодекса РФ). Важное значение при учете лесных ресурсов имеет достоверная и оперативная оценка состояния лесного участка, в том числе после воздействия техногенных или природных факторов, например, лесных пожаров.

Методика эколого-экономической оценки последствий лесных пожаров основана на оперативном картографировании выгоревших участков леса (гарей) и реализуется с использованием средств геоинформационных систем путем пространственного совмещения контуров этих гарей с цифровой картой породного состава леса, определения площадей выгоревших участков леса разного породного состава, т. е. участков, оказавшихся в пределах контура гари, и последующего расчета экономического ущерба и определения экологических потерь. Информация о породном составе лесов может быть получена из лесотаксационных материалов, в частности, из планов лесонасаждений. Однако, из-за значительной задержки в обновлении материалов лесной таксации такой подход для задач оценки последствий лесных пожаров практически неприем-

лем. Поэтому для оценки последствий лесных пожаров, основанной на расчете площадей выгоревших участков леса разного породного состава деревьев, необходимо иметь регулярно обновляемые по космическим снимкам цифровые карты породного состава лесов.

Задача обнаружения очагов лесных пожаров в настоящее время относится к числу достаточно разработанных [2–11]. Существуют механизмы автоматизированного обнаружения изменений ландшафтов по космическим снимкам, однако они имеют региональный характер и требуют адаптации к местным условиям. Автоматизированное обнаружение изменений ландшафтов, в том числе в результате лесных пожаров, основано на применении специализированных спектральных индексов. На сегодняшний день в различных исследованиях [1–12] описано более ста вариантов спектральных индексов для разных целей, однако только некоторые из них находят широкое применение в экологическом картографировании, мониторинге чрезвычайных ситуаций, ландшафтном мониторинге и других областях. В настоящее время существующие лесоохранные мероприятия не предусматривают использование комплексного подхода к оперативному мониторингу с использованием спектральных индексов [12], что связано с локальностью их внедрения в мониторинг лесов из-за ограниченности применения эмпирических формул для различных экосистем [7, 12]. В связи с этим актуальным является вопрос систематизации знаний о различных спектральных индексах, оценка их эффективности для решения задач обнаружения пожаров и оценки их последствий в условиях таежных экосистем автономного округа.

Вместе с тем, из-за экранирования подстилающей поверхности облачностью и дымовыми шлейфами, достоверное обнаружение очагов лесных пожаров и лесных гарей по космическим снимкам оптического и ИК-диапазонов становится затруднительно. Использование радиолокационных космических снимков позволяет получать информацию о состоянии подстилающей поверхности при наличии облачности или дымовых шлейфов. Возможность оперативного мониторинга поверхности Земли, экранированной облачностью или дымовыми шлейфами от пожаров, и независимость от условий освещенности Солнцем дают ряд преимуществ радиолокации по сравнению с другими видами съемки. Тем не менее, существуют и определенные трудности при использовании радиолокационных снимков. Так, для обнаружения площадей, пройденных огнем, мы уже не можем использовать классические признаки в виде аномальных тепловых зон. Признаком дешифрирования становится изменение характера отражения радиосигнала из-за появления в лесном массиве гари.

В настоящей работе представлено сравнение методов обнаружения лесных гарей на основе имеющегося опыта использования космических снимков оптического и радарного диапазонов.

Для автоматизированного обнаружения лесных гарей по оптическим космическим снимкам используется нормализованный индекс гарей NBR [10]. Для расчета индекса используются космические снимки КА Landsat-8, широко применяемые для решения различных тематических задач.

Расчет индекса *NBR* схож с расчетом нормализованного разностного индекса растительности *NDVI*, за исключением того, что вместо красного используется средний инфракрасный канал:

$$NBR = \frac{NIR - FIR}{NIR + FIR}, \quad (1)$$

где *NIR* – спектральный канал 5 для Landsat-8;

FIR – спектральный канал 7 для Landsat-8.

Тематическая обработка и анализ космических снимков производятся в автоматизированном режиме с использованием инструментов геоинформационной системы ArcGIS. Далее подробно рассмотрены основные этапы алгоритма обнаружения лесных гарей, схема которого показана на рис. 1.

На первом этапе работ производится классификация космических снимков с использованием специализированной программы Fmask [13]. Fmask использует правила обработки, основанные на знании физических свойств облаков, для выделения потенциальных «пикселей облаков» и «пикселей безоблачного неба», на основании которых создаются слои масок вероятных облаков, суши и воды.

Предварительная обработка (пересчет «исходных» значений пикселя изображения в приведенные значения отражения по специальным алгоритмам) является необходимым этапом любого разновременного анализа, так как исходные цифровые значения яркости снимков за разные даты отличаются по объективным причинам (разное состояние атмосферы, время года, угол солнца и т. д.), и нужно унифицировать значения для всех исходных данных. Обработка производится по эмпирическим формулам, опубликованным на веб-портале оператора космических снимков Геологической службы США [14]. При обработке используется разработанный программный код на языке программирования Python.

Для расчета значений *NBR* также используется разработанный программный код на языке программирования Python, позволяющий проводить пакетную обработку большого количества космических снимков в автоматизированном режиме. На выходе для каждого космического снимка рассчитывается растровое изображение со значениями индекса *NBR* в формате GeoTiff.

Опытным путем установлено, что значение индекса для участков с высокой степенью вероятности обнаружения на них гарей находятся в диапазоне от -0,4 до 0,3. Исключение составляют старые горельники, на которых происходят сукцессионные процессы, и луговые растительные сообщества, для которых характерно быстрое возобновление. Обнаружение травяных гарей возможно в срок от нескольких дней до нескольких недель после возгорания [11], в зависимости от того, случился пожар в начале лета или ближе к осени.

Полученный в результате растровый слой участков вероятных лесных гарей включает в себя и ошибочные участки, близкие по спектральным характе-

ридикам к гарям. В частности, озера, болота, отдельные участки рек (особенно заводи и места скопления стоячей воды), на которых происходит активный фотосинтез водорослей и зарастание водной растительностью, а также чрезмерно замутненные воды могут быть ошибочно отнесены к классу гарей. Для исключения этой возможности применяется ранее созданная в программе Fmask маска безоблачных участков суши.

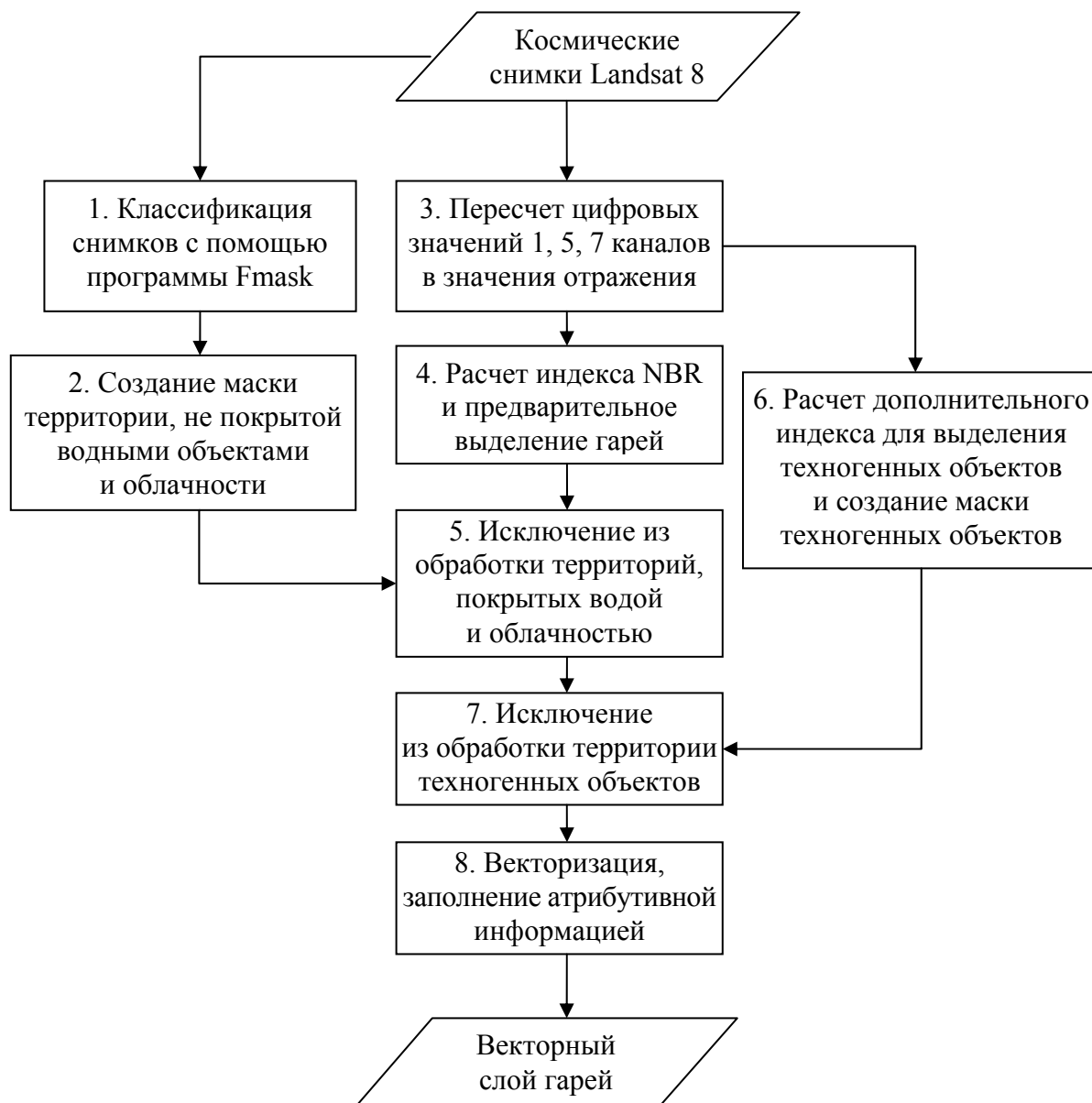


Рис. 1. Алгоритм автоматизированного обнаружения лесных гарей

Помимо собственно участков гарей, в результате обработки может быть включены отдельные ошибочные участки: береговые отмели, техногенные объекты (дороги, отвалы породы, населенные пункты и т. д.). До сих пор не достаточно разработаны способы объективного дешифрирования техногенных тер-

риторий по снимкам Landsat в силу сложной структуры техногенных территорий [15], которые могут содержать такие компоненты, как растительность, водные поверхности, искусственные покрытия. Тем не менее, по результатам проведенных исследований был сделан вывод, что отдельные техногенные объекты могут быть уверенно выделены по спектральным характеристикам и в дальнейшем исключены из обработки.

Для этого был разработан нормализованный индекс техногенных объектов, условно названный *NMOI*, рассчитываемый как отношение разности и суммы спектральных каналов Coastal aerosol и NIR космического снимка Landsat-8:

$$NMOI = \frac{Coastal - NIR}{Coastal + NIR}, \quad (2)$$

где *Coastal* – спектральный канал 1 Landsat-8;

NIR – спектральный канал 5 Landsat-8.

Эмпирически было установлено, что значения индекса *NMOI* менее 0,1 соответствуют техногенным объектам на космическом снимке Landsat-8. Кроме этого, оно соответствует части не техногенных участков территорий, схожих по спектральным значениям с гарями, но не являющихся ими (например, болота, участки обнаженной почвы и др). Растительность при этом не выделяется. Таким образом, использование этого индекса позволяет исключить из обработки часть других ложных срабатываний на болотах, в поймах рек и участках с открытой почвой. В результате выполнения этой операции получен итоговый растровый слой гарей (рис. 2).

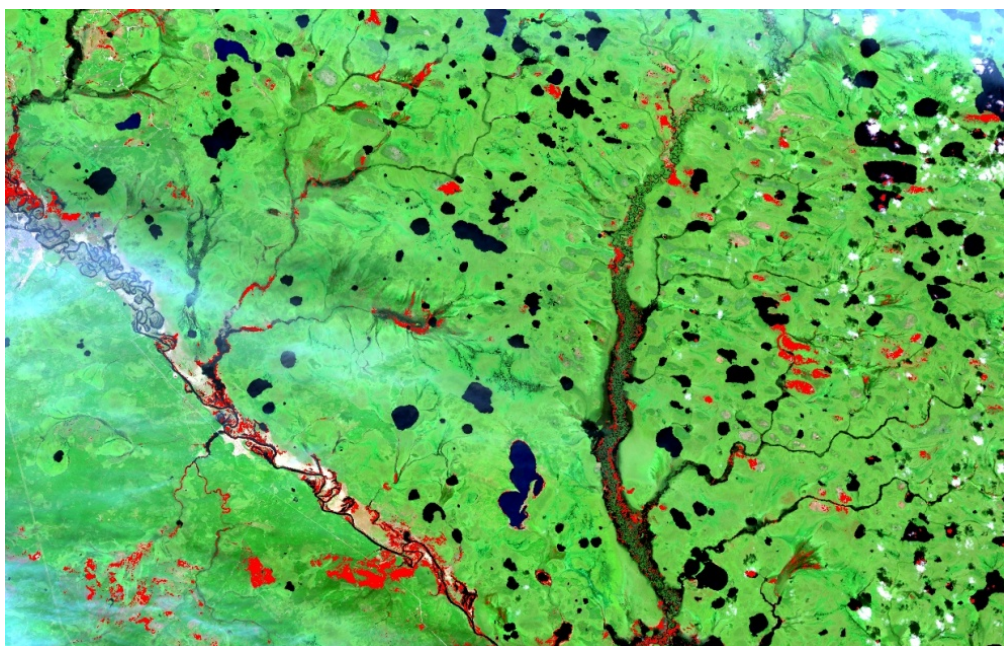


Рис. 2. Обнаруженные участки гарей на космическом снимке Landsat-8

Для возможности проведения геопространственного анализа с использованием инструментария SQL-запросов полученные результаты преобразованы в векторный вид. После перевода результатов классификации в векторный вид проведено наполнение атрибутивной информацией, включающей период появления гари и ее рассчитанную площадь (рис. 3).

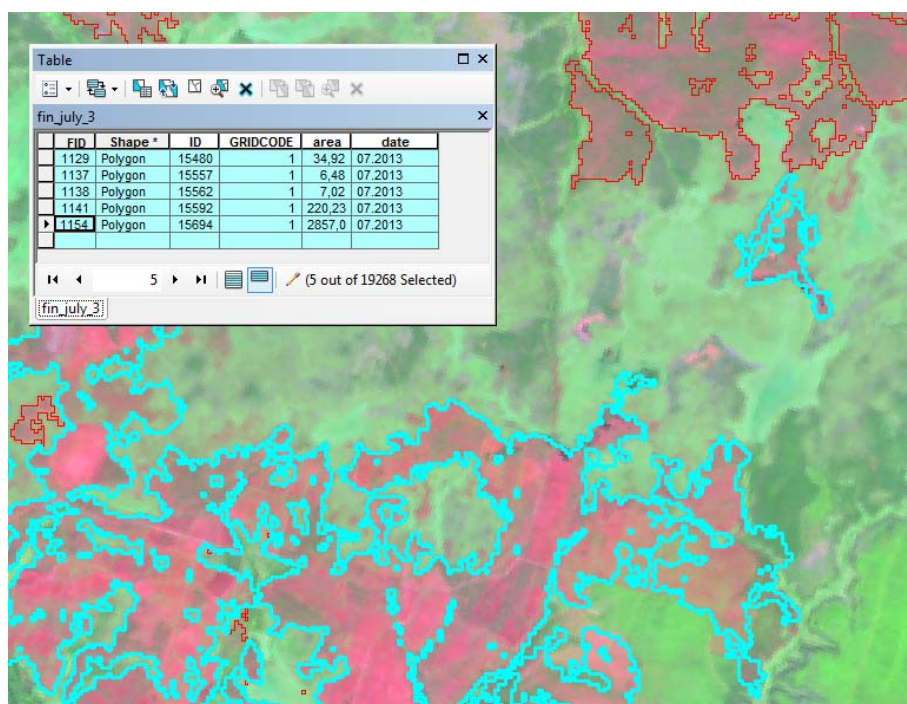


Рис. 3. Векторный слой гарей с атрибутивной информацией

Для обнаружения участков гарей по радиолокационным космическим снимкам используется алгоритм выявления изменений [18], представленный на рис. 4. В исходном виде радиолокационный снимок, представляющий собой черно-белое радиояркое изображение, не может быть использован для задач обнаружения лесных гарей. Дело в том, что радиолокационное изображение не имеет четкой структуры, в точности повторяющей характер подстилающей поверхности. В силу физических свойств получения радиолокационного изображения, на снимке присутствуют хаотически расположенные пиксели шума, так называемый спекл-шум. Для упрощения распознавания (дешифрации) текстуры подстилающего изображения радиолокационного изображения создается цветосинтезированное изображение, состоящее из разновременных космических снимков, так как информативность цветного изображения выше, чем у исходного радиолокационного снимка.

Результирующее многоканальное изображение формируется из разновременных радиолокационных космических снимков, после проведения предварительной обработки это изображение классифицируется бинарной (да/нет) классификацией.

Для обработки по такому алгоритму достаточно иметь два разновременных радиолокационных изображения, однако с увеличением количества используемых изображений границы классов лесных гарей определяются с большей точностью. Данный алгоритм показал хорошие результаты [16–23] при определении границ и площадей лесных гарей на лесных территориях. Результаты работы на основе космических снимков с КА ERS-2 были использованы при выполнении в 2006 г. проекта Category 1 ID 3110 «All-weather detection of forest fires in Northern Siberia», поддержанного Европейским космическим агентством. В настоящее время, с апреля 2015 г., для обеспечения задач мониторинга территории Западной Сибири доступна информация с радиолокационного КА Sentinel-1A [24–26].

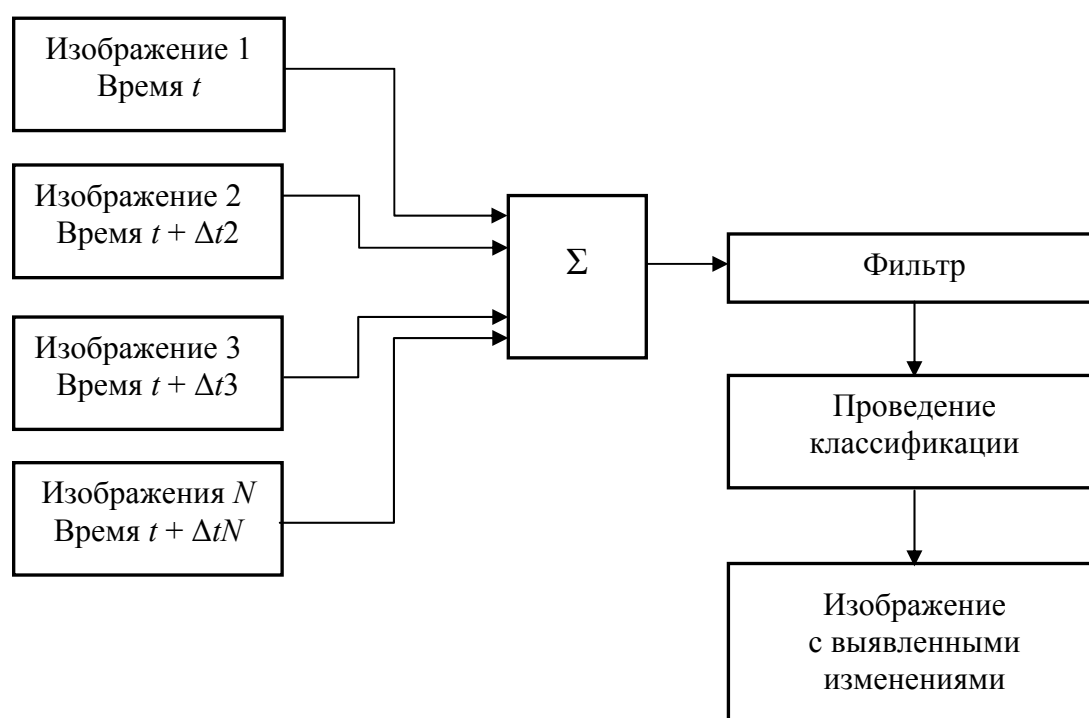


Рис. 4. Алгоритм выявления изменений на лесных территориях при использовании радиолокационных снимков

Представленный на рис. 4 алгоритм обработки радиолокационного космического снимка предполагает проведение анализа разновременного цветосинтезированного изображения. На цветосинтезированном изображении можно разделить схожие по яркости выгоревшие участки леса и увлажненные участки вдоль водоемов. Хорошо видны участки гарей прошлых лет с погибшим древостоем. Участки гарей текущего года и горельники на радиолокационных снимках различаются хуже, так как оставшаяся листва и хвоя на деревьях являются причиной рассеивания радиоволн. Причем выгоревшие участки имеют несколько цветовых комбинаций.

На рис. 5 представлен пример цветосинтезированных радиолокационных снимков ERS-2 с изображенными участками гарей. На цветном изображении хорошо видны разновременные участки гарей, небольшие водные объекты. Красным пятном выделена гарь, появившаяся в интервале между 18 июня и 23 июля 2006 г. Более светлые участки гари соответствуют гарям прошлых лет. На всех трех снимках, используемых для создания цветосинтезированного изображения, эти участки имеют высокую яркость. Цветовая палитра созданного цветосинтезированного снимка зависит от комбинации каналов на RGB-снимке. Предпочтительнее располагать радиолокационные снимки в хронологическом порядке, при этом упрощается обнаружение произошедших изменений.

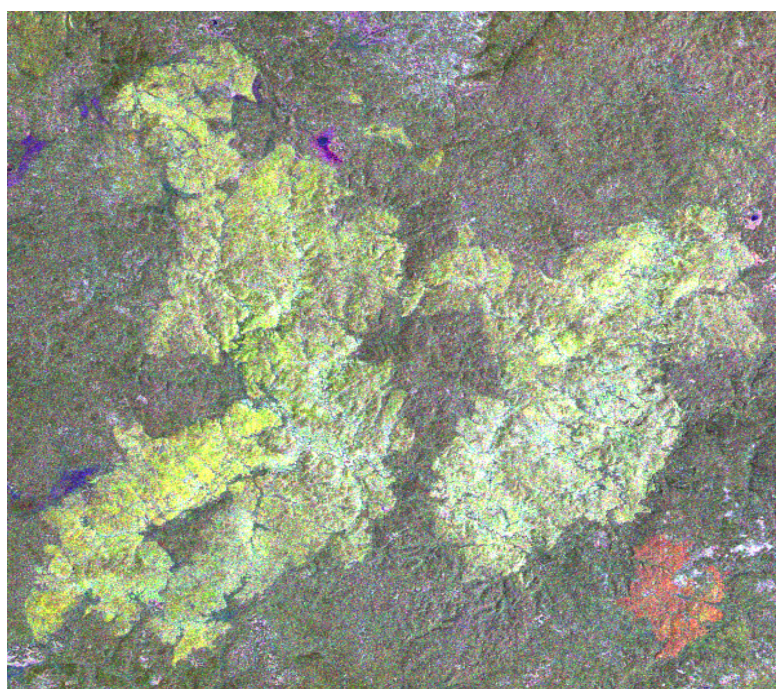


Рис. 5. Цветосинтезированный разновременной радиолокационный снимок

Таким образом можно сделать вывод, что задача обнаружения лесных гарей с использованием радиолокационных снимков является решаемой при синтезе цветного изображения из набора разновременных радиолокационных снимков.

Для автоматизированного выделения на космическом снимке участков гарей необходимо провести классификацию изображения с проведением предварительной фильтрации, позволяющей снизить влияние спекл-шума.

После проведения классификации изображения участки, определенные как гари, векторизуются. Частичное попадание в класс гарей увлажненных и обезлесенных участков устраняется в дальнейшем экспертным методом.

Результат векторизации цветосинтезированного радиолокационного снимка приведен на рис. 6.

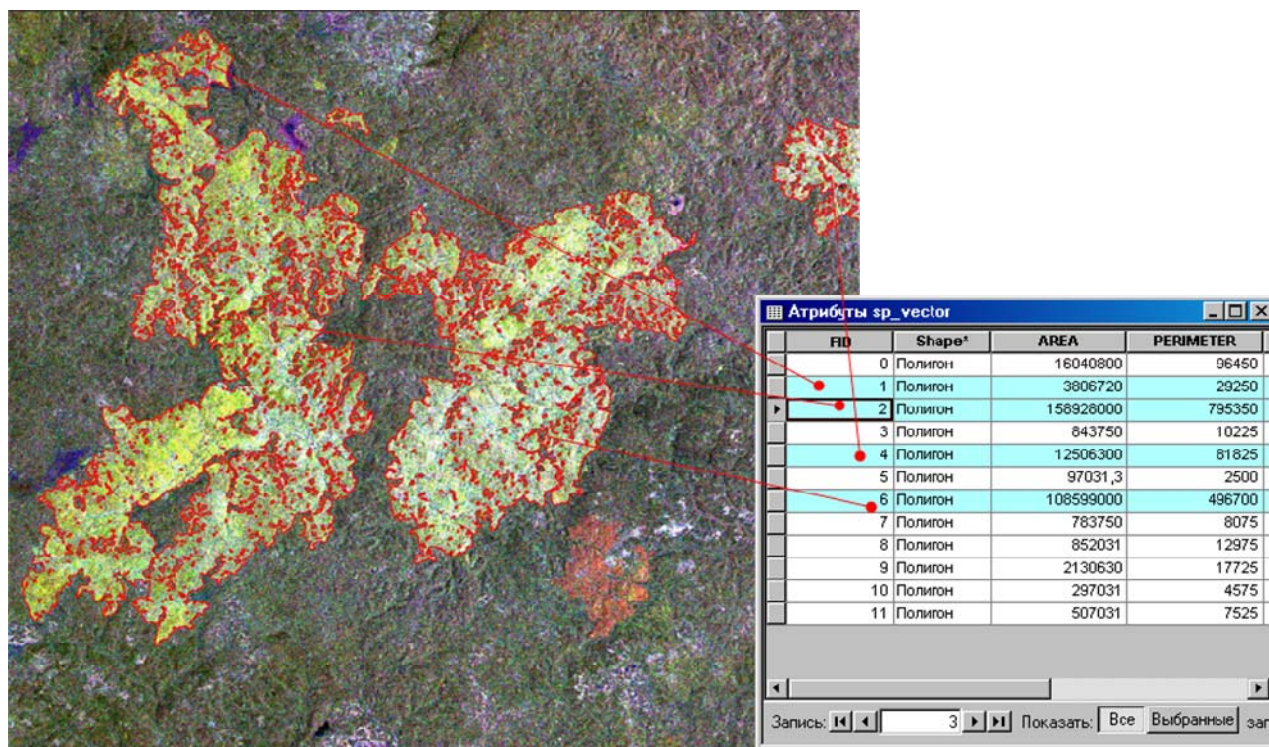


Рис. 6. Векторный контур участка лесной гари на радиолокационном космическом снимке

Сравнение полученных результатов построения контура гари при использовании радиолокационных космических снимков с результатами, полученными при использовании оптических снимков, позволяет сделать вывод об относительной достоверности получаемых результатов.

Основная задача – получение актуальной и оперативной информации о выявленных участках лесных гарей в условиях невозможности получения информации с использованием космических снимков оптического диапазона – успешно решается.

Результат проведенной работы опубликован на геопортале регионального Центра космических услуг, организованного в Ханты-Мансийском автономном округе в 2013 г. для обеспечения доступности результатов космической деятельности широкому кругу пользователей.

На рис. 7 представлен результат тематического картографирования участков гарей, классифицированных по площади, в границах автономного округа. Подготовленная информация о количественных характеристиках лесных гарей может быть использована при проведении работ по учету состояния лесного участка.

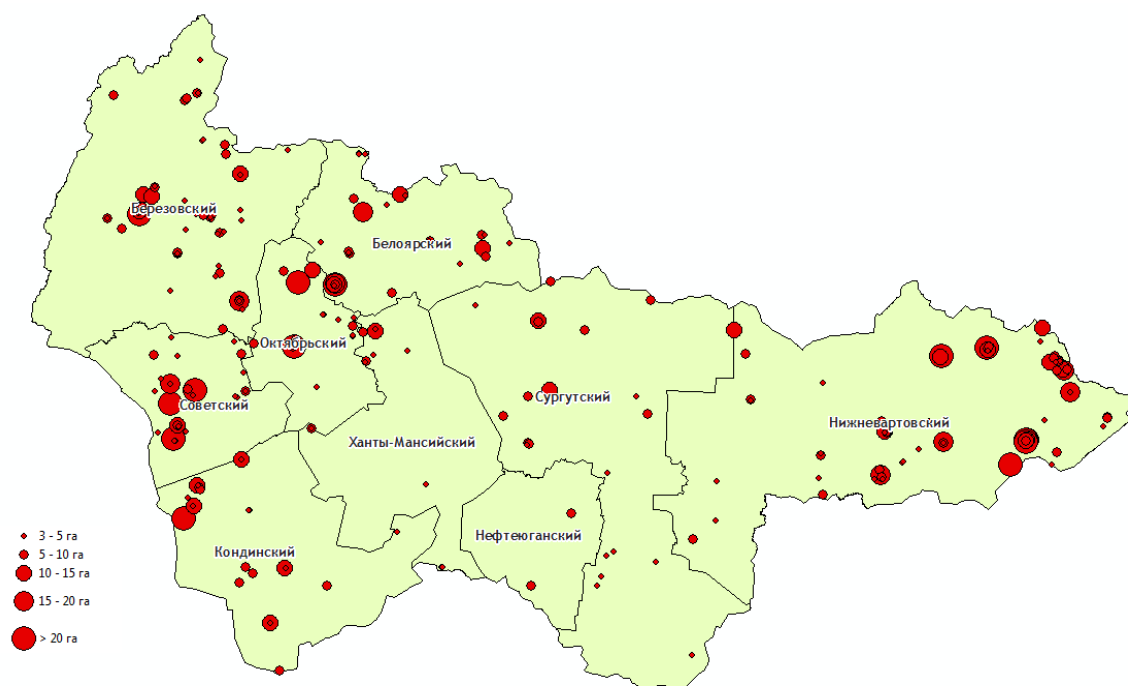


Рис. 7. Картограмма месторасположения дешифрированных гарей

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абанина Е. Н. Государственный кадастровый учет лесных участков // Законы России. Опыт. Анализ. Практика. – 2011. – № 2. – С. 33–37.
2. Epting J., Verbyla D., Sorbel, B. Evaluation of remotely sensed indices for assessing burn severity in interior Alaska using Landsat TM and ETM+ // Remote Sensing of Environment. – 2005. – Vol. 96. – P. 328–339.
3. A comparison of vegetation indices over a global set of TM images for Eos-MODIS / A. R. Huete, H. Q. Liu, K. Batchily, W. Van Leeuwen, A. R. Huete // Remote Sensing of Environment. – 1997. – Vol. 59. – P. 440–451.
4. Барталев С. А., Ершов Д. В., Лупян Е. А., Толпин В. А. Возможности использования спутникового сервиса ВЕГА для решения различных задач мониторинга наземных экосистем // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2012. – Т. 9. – № 1. – С. 49–56.
5. Автоматизированное дешифрирование аэрокосмических снимков. Выявление изменений состояния территорий и объектов по многозональным космическим снимкам, полученным на разные даты / А. П. Гук, Л. Г. Евстратова, Е. П. Хлебникова, М. А. Алтынцев, С. А. Арбузов, А. С. Гордиенко // Геодезия и картография. – 2013. – № 8. – С. 39–47.
6. Разработка методик автоматизированного дешифрирования аэрокосмических снимков. Дешифровочные признаки изображений объектов на многоспектральных космических снимках / А. П. Гук, Л. Г. Евстратова, Е. П. Хлебникова, М. А. Алтынцев, С. А. Арбузов, А. С. Гордиенко, А. А. Гук, Д. П. Симонов // Геодезия и картография. – 2013. – № 7. – С. 31.
7. Гук А. П., Евстратова Л. Г., Алтынцев М. А. Разработка методики определения изменений границы леса по разновременным разномасштабным аэрокосмическим снимкам // Геодезия и картография. – 2015. – № 12.
8. Гук А. П. Развитие фотограмметрических технологий на основе имманентных свойств цифровых снимков // Геодезия и картография. – 2015. – № 11. – С. 40–41.

9. Автоматизированная система спутникового мониторинга пожарной обстановки в технологических коридорах трубопроводов и лесах ХМАО / В. М. Брыксин, А. В. Евтюшкин, А. В. Еремеев, М. А. Макеева, В. А. Хамедов // *Оптика атмосферы и океана*. – 2009. – Т. 22. – № 1. – С. 90–95.
10. Key C. H., Benson N. The Normalized Burn Ratio (NBR): a Landsat TM radiometric measure of burn severity. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://nrmssc.usgs.gov/files/norock/products/SEVER36_im_copy6.pdf.
11. Украинский П. А. Динамика спектральных свойств зарастающих травяных гарей // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. – 2013. – Т. 10. – № 4. – С. 229–238.
12. Курбанов Э. А. Решение вопросов космического мониторинга лесных гарей в комплексных пакетах ENVI и ArcGIS // *Геоматика*. – 2012. – № 4. – С. 82–92.
13. Zhe Zhu, Woodcock C. E. Object-based cloud and cloud shadow detection in Landsat imagery // *Remote Sensing of Environment*. – 2012. – Vol. 118. – P. 83–94.
14. Using the USGS Landsat-8 Product: U.S. Geological Survey. Retrieved from http://landsat.usgs.gov/Landsat8_Using_Product.php
15. Статакис Д., Перакис К., Савин И. Ю. Дешифрирование урбанизированных территорий по спутниковым данным Landsat // *Исследование Земли из космоса*. – 2012. – № 5. – С. 22–28.
16. Хамедов В. А., Мазуров Б. Т. Оценка точности определения площадей лесных рубок с использованием снимков с российского космического аппарата «Ресурс-П» № 1 // *Вестник СГУГиТ*. – 2015. – Вып. 4 (32). – С. 42–50.
17. Мазуров Б. Т., Хамедов В. А., Князьков А. С. Опыт использования космических снимков с космических аппаратов типа «Канопус-В» и «БКА» для обнаружения участков нефтяных загрязнений на месторождениях Западной Сибири // *Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка*. – 2015. – № 5/С. – С. 179–183.
18. Хамедов В. А., Мазуров Б. Т. Разработка методических вопросов создания системы спутникового мониторинга состояния лесных экосистем в условиях воздействия нефтегазового комплекса территории Западной Сибири // *Вестник СГУГиТ*. – 2015. – Вып. 3 (31). – С. 16–31.
19. Копылов В. Н., Полищук Ю. М., Хамедов В. А. Синтез оптических и радиолокационных космических снимков при решении задачи оперативного обнаружения лесных гарей // *ГЕО-Сибирь-2007. III Междунар. научн. конгр. : сб. материалов в 5 т. (Новосибирск, 25-27 апреля 2007 г.)*. – Новосибирск : СГГА, 2007. – С.157–161.
20. Копылов В. Н., Полищук Ю. М., Хамедов В. А. Геоинформационная технология оценки последствий лесных пожаров с использованием данных дистанционного зондирования // *Геоинформатика*. – 2006. – № 1.– С. 56–61.
21. Хамедов В. А. Мониторинг состояния лесных экосистем в условиях воздействия нефтегазового комплекса // *Решетневские чтения*. – Красноярск, 2013. Ч. 2. – С. 265–267.
22. Использование данных ДЗЗ при решении региональных задач рационального природопользования / В. Н. Копылов, Г. А. Кочергин, Ю. М. Полищук, В. А. Хамедов // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. – 2009. – Т. 1. – С. 33–41.
23. Копылов В. Н., Хамедов В. А. Информационная технология оперативного обнаружения лесных пожаров // *Материалы науч.-практ. семинара «Проблемы природной безопасности Югры: мониторинг и прогнозирование экстремальных гидрометеорологических явлений и лесных пожаров» (Ханты-Мансийск, 9–10 июня 2008 г.)*. – Ханты-Мансийск, 2008. – С. 18–23.
24. Новый продукт МТС, рассчитываемый по данным COSMO-SkyMed / L. Pietranera, L. Cesarano, F. Britti, V. Gentile, Y. Kantemirov // *Геоматика*. – 2012. – № 1 – С. 46–51.

25. Полуавтоматическое выявление вырубок леса на мультивременных радарных и радарно-оптических цветных композитах / Е. В. Бахтинова, А. Ю. Соколов, Д. Б. Никольский, Ю. И. Кантемиров // Геоматика. – 2012. – № 1. – С. 52–55.

26. Новый подход к мониторингу изменений, основанный на когерентном анализе разновременных радарных снимков сверхвысокого разрешения со спутников COSMO-SkyMed / N. Bertoni, L. Cesarano, G. Giusto, F. Britti, V. Gentile, L. Pietranera // Геоматика. – 2012. – № 1. – С. 84–94.

Получено 27.06.2016

© В. А. Хамедов, 2016

COMPARISON OF METHODS FOR THE DETECTION OF FOREST BURNT AREAS ON OPTICAL AND RADAR SPACE IMAGERY

Vladimir A. Khamedov

Ugra Research Institute of Information Technologies, 628011, Russia, Khanty-Mansiysk, 151 Mira St., Head of the Center for Space Services, tel. (3467)35-91-39, e-mail: xamedovva@uriit.ru

The traditional approach to ecological-economic assessment of consequences of forest fires, which is currently at the expert level when it is exactly known, the size of a burnt forest is not focused on the operational definition of the extent of forest fires and assessment of their possible consequences immediately after discovering the fire. Therefore, this approach does not allow to make timely decisions on the management activities of forest protection services. For the operational environmental and economic assessment of possible consequences of a forest fire involves the use of satellite imagery, allowing to solve these tasks with a high degree of efficiency and with a large area of coverage that is most important for hard to reach areas of the forest regions of Siberia.

The article compares methods for the detection of forest burnt areas in optical and radar imagery. It is concluded that objective detection of forest burnt areas using radar images is solved by the synthesis of a color image from a set of multi-temporal radar imagery.

Key words: forest resources, ecological and economic assessment, satellite images, optical and radar images.

REFERENCES

1. Abanina, E. N. (2011). State cadastral registration of forest plots. *Zakony Rossii. Opyt. Analiz. Praktika [Laws of Russia. Experience. Analysis. Practice]*, 2, 33–37 [in Russian].

2. Epting, J., Verbyla, D., & Sorbel, B. (2005). Evaluation of remotely sensed indices for assessing burn severity in interior Alaska using Landsat TM and ETM+. *Remote Sensing of Environment*, 96, 328–339.

3. Huete, A. R., Liu, H. Q., Batchily, K., Van Leeuwen, W., & Huete, A. R. (1997). A comparison of vegetation indices over a global set of TM images for Eos-MODIS. *Remote Sensing of Environment*, 59, 440–451.

4. Bartalev, S. A., Ershov, D. V., Lupian, E. A., & Tolpin, V. A. (2012). The possibility of using the satellite service VEGA for different tasks of monitoring of terrestrial ecosystems. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa [Modern Problems of Remote Sensing of the Earth from Space]*, Vol. 9, No 1, 49–56 [in Russian].

5. Guk, A. P., Evstratova, L. G., Hlebnikova, E. P., Altynceev, M. A., Arbuzov, S. A., & Gordienko, A. S. (2013). Automated interpretation of aerospace images. Detection of changes in

condition of areas and objects by multispectral satellite images obtained on different dates. *Geodeziya i kartografiya [Geodesy and Cartography]*, 8, 39-47 [in Russian].

6. Guk, A. P., Evstratova, L. G., Hlebnikova, E. P., Altynceev, M. A., Arbuzov, S.A., Gordienko, A. S., Guk, A. A. & Simonov, D. P. (2013). The development of procedures for automated interpretation of aerospace images. Dushirovanie image features of objects in multispectral space images. *Geodeziya i kartografiya [Geodesy and Cartography]*, 7, 31–38 [in Russian].

7. Guk, A. P., Evstratova, L. G., & Altynceev, M. A. (2015). Development of methods of definition of changes of the border of the forest from multi-temporal multi-scale aerospace images. *Geodeziya i kartografiya [Geodesy and Cartography]*, 12, 9-14 [in Russian].

8. Guk, A. P. (2015). Development of photogrammetric technology based on the inherent properties of digital images. *Geodeziya i kartografiya [Geodesy and Cartography]*, 11, 40–41 [in Russian].

9. Bryksin, V. M., Evtjushkin, A. V., Ereemeev, A. V., Makeeva, M. A., & Khamedov, V. A. (2009). The automated system of satellite monitoring of fire situation in the technological corridors of the pipelines and forests KHMAO. *Optika atmosfery i okeana [Optics of Atmosphere and Ocean]*, Vol. 22, No. 1, 90–95 [in Russian].

10. Key, C. H., & Benson, N. *The Normalized Burn Ratio (NBR): a Landsat TM radiometric measure of burn severity*. Retrieved from http://nrmssc.usgs.gov/files/norock/products/SEVER36_im_copy6.pdf.

11. Ukrainskij, P. A. (2013). Dynamics of the spectral properties of burned areas overgrown grassy. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa [Modern Problems of Remote Sensing of the Earth from Space]*, Vol. 10, No. 4, 229-238 [in Russian].

12. Kurbanov, Je. A. (2012). Addressing issues of space monitoring of forest burnt areas complex packages ENVI and ArcGIS. *Geomatika [Geomatics]*, 4, 82-92 [in Russian].

13. Zhe, Zhu, & Woodcock, C. E. (2012). Object-based cloud and cloud shadow detection in Landsat imagery. *Remote Sensing of Environment*, 118, 83–94.

14. Using the USGS Landsat-8 Product: U.S. Geological Survey. Retrieved from http://landsat.usgs.gov/Landsat8_Using_Product.php

15. Statakis, D., Perakis K., & Savin I. Yu. (2012). Interpretation of urbanized areas on Landsat satellite data. *Issledovanie Zemli iz kosmosa [Study of Earth from space]*, 5, 22-28 [in Russian].

16. Khamedov, V. A., & Mazurov, B. T. (2015). Evaluation of the accuracy of determining areas of forest felling using images from the russian satellite "Resurs-P" № 1. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 4(32), 42–50 [in Russian].

17. Mazurov, B. T., Khamedov, V. A., & Knjaz'kov, A. S. (2015). Experience in the use of space images from satellites of "Kanopus-V" and "BKA" to detect areas of oil pollution at the oil fields in Western Siberia. *Izvestiya vuzov. Geodeziya i aerofotos'emka [Izvestiya Vuzov. Geodesy and Aerophotography]*, S/5, 179-183 [in Russian].

18. Khamedov, V. A., & Mazurov, B. T. (2015). Development of methodological problems of creating satellite monitoring of forest ecosystems under the impact oil and gas sector of West Siberia. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 3(31), 16–31 [in Russian].

19. Kopylov, V. N., Polishhuk, Ju. M., & Khamedov, V. A. (2007). Synthesis, optical and radar space imagery in solving problems of operational detection of forest fire sites. *Sbornik materialov GEO-Sibir'-2007 [Proceedings of Interexpo GEO-Siberia-2007]* (pp. 157–161). Novosibirsk: SGGA [in Russian].

20. Kopylov, V. N., Polishhuk, Ju. M., & Khamedov, V. A. (2006). Geoinformation technology of assessment of consequences of forest fires using remote sensing data. *Geoinformatika [Geoinformatics]*, 1, 56–61 [in Russian].

21. Khamedov, V. A. (2013). Monitoring the condition of forest ecosystems under the impact of oil and gas complex. In *Reshetnevskie chteniya [Reshetnev reading]: Part 2* (pp. 265-267). Krasnoyarsk [in Russian].

22. Kopylov, V. N., Kochergin, G. A., Polishhuk, Ju., M., & Khamedov V., A. (2009). The use of remote sensing data in addressing regional problems of rational nature management // *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa [Modern problems of remote sensing of the Earth from space], Vol. 1*, 33-41 [in Russian].

23. Kopylov, V. N., & Khamedov, V. A. (June 9-10, 2008). Information technology operational detection of forest fires. In *Materialy nauch.-prakt. Seminara: Problemy prirodnoy bezopasnosti Yugry: monitoring i prognozirovaniye ekstremal'nykh gidrometeorologicheskikh yavleniy i lesnykh pozharov [Abstracts of Scientific.-Pract. Seminar: Problems of environmental security in Yugra: monitoring and prediction of extreme weather events and forest fires]* (pp. 18–23). Khanty-Mansiysk [in Russian].

24. Pietranera, L., Cesarano, L., Britti, F., Gentile, V., & Kantemirov, Y. (2012). A new product of MTS, calculated according to the COSMO-SkyMed. *Geomatika [Geomatics], 1*, 46–51 [in Russian].

25. Bahtinova, E. V., Sokolov, A. Ju., Nikol'skij, D. B., & Kantemirov, Ju. I. (2012). Semi-automatic detection of logging on multitemporal radar and radar-optical color composites *Geomatika [Geomatics], 1*, 52–55 [in Russian].

26. Bertoni, N., Cesarano, L., Giusto, G., Britti, F., Gentile, V., & Pietranera L. (2012). A new approach to monitoring changes, based on the coherent analysis of multi-temporal radar images with very high resolution COSMO-SkyMed satellites. *Geomatika [Geomatics], 1*, 84-94 [in Russian].

Received 27.06.2016

© V. A. Khamedov, 2016

УДК 511.54

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМА РЕШЕНИЯ ДИОФАНТОВЫХ ЗАДАЧ

ВИДА $\frac{4}{k} = \frac{1}{x} + \frac{1}{y} + \frac{1}{z}$, **СФОРМУЛИРОВАННОГО П. ЭРДЁШЕМ**

Людвиг Хачатурович Асланян

Армянский государственный экономический университет, 0006, Армения, г. Ереван, Верхний Шенгавит, улица 11а, дом 18, кандидат педагогических наук, доцент кафедры высшей математики, тел. (0037493)16-16-06, e-mail: lyudvig.aslanyan@mail.ru

Работа посвящена исследованию известных в математике диофантовых задач, решаемых для инженерных целей способом Э. Эрдёша. Одной из таких задач является определение радиуса кривизны Земли с заданной точностью в точке с известными координатами. С целью реализации подобных задач автором разработан общий алгоритм нахождения натуральных решений диофантовых задач, обосновано существование этих решений на множествах $\{4q\}$, $\{4q+1\}$, $\{4q+2\}$ и $\{4q+3\}$. Приведены дополнительные сведения о гипотезе П. Эрдёша – Штрауса. В данной работе проблема решена на множествах $\{4q\}$ и $\{4q+2\}$, где параметры x , y и z являются числовыми функциями, и показано, что задача всегда имеет натуральные решения для фиксированного числа $n > 1$.

Ключевые слова: диофантовое уравнение, гипотеза Эрдёша, натуральные числа, целая часть функции, разрыв функции второго рода.

Введение

С начала XVIII в. усилия ученых были направлены на определение параметров Земли (радиуса кривизны в экваторе, полярного сжатия и др.). Определение радиуса кривизны Земли можно выполнить различными способами [1, 2]. Точность выполненных расчетов такими способами удовлетворяет топографическим и картографическим работам. Однако для геодезических целей в большинстве случаев требуется более высокая точность. В данной работе предлагается моделирование решения задачи, сформулированного П. Эрдёшем [3, 4], которое может применяться для точного расчета радиуса кривизны Земли в данной точке, при известных координатах точки на поверхности Земли. Задача П. Эрдёша имеет степень сложности P_{62}^2 , а именно: для каждого натурального числа $n > 1$ существуют натуральные числа x , y , z такие, что

$$\frac{4}{n} = \frac{1}{x} + \frac{1}{y} + \frac{1}{z}. \quad (1)$$

В [3, 4] также сформулирована задача В. Серпинского, которая имеет степень сложности P_{63}^2 , а именно: для каждого натурального числа $n > 1$ существ-

вуют натуральные числа x , y , z такие, что $\frac{5}{n} = \frac{1}{x} + \frac{1}{y} + \frac{1}{z}$. Многолетние ис-

следования гипотезы П. Эрдёша показывают, что задача всегда имеет натуральные решения. В [5] отмечено: «Египетские дроби ставят ряд трудных и по сей день нерешенных математических проблем. Гипотеза Эрдёша – Штрауса (en: Erdős-Strausconjecture) утверждает, что для всякого целого числа $n \geq 2$ существуют положительные целые x , y и z такие, что $\frac{4}{n} = \frac{1}{x} + \frac{1}{y} + \frac{1}{z}$. Ком-

пьютерные эксперименты показывают, что гипотеза верна для всех $n \leq 10^{14}$, но доказательство пока не найдено». Время от времени всплывают новые сведения о данной проблеме [6]. Обобщение этой гипотезы утверждает, что для всякого положительного k существует такое N , при котором для всех $n \geq N$ существует разложение $\frac{k}{n} = \frac{1}{x} + \frac{1}{y} + \frac{1}{z}$ (эта гипотеза принадлежит Анджею

Шинцелю (en: Andrzej Schinzel)) [7]. Автор данной работы, в свою очередь, сформулировал другое обобщение со следующим содержанием: для любого фиксированного натурального числа $k \geq \frac{p}{3}$, на отрезке $[1, 3k]$, существуют

многочисленные натуральные числа p , при которых уравнение $\frac{p}{k} = \frac{1}{x} + \frac{1}{y} + \frac{1}{z}$ имеет натуральные решения [8]. Теоретическая концепция и доказательство этих четырех гипотез (Эрдёша – Штрауса, В. Серпинского, А. Шинцеля и Л. Асланяна) представлена в [7–9].

Основные результаты исследования

Если $k=1$, то численное значение левой части уравнения (1) будет 4, а наибольшее значение выражения правой части уравнения будет 3, когда $x=y=z=1$. Следовательно, предположение П. Эрдёша о том, что для натуральных чисел $k > 1$, верно и уравнение (1) – полностью истинно. Преобразуем уравнение (1) следующим образом:

$$\frac{4}{k} - \frac{1}{x} = \frac{1}{y} + \frac{1}{z}, \quad (2)$$

или

$$\frac{4x-k}{k \cdot x} = \frac{y+z}{y \cdot x}. \quad (3)$$

Исследование задачи проведем на множестве натуральных чисел. Поэтому обозначим левую и правую части уравнения (3) дробью $\frac{m}{n}$, где $m, n \in N$ и $(m, n) = 1$. Оценим значение выражения правой части уравнения (3). Поскольку числа x, y и z рассматриваются на множестве натуральных чисел, то $y + z \leq y \cdot z$, при $y \neq 1, z \neq 1$.

Если $y = z = 2$, то имеет место равенство $y + z = yz$. В этом случае $\frac{m}{n} = 1$ или $\frac{4x - k}{k \cdot x} = 1$, откуда $x = \frac{k}{4 - k}$. Так как $k > 1$, то вероятными значениями k будут $k = 2$ и $k = 3$, для того чтобы $x \in N$. Если $k = 2$, то $x = 1$. Если $k = 3$, то $x = 3$. Нетрудно заметить, что решения $(1; 2; 2)$ и $(3; 2; 2)$ удовлетворяют уравнению (1).

Если $z = 1$, а натуральное число y больше 1, то $y + z > y \cdot z$ и $\frac{y + z}{yz} > 1$ или $\frac{m}{n} > 1$.

Таким образом, при условии $1 \leq \frac{m}{n} < 2$ задача также имеет натуральное решение. Например, решения $k = 2, x = 2, z = 1, y = 2$ удовлетворяют уравнению (1). Если $z = 1, y = 12, x = 4, k = 3$, то они также удовлетворяют уравнению (1). Можно привести многочисленные примеры, что при условии $1 \leq \frac{m}{n} < 2$ задача имеет натуральные решения. Таким образом, при условии $0 < \frac{m}{n} < 2$ уравнение (1) имеет натуральные решения. Поскольку мы обозначили левую и правую части уравнения (1) через $\frac{m}{n}$, то получим следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} x = \frac{nk}{4n - mk} \\ y = \frac{n \cdot z}{m \cdot z - n} \end{cases} \quad (4)$$

От системы (4) отделим неизвестные y и z . Для этого равенство $y = \frac{n \cdot z}{mz - n}$ преобразуем в вид $\frac{y}{n} = \frac{z}{m \cdot z - n}$ и обе части умножим на число $m \neq 0$.

Получим $\frac{y \cdot m}{n} = \frac{zm}{mz - n}$. Отделим целую часть дроби $\frac{z \cdot m}{mz - n}$. Имеем

$$\frac{ym}{n} = \frac{zm - n + n}{mz - n} = 1 + \frac{n}{mz - n}$$

или

$$\frac{y \cdot m - n}{n} = \frac{n}{mz - n}. \quad (5)$$

Значение левой и правой частей уравнения (5) обозначим через a . Получим $z = \frac{n(a+1)}{m \cdot a}$, $y = \frac{n(a+1)}{m}$ или $y = a \cdot z$. Выдвинем новую гипотезу: могут ли существовать тройки натуральных чисел (m, n, a) , для того чтобы числа x , y , z были натуральными. Так как в начале задачи мы предположили, что $(m, n) = 1$, следовательно, числа a и $a + 1$ также будут взаимно простыми числами. Рассмотрим числовую функцию $z = \frac{n(a+1)}{m \cdot a}$.

Теорема 1

Для того чтобы значения числовой функции z были натуральными числами, необходимо и достаточно, чтобы имели место следующие условия: $a + 1 = m \cdot r$ и $n = A \cdot a$, где $A \in \mathbb{N}$.

Имеем $a = m \cdot r - 1$ или $a \equiv -1 \pmod{m}$ и $n = A \cdot a$. Получим представление числовых функций $z = A \cdot r$, $y = a \cdot z = (mr - 1) \cdot A \cdot r$. Нетрудно заметить, числовые функции z и y всегда принимают натуральные значения. Теперь исследуем числовую функцию $x = \frac{n \cdot k}{4n - mk}$. Линейная форма $4n - mk$ всегда принимает любое действительное значение, в том числе и натуральное, за исключением тех значений, при котором $4 \cdot n - mk = 0$ или $n = \frac{mk}{4}$, так как она находится в знаменателе. То есть, числовая функция x имеет разрыв второго порядка в точке $n = \frac{mk}{4}$.

Линейная форма $4n - mk$ непрерывна на интервале $\left(-\infty, \frac{mk}{4}\right) \cup \left(\frac{mk}{4}, +\infty\right)$, следовательно, его числовые значения существуют в каждой точке данного интервала. Поскольку данная задача рассматривается на множестве натуральных

чисел, то нас интересуют все те числа которые принадлежат интервалу $\left(\frac{k}{4}, \frac{mk}{4}\right) \cup \left(\frac{mk}{4}, +\infty\right)$, эти числа являются делителями элемента $(n \cdot k)$. Другими словами, нас интересует существование натуральных решений уравнения вида $4n - mk = p$, где p_i – какой-либо делитель элемента $(n \cdot k)$. Из данного уравнения найдем n , имеем: $n = \frac{mk + p_i}{4}$, где количество всевозможных уравнений есть $\tau + \lambda + 1$, где $\tau = (1 + a_1)(1 + a_2) \cdots (1 + a_i)$ [4], т. е. τ показывает количество делителей числа k , а λ является количеством уравнений вида $4n - mk = p_i \cdot n$, где p_i меньше числа 4. Другими словами, λ показывает количество всех возможных комбинаций $p_i \cdot n$, при котором уравнения $4n - mk = p_i \cdot n$ имеют натуральные решения, а единица показывает число уравнений вида $nk = t(4n - mk)$. Для того чтобы доказать, что числовая функция x принимает натуральные значения, сформулируем следующую теорему.

Теорема 2

Для того чтобы значения числовой функции $x \in N$, необходимо и достаточно, чтобы существовало хотя бы одно или несколько или все из следующих предполагаемых условий: 1) $4n - mk = 1$; 2) $4n - mk = p_1, \dots, 4n - mk = p_j$; $j + 1) 4n - mk = p_1 \cdot n, \dots$; $j + \lambda) 4n - mk = p_j^{a_j} \cdot n$ и $nk = t(4n - mk)$, где $t \in N$.

Доказательство

Исходя из целесообразности, возьмем p_i равным 1, так как единица является делителем для любого натурального числа. Получим $n = \frac{mk + 1}{4}$, где $k > 1$, следовательно, при его делении на 4 в остатке останется одно из чисел: ноль, единица, двойка, тройка. Поскольку задача рассматривается на множестве натуральных чисел, а k является произвольным представителем этого множества, то выберем предметом исследования основополагающие понятия из теории чисел. То есть, сравним натуральные числа по модулю 4. Получим числа с остатком 0, 1, 2 и 3. Объединив числа с равным остатком, получим числовые множества с полным вычетом вида $\{4q\}$, $\{4q + 1\}$, $\{4q + 2\}$ и $\{4q + 3\}$, объединение которых дает множество натуральных чисел без числа «1». На каждом множестве числовая функция x имеет следующее представление: $x = \frac{qt}{n - qt}$, $x = \frac{(4q + 1)n}{4n - (4q + 1)t}$, $x = \frac{(2q + 1)n}{2n - (2q + 1)t}$ и $x = \frac{(4q + 3)n}{4n - (4q + 3)t}$.

Исходя из этого, проведем исследование задачи поэтапно.

Алгоритм решения задачи П. Эрдёша на множестве $k \in \{4q\}$

Подставив значение $k = 4q$ в уравнение (1), получим

$$\frac{4}{4q} = \frac{1}{q} = \frac{1}{x} + \frac{1}{y} + \frac{1}{z}. \quad (6)$$

Согласно полученному алгоритму, можем написать, что $x = \frac{n \cdot q}{n - qt}$.

Теорема 3

Для того чтобы $x \in N$, необходимо и достаточно, чтобы существовало хотя бы одно или несколько или все из следующих предполагаемых условий:

- а) $n - q \cdot t = 1$;
- б) $n - qt = q$;
- в) $n \cdot q = t(n - qt)$.

Сначала предположим, что q является простым числом, а если будет составной, то q будет представлено в канонической форме, т. е. $q = p_1^{a_1} \cdot p_2^{a_2} \cdot \dots \cdot p_i^{a_i}$ [4]. Тогда будут исследованы все возможные существующие варианты. То есть будут исследованы все уравнения вида $n - tq = p_i$ и по известному факту, $\tau = (1 + a_1)(1 + a_2) \cdot \dots \cdot (1 + a_i)$ [4] и считается количеством делителей элемента q .

Исследование условия $n - q \cdot t = 1$

Имеем: $n = qt + 1$, если $t \in n$, то $n \in N$, $x = q \cdot n \in N$. Выбранным методом доказывается, что x принимает натуральное значение. Испытаем значение параметра t . Если $t = 1$, то $n = q + 1$, $x = n \cdot q = q(q + 1)$, $z = \frac{(q + 1)(a + 1)}{a}$.

Если $a = 1$, то $z = y = 2(q + 1)$, $x = q(q + 1)$. Если $a = q + 1$, то $z = q + 2$, $y = (q + 1)(q + 2)$, $x = n \cdot q = q(q + 1)$. При изменении значений параметра t получаются разные аналитические представления числовых функций x, y, z, n и a . Полученные результаты доказывают, что числовые функции z и y также принимают натуральные значения.

Для компактности работы сведем некоторые решения в представленную табл. 1.

Таблица 1

Суммарные решения диофантовых задач

m	$n = mq + 1$	a	x	y	z	Условие
1	$q + 1$	1	$q(q + 1)$	$2(q + 1)$	$2(q + 1)$	$n - mq = 1$ (а)
1	$q + 1$	$q + 1$	$q(q + 1)$	$(q + 1)(q + 2)$	$q + 2$	
2	$2q + 1$	1	$q(2q + 1)$	$2q + 1$	$2q + 1$	
2	$2q + 1$	$2q + 1$	$q(2q + 1)$	$(q + 1)(2q + 1)$	$q + 1$	
m	$n = q(m + 1)$	a	x	y	z	$n - mg = q$ или $n = q(m + 1)$ (б)
1	$2q$	1	$2q$	$4q$	$4q$	
1	$2q$	2	$2q$	$6q$	$3q$	
1	$2q$	$2q$	$2q$	$2q(2q + 1)$	$2q + 1$	
1	$2q$	q	$2q$	$2q(q + 1)$	$2(q + 1)$	
2	$3q$	3	$3q$	$6q$	$2q$	
$2q$	$q(2q + 1)$	1	$q(2q + 1)$	$2q + 1$	$2q + 1$	
$2q$	$q(2q + 1)$	$2q + 1$	$q(2q + 1)$	$(q + 1)(2q + 1)$	$q + 1$	
$q + 1$	$q(q + 2)$	q	$q(q + 2)$	$q(q + 2)$	$q + 2$	
$\frac{n}{m}$	$\frac{n}{m} = \frac{qt}{t - q}$, если $t = q + 1$	$a = 1$	$x = t = q + 1$	$2q(q + 1)$	$2q(q + 1)$	
		$a = q + 1$	$x = t = q + 1$	$q(q + 1)(q + 2)$	$q(q + 1)$	
		$a = q(q + 1)$	$x = t = q + 1$	$q(q + 1)(q^2 + q + 1)$	$q^2 + q + 1$	
		$a = q$	$x = t = q$	$q(q + 1)$	$(q + 1)^2$	

Теперь на частном примере объясним алгоритм решения, когда q является составным. Например, $q = 20$, то есть $k = 80$ и требуется решить уравнение

$$\frac{1}{20} = \frac{1}{x} + \frac{1}{y} + \frac{1}{z}.$$

Согласно полученному алгоритму, $x = \frac{20 \cdot n}{n - 20m} = \frac{2^2 \cdot 5 \cdot 4}{n - 20m}$. Делителями числа 20 являются 1, 2, 4, 5, 10, 20, $t = (1 + 2)(1 + 1) = 6$.

Теорема 4

Для того чтобы $x \in N$, необходимо и достаточно, чтобы существовало хотя бы одно или несколько или все из следующих предполагаемых условий: а) $n - 20m = 1$; б) $n - 20m = 2$; в) $n - 20m = 4$; г) $n - 20m = 5$; д) $n - 20m = 10$; е) $n - 20m = 20$; з) $20n = t(n - 20m)$; где $t \in N$.

Нетрудно заметить, что в случае всех условий задача имеет многочисленные решения. Теперь рассмотрим случай, когда $k = 4q + 2$, это означает, что следует решить уравнение

$$\frac{2}{4q+2} = \frac{2}{2q+1} = \frac{1}{x} + \frac{1}{y} + \frac{1}{z}. \quad (7)$$

Алгоритм решения задачи П. Эрдёша на множестве $k \in \{4q + 2\}$

Согласно алгоритму $x = \frac{(2q+1) \cdot n}{2n - (2q+1)m}$. Предположим, что $2q + 1$ есть простое число. Сформулируем теорему.

Теорема 5

Для того чтобы $x \in N$, необходимо и достаточно, чтобы существовало хотя бы одно или несколько или все из следующих предполагаемых условий:

- а) $2n - (2q + 1)m = 1$;
- б) $2n - (2q + 1)m = n$;
- в) $2n - (2q + 1)m = 2q + 1$;
- г) $2n - (2q + 1)m = (2q + 1) \cdot n$;
- д) $(2q + 1) \cdot n = (2n - (2q + 1)m) \cdot t$ $(2q + 1) \cdot n = (2n - (2q + 1)m) \cdot t$, где $t \in N$.

Из условия а) следует $n = \frac{(2q+1)m+1}{2} = qm + \frac{m+1}{2}$. Если $m = -1 \pmod{2}$ или $m = 2t - 1$, то $n = (2q+1) \cdot t - q$. Если $t = 1$ или $m = 1$, то $n = q + 1$ и $z = \frac{(q+1) \cdot (a+1)}{a}$. Если $a = 1$, то $z = 2(q+1)$, $y = 2(q+1)$, $x = (2q+1) \cdot n = (2q+1) \cdot (q+1)$. Если $a = q+1$, то $z = q+2$, $y = (q+1)(q+2)$, $x = (2q+1)(q+1)$. Полученные решения удовлетворяют уравнению (7). Нетрудно заметить, что при всех условиях задача имеет многочисленные решения. Если число вида $2q + 1$ составное, то решение задачи находится по тому же алгоритму. Сведем результат некоторых решений уравнения (7) в табл. 2, для случаев условий а) и д).

Некоторые решения уравнения П. Эрдёша

m	$n = \frac{(2q+1)m+1}{2}$	a	x	y	z
1	$q+1$	1	$(q+1)(2q+1)$	$2(q+1)$	$2(q+1)$
1	$q+1$	$q+1$	$(q+1)(2q+1)$	$(q+1)(q+2)$	$q+2$
3	$3q+2$	$3q+2$	$(2q+1)(3q+2)$	$(q+1)(3q+2)$	$q+1$
m	$\frac{(2q+1)(m+1)}{2}$	a	x	y	z
1	$2q+1$	1	$2q+1$	$2(2q+1)$	$2(2q+1)$
1	$2q+1$	$2q+1$	$2q+1$	$2(q+1)(2q+1)$	$2(q+1)$
3	$2(2q+1)$	2	$2(2q+1)$	$2(2q+1)$	$2q+1$
$2q+1$	$(2q+1)(q+1)$	1	$(2q+1)(q+1)$	$2(q+1)$	$2(q+1)$
$2q+1$	$(2q+1)(q+1)$	$q+1$	$(2q+1)(q+1)$	$(q+1)(q+2)$	$q+2$
$\frac{n}{m}$	$\frac{n}{m} = \frac{(2q+1)t}{2t-(2q+1)}$	a	$x = t$	y	z
$\frac{n}{m}$	$(q+1)(2q+1)$	1	$q+1$	$2(q+1)(2q+1)$	$2(q+1)(2q+1)$
$\frac{n}{m}$	$2q+1$	$2q+1$	$2q+1$	$2(q+1)(2q+1)$	$2(q+1)$

Работа имеет продолжение при $k = 4q + 3$.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Морозов В. П. Курс сфероидической геодезии. – М. : Недра, 1979. – 296 с.
2. Бугаевский Л. М. Математическая картография : учебник для вузов. – М. : Златоуст, 1998. – 400 с.
3. Серпинский В. (Wacław Sierpiński). Сто простых, но одновременно и трудных вопросов арифметики. – М., 1961. – 273 с.
4. Серпинский В. (Wacław Sierpiński). 250 задач по элементарной теории числа. – М. : Просвещение, 1968. – 258 с.
5. Открытые проблемы. Современная теория чисел [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://gruzdoff.ru/wiki/Египетские_дроби.
6. Гипотеза Эрёша – Штрауса. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Гипотеза_Эрдёша_—_Штрауса.

7. Виноградов И. М. Основы теории чисел. – М. : Наука, 1981. – 476 с.

8. Асланян Л. Х. Алгоритмы решения диофантовых задач гипотезы Эрдеш – Штрауса и В. Серпинского. – Части I и II. – Ереван, 2015. – 236 с.

9. Асланян Л. Х. Алгоритмы решения обобщенных диофантовых задач гипотезы Эрдеш – Штрауса и В. Серпинского. – Часть III. – Ереван, 2015. – 347 с.

Получено 09.06.2016

© Л. Х. Асланян, 2016

INVESTIGATION AND ALGORITHMS FOR SOLVING DIAPHANTINE

PROBLEMS VIEW, $\frac{4}{k} = \frac{1}{x} + \frac{1}{y} + \frac{1}{z}$, FORMULITE ERDOS

Ludvig Kh. Aslanyan

Armenian State Economic University, 0006, Yerevan, Armenia, 18 Verkhniy Shengavit St., Ph. D., Associate Professor, Department of Higher Mathematics, tel. (0037493)161606, e-mail: lyudvig.aslanyan@mail.ru

The work is devoted to solving non-trivial way to calculate the latitude and radius of curvature of the Earth to the space coordinates and the theory and practice of a second-order problem that has formulated P. Erdos in geodetic works. A general algorithm for finding natural solutions of Diophantine problems, justify the existence of these decisions on the sets $\{4q\}$, $\{4q + 1\}$, $\{4q + 2\}$ and $\{4q + 3\}$. Provides additional information on the hypothesis Erdos-Strauss. In this paper, the problem is solved on the sets $\{4q\}$ and $\{4q + 2\}$, where the parameters x , y and z are numerical functions, and it is shown that the problem is always the natural solution for a fixed number of $n > 1$.

Key words: diophantine equation, the hypothesis Erdos, integers, the integer part of the functions of the second kind of function gap.

REFERENCES

1. Morozov, V. P. (1979). *Kurs sferoidicheskoy geodezii [Course of spheroidal geodesy]*. Moscow: Nedra [in Russian].
2. Bugaevskiy, L. M. (1998). *Matematicheskaya kartografiya [Mathematical cartography]*. Moscow: Zlatoust [in Russian].
3. Serpinskiy, V. (1961). *Sto prostykh, no odnovremenno i trudnykh voprosov arifmetiki [One hundred simple but at the same time and difficult arithmetic questions]*. Moscow [in Russian].
4. Serpinskiy, V. (1968). 250 zadach po elementarnoy teorii chisla [250 problems in elementary number theory]. Moscow: Prosveshchenie [in Russian].
5. Otkrytye problemy. Sovremennaya teoriya chisel [Open the problem. The modern theory of numbers]. Retrieved from http://gruzdoff.ru/wiki/Египетские_дроби [in Russian].
6. Gipoteza Eresha-Shtrausa [Hypothesis Erësha – Strauss]. Retrieved from https://ru.wikipedia.org/wiki/Гипотеза_Эрдёша_—_Штрауса [in Russian].
7. Vinogradov, I. M. (1981). *Osnovy teorii chisel [Fundamentals of the theory of numbers]*. Moscow: Nauka [in Russian].

8. Aslanyan, L. Kh. (2015). *Algoritmy resheniya diofantovykh zadach gipotezy Erdesh-Shtrausa i V. Serpinskogo [Algorithms for solving diophantine problems hypothesis Erdos-Strauss and Sierpinski]: Part I, II.* Erevan [in Russian].

9. Aslanyan, L. Kh. (2015). *Algoritmy resheniya obobshchennykh diofantovykh zadach gipotezy Erdesh-Shtrausa i V.Serpinskogo [Algorithms for generalized diofantovykh tasks hypothesis Erdos - Strauss and V. Serpinskogo]: Part III.* Erevan, 2015 [in Russian].

Received 09.06.2016

© L. Kh. Aslanyan, 2016

УДК 521.9

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФОРМЫ РЕЛЯТИВИСТСКОЙ УРОВЕННОЙ ПОВЕРХНОСТИ ОСЕСИММЕТРИЧНОЙ МОДЕЛИ ЗЕМЛИ ВО ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ВМЕСТЕ С ЗЕМЛЕЙ СИСТЕМЕ ОТСЧЕТА

Александр Викторович Елагин

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры физической геодезии и дистанционного зондирования, тел. (383)343-29-11, e-mail: VG@ssga.ru

Инна Евгеньевна Дорогова

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры физической геодезии и дистанционного зондирования, тел. (383)343-29-11, e-mail: inna_dorogova@mail.ru

В работе определяется форма релятивистской уровенной поверхности осесимметричной модели Земли во вращающейся вместе с Землей системе отсчета. Работа основана на пространственно-временной метрике Р. Керра, полученной в 1963 г. для случая поля тяготения осесимметричного вращающегося тела в неподвижной относительно звезд системе отсчета. Релятивистская уровенная поверхность представляет собой двумерную поверхность, в любой точке которой скорость хода часов статического наблюдателя, расположенного на этой поверхности является величиной постоянной. Поэтому для получения уравнения искомой поверхности коэффициент при временной координате метрики Керра был принят равным константе. Эта константа связана с потенциалом тяготения. В статье выполнено решение полученного уравнения уровенной поверхности двумя способами. Один способ основан на решении алгебраического уравнения четвертой степени, а второй – на итеративном решении уравнения второй степени. Оба способа привели к одному и тому же результату. В ходе исследования установлена форма релятивистской уровенной поверхности вращающейся осесимметричной модели Земли при условии совпадения ее с поверхностью эллипсоида на экваторе и полюсах. Показано, что таким образом согласованная с эллипсоидом релятивистская уровенная поверхность располагается выше поверхности эллипсоида. Максимальное отклонение достигает двенадцати метров для кошироты $\theta = 45^\circ$.

Ключевые слова: уровенная поверхность, пространственно-временная метрика Керра, земной эллипсоид, релятивистский геоид, инерциальная система отсчета, гравитационный радиус Земли, релятивистская геодезия, общая теория относительности.

Высокий уровень точности, необходимый в настоящее время для решения многих научных и практических задач геодезии, требует учета релятивистских эффектов [1–6].

В работе [1] исследовалась форма релятивистской уровенной поверхности осесимметричной модели Земли в неподвижной относительно звезд системе отсчета, в данной статье форма поверхности определяется во вращающейся вместе с Землей системе отсчета (рис. 1). Выражение для интервала метрики Керра в невращающейся системе отсчета имеет вид [7, 8]

$$ds^2 = \left(-1 + \frac{r_g r}{\rho^2} \right) c^2 dt^2 + \frac{\rho^2}{\Delta} + \rho^2 d\theta^2 + \left(r^2 + a^2 + \frac{a^2 r_g r}{\rho^2} \sin^2 \theta \right) \sin^2 \theta d\phi^2 - \frac{2r_g ar}{\rho^2} \sin^2 \theta d\phi dt, \quad (1)$$

где

$$\rho^2 = r^2 + a^2 \cos^2 \theta; \quad (2)$$

$$r_g = \frac{2fM}{c^2};$$

$$\Delta = r^2 - r_g r + a^2.$$

В формулах (1), (2) введены следующие обозначения: f – гравитационная постоянная; t – время, которое показывают часы подвижного относительно звезд наблюдателя, расположенного в центре масс модели Земли; M – масса тела; a обозначает нормированный на скорость света удельный момент количества движения; r – геоцентрическое расстояние в метрике Керра; ϕ – долгота; θ – приведенная коширота, отсчитываемая от северного полюса; r_g – гравитационный радиус Земли.

Преобразуем выражение для интервала в систему отсчета, вращающуюся вместе с Землей. Долготы и их дифференциалы в неподвижной и подвижной системах отсчета связаны соотношениями [9]:

$$\phi = \lambda + \omega \cdot t,$$

$$d\phi = d\lambda + \omega dt, \quad (3)$$

$$d\phi^2 = d\lambda^2 + 2\omega d\lambda dt + \omega^2 dt^2, \quad (4)$$

где λ – долготы точек во вращающейся вместе с Землей системе отсчета.

Подставим выражения (3) и (4) в формулу (1). Приведя подобные члены, получим выражение для интервала во вращающейся системе отсчета

$$ds^2 = \left[-1 + \frac{r_g r}{\rho^2} + \frac{\omega^2}{c^2} \left(r^2 + a^2 + \frac{a^2 r_g r}{\rho^2} \sin^2 \theta \right) \sin^2 \theta - \frac{2\omega r_g ar}{c \rho^2} \sin^2 \theta \right] c^2 dt^2 + \frac{\rho^2}{\Delta} dr^2 + \rho^2 d\theta^2 + \left(r^2 + a^2 + \frac{a^2 r_g r}{\rho^2} \sin^2 \theta \right) \sin^2 \theta d\lambda^2 - \left[\frac{2\omega}{c} \left(r^2 + a^2 + \frac{a^2 r_g r}{\rho^2} \sin^2 \theta \right) \sin^2 \theta - \frac{2r_g ar}{\rho^2} \sin^2 \theta \right] d\lambda c dt. \quad (5)$$

В работах [10–22] представлено определение релятивистской уровенной поверхности. Эта поверхность представляет собой двухмерную поверхность, в любой точке которой скорость хода часов статического наблюдателя, расположенного на поверхности является величиной постоянной.

Поэтому если в уравнении (5) коэффициент при $c^2 dt^2$ приравнять константе $-1+C$, то получим уравнение уровенной поверхности осесимметричной модели Земли в системе отсчета вращающейся вместе с Землей

$$-1 + \frac{r_g r}{\rho^2} + \frac{\omega^2}{c^2} \left(r^2 + a^2 + \frac{a^2 r_g r}{\rho^2} \sin^2 \theta \right) \sin^2 \theta - \frac{2\omega}{c} \frac{r_g a r}{\rho^2} \sin^2 \theta = -1 + C. \quad (6)$$

Подставим в формулу (6) выражение (2). После преобразований получим уравнение четвертого порядка, где в качестве неизвестного будет выступать радиус-вектор r в пространственно-временной метрике Керра во вращающейся системе отсчета

$$r^4 + pr^2 + qr + u = 0, \quad (7)$$

где

$$p = a^2 + a^2 \cos^2 \theta - \frac{C c^2}{\sin^2 \theta \omega^2}; \quad (8)$$

$$q = \frac{r_g c^2}{\sin^2 \theta \omega^2} + r_g a^2 \sin^2 \theta - 2r_g \frac{a c}{\omega}; \quad (9)$$

$$u = a^4 \cos^2 \theta - C a \frac{\cos^2 \theta c^2}{\sin^2 \theta \omega^2}. \quad (10)$$

Для определения корней уравнения четвертого порядка, найдем вначале три корня кубической резольвенты, которая соответствует уравнению (7)

$$x^3 + \alpha x^2 + \beta x + \gamma = 0, \quad (11)$$

где $\alpha = 2p$, $\beta = p^2 - 4u$, $\gamma = -q^2$.

Если неизвестное x представить в виде

$$x = y - \frac{\alpha}{3} \quad (12)$$

и подставить в уравнение (11), то получим приведенное уравнение третьей степени

$$y^3 + \tilde{p}y + \tilde{q} = 0, \quad (13)$$

где $\tilde{p} = \beta - \frac{\alpha^2}{3}$, $\tilde{q} = \frac{2}{27}\alpha^3 - \frac{\alpha\beta}{3} + \gamma$.

Эксперименты показали, что в нашем случае определения релятивистской уральной поверхности дискриминант уравнения (13) имеет отрицательное значение

$$D = \left(\frac{\tilde{p}}{3}\right)^3 + \left(\frac{\tilde{q}}{2}\right)^2 < 0. \quad (14)$$

Поэтому уравнение (13) имеет три действительных корня, которые могут быть найдены по формулам

$$\tilde{\rho} = \sqrt{-\frac{\tilde{p}}{27}}; \quad \psi = \arccos\left(-\frac{\tilde{q}}{2\tilde{\rho}}\right); \quad (15)$$

$$y_1 = 2\sqrt[3]{\tilde{\rho}} \cos\left(\frac{\psi}{3}\right); \quad y_2 = 2\sqrt[3]{\tilde{\rho}} \cos\left(\frac{\psi}{3} + \frac{2}{3}\pi\right); \quad y_3 = 2\sqrt[3]{\tilde{\rho}} \cos\left(\frac{\psi}{3} + \frac{4}{3}\pi\right). \quad (16)$$

С учетом подстановки (12) находим корни уравнения (11)

$$x_1 = y_1 - \frac{\alpha}{3}; \quad x_2 = y_2 - \frac{\alpha}{3}; \quad x_3 = y_3 - \frac{\alpha}{3}. \quad (17)$$

Корни уравнения (11) связаны с корнями уравнения (7) соотношениями

$$\begin{aligned} r_1 &= \frac{1}{2}(\sqrt{x_1} + \sqrt{x_2} + \sqrt{x_3}); \quad r_2 = \frac{1}{2}(\sqrt{x_1} - \sqrt{x_2} + \sqrt{x_3}); \\ r_3 &= \frac{1}{2}(-\sqrt{x_1} + \sqrt{x_2} + \sqrt{x_3}); \quad r_4 = \frac{1}{2}(\sqrt{x_1} + \sqrt{x_2} - \sqrt{x_3}). \end{aligned} \quad (18)$$

В качестве решения выбирается такой корень, в котором произведение с учетом знаков трех членов в круглых скобках равно коэффициенту q в уравнении (7) с обратным знаком. Таким корнем является корень r_4 , так как для него

$$\sqrt{x_1} \cdot \sqrt{x_2} \cdot (-\sqrt{x_3}) = -q. \quad (19)$$

Именно этот корень имеет физический смысл.

Представленные формулы (7)–(19), предназначенные для вычисления уровенной поверхности, на полюсах имеют особенности, так как при вычислении коэффициентов p , q , u по формулам (8), (9), (10) в знаменателях $\sin^2 \theta = 0$, при $\theta = 0^\circ$ и $\theta = 180^\circ$.

Чтобы избежать особенностей можно составить уравнение второй степени, в коэффициентах которого присутствует искомое неизвестное r , умноженное на малый множитель. Такое уравнение может быть решено методом приближений. Вывод уравнения второй степени следует из выражений (2), (6). Оно имеет вид

$$\bar{p}r^2 - \bar{q}r + \bar{u} = 0, \quad (20)$$

где

$$\bar{p} = C - \frac{\omega^2}{c^2} \sin^2 \theta \left(r^2 + a^2 + \frac{a^2 r_g}{\rho^2} r \sin^2 \theta \right); \quad (21)$$

$$\bar{q} = r_g - 2 \frac{\omega}{c} r_g a \sin^2 \theta; \quad (22)$$

$$\bar{u} = \bar{p}a^2 \cos^2 \theta. \quad (23)$$

Приближенное решение квадратного уравнения находится по формуле

$$r \approx \frac{\bar{q} + \sqrt{\bar{q}^2 - 4\bar{p}\bar{u}}}{2\bar{p}}.$$

В качестве приближенного значения r в первой итерации может быть принят средний радиус Земли или соответствующее кошироте значение радиус-вектора эллипсоида, вычисленного по формулам (25)–(27).

Экспериментально установлено, что достаточно выполнить три итерации. Решение на третьей итерации отличается от решения на второй итерации на 0,1 мм.

После выполнения трех итераций найденное решение отличается от решения полученного по формулам решения уравнения четвертой степени (7)–(19), не более чем на 0,2 мм.

Зададим определенные значения постоянной C и удельному моменту количества движения a и подставим их формулы (8)–(10) либо в формулы (21)–(23). Тогда, изменяя кошироту дискретно с определенным шагом от северного полюса до экватора, получим форму уровенной поверхности осесимметричной модели Земли во вращающейся вместе с Землей системе отсчета.

Так как форма уровенной поверхности зависит только от двух параметров: a, C , – то подберем их так, чтобы при $\theta = 0^\circ$ r совпала с малой полуосью,

а при $\theta = 90^\circ$ – с большой полуосью общеземного эллипсоида системы координат GRS-80.

Для оценки параметров a и C используем значения параметров модели Земли системы координат GRS-80: большой полуоси $\bar{a} = 6\,378\,140$ м, малой полуоси $\bar{b} = 6\,356\,755,302$ м; угловой скорости вращения Земли $\omega = 7,292\,115 \cdot 10^{-5}$ рад/с; гравитационной постоянной $f = 6,673 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 / (\text{с}^2 \text{ кг})$; гравитационного параметра $fM = 398\,600,5 \text{ м}^3 / \text{с}^2$; гравитационного радиуса $r_g = 8,87 \cdot 10^{-3}$ м; нормального потенциала на поверхности эллипсоида $U_0 = 62\,636\,861 \text{ м}^2 / \text{с}^2$.

Тогда приближенно константа $C \approx 2U_0 / c^2 = 1,393\,858 \cdot 10^{-9}$ м. Однако с этим значением релятивистская уровенная поверхность не совпадает на полюсе и экваторе соответственно с малой и большой полуосями эллипсоида. Экспериментально было установлено, что для совпадения уровенной поверхности с эллипсоидом на полюсах и экваторе константа C должна иметь значение $C = 1,393\,107\,157 \cdot 10^{-9}$ м. С учетом этой константы и условия совпадения на полюсах, удельный момент количества движения может быть получен по формуле

$$a = \sqrt{\frac{r_g^2 - (2Cb - r_g)^2}{4C^2}} = 256\,477,2619 \text{ м.} \quad (24)$$

Геоцентрические расстояния точек поверхности эллипсоида в галилеевой метрике могут быть вычислены по формулам

$$x_e = \frac{\bar{a} \cdot \sin \theta}{\sqrt{1 + e'^2 \cos^2 \theta}}; \quad (25)$$

$$y_e = \frac{\bar{a} \cdot \cos \theta}{\sqrt{1 + e'^2 \cos^2 \theta}}; \quad (26)$$

$$r_e = \sqrt{x_e^2 + y_e^2}, \quad (27)$$

где e'^2 – квадрат второго эксцентриситета эллипсоида.

Расчеты радиусов-векторов уровенной поверхности осесимметричной модели Земли во вращающейся вместе с Землей пространственно-временной метрике Керра выполнены по формулам (7)–(10) и (20)–(23). Расхождения между полученными результатами представлены на рис. 1, характер графика объясняется описанными выше особенностями решения на полюсах по формулам (7)–(10).

Радиусы-векторы эллипсоида с дискретностью изменения коширот θ пять градусов от северного полюса до экватора вычислены по формулам (25)–(27). Отклонения релятивистской уровенной поверхности вращающейся модели Земли от поверхности эллипсоида представлены на рис. 2 и в таблице.

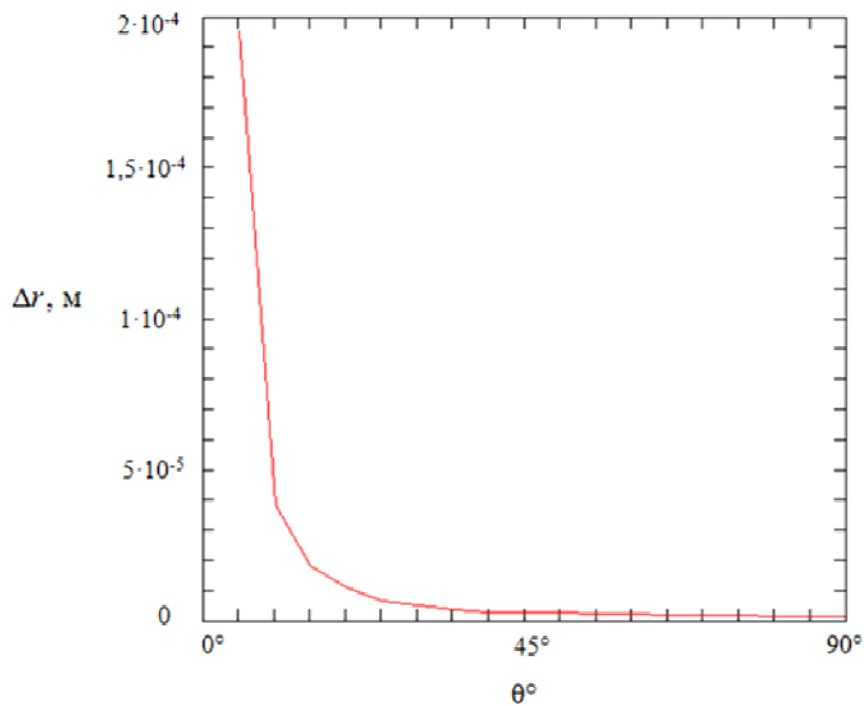


Рис. 1. Расхождения между значениями радиуса-вектора, полученными разными способами

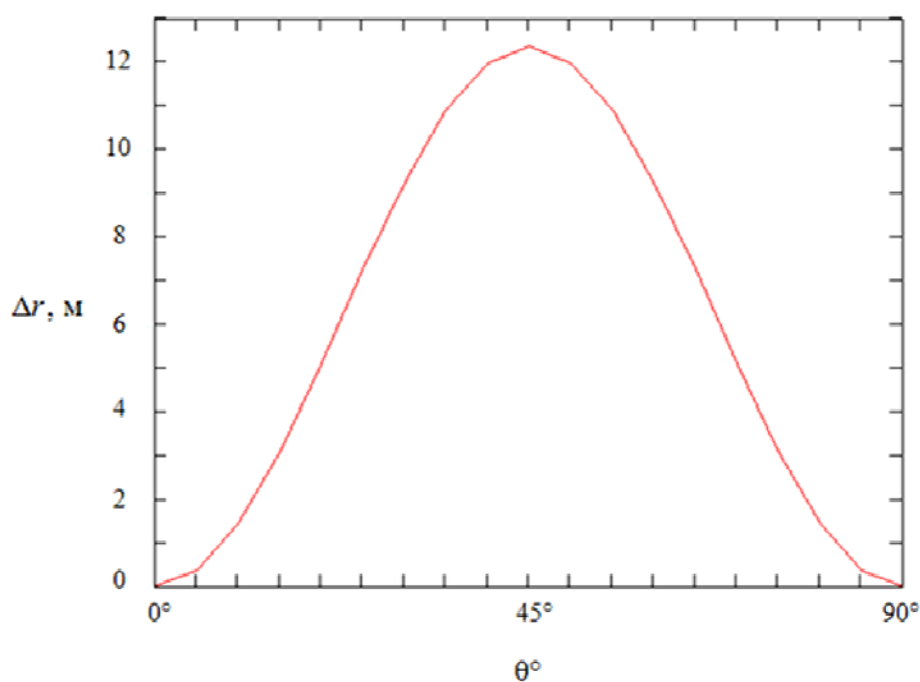


Рис. 2. Отклонения осесимметричной модели Земли от эллипсоида в плоскости меридиана

Таблица

Отличие осесимметричной модели Земли от поверхности эллипсоида

Значения кошироты, θ	Отклонения осесимметричной модели Земли от земного эллипсоида, Δr (м)
0°	0,000
5°	0,373
10°	1,445
15°	3,088
20°	5,103
25°	7,247
30°	9,262
35°	10,904
40°	11,975
45°	12,347
50°	11,974
55°	10,901
60°	9,258
65°	7,243
70°	5,100
75°	3,085
80°	1,443
85°	0,372
90°	0,000

Из полученных результатов видно, что уровенная поверхность модели Земли в системе отсчета, вращающейся вместе с Землей, располагается выше поверхности согласованного эллипсоида, как и в случае неподвижной системы отсчета [1]. Максимальное отклонение достигает двенадцати метров для точек с коширотой $\theta = 45^\circ$ (рис. 3).

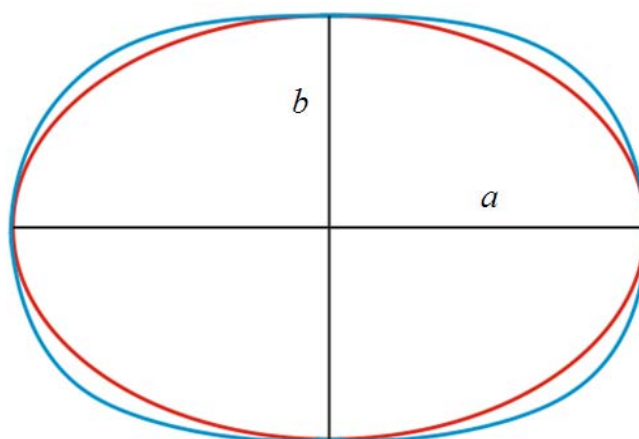


Рис. 3. Отличие земного эллипсоида от осесимметричной модели Земли:

— поверхность земного эллипсоида; — поверхность осесимметричной модели Земли

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 14-27-00068).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Елагин А. В., Дорогова И. Е. Определение формы уровенной поверхности вращающейся осесимметричной модели Земли в неподвижной пространственно-временной метрике Керра // Вестник СГУГиТ. – 2016. – Вып. 2 (34). – С. 47–54.
2. Проблемы обеспечения точности координатно-временных определений на основе применения ГЛОНАСС технологий / А. С. Толстиков, Ю. В. Сурнин, К. М. Антонович, В. А. Ащеулов // Вестник СГГА. – 2012. – Вып. 2 (18). – С. 3–11.
3. Антонович К. М. Пути развития ГНСС технологий в геодезии // Вестник СГГА. – 2006. – Вып. 11. – С. 52–57.
4. Елагин А. В., Дорогова И. Е. Оценка влияния релятивистских эффектов на траекторию движения искусственных спутников Земли // Вестник СГУГиТ. – 2015. – Вып. 3 (31). – С. 32–39.
5. Елагин А. В., Дорогова И. Е., Мареев А. В. Исследование взаимосвязи смешанных и чистых аномалий силы тяжести // Вестник СГГА. – 2014. – Вып. 3 (27). – С. 70–83.
6. Определение разности потенциалов силы тяжести и высот в геодезии посредством гравиметрических и спутниковых измерений / В. Ф. Канушин, А. П. Карпик, Д. Н. Голдобин, И. Г. Ганагина, Е. Г. Гиенко, Н. С. Косарев // Вестник СГУГиТ. – Вып. 3 (31). – 2015. – С. 53–69.
7. Kerr R. P. Gravitational field of a spinning mass as an example of algebraically special metric // Phys. Rev. Letters. – 1963. – Vol. 11. – P. 237–238.
8. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теория поля. 7-е изд. – М.: Наука, 1988. – 512 с.
9. Vjerhammar A. On a relativistic geodesy // Bull. Geod. – 1985. – 207 pp.
10. Kopeikin S., Efroimsky M., Kaplan G. Relativistic Celestial Mechanics of the Solar System. – Berlin: Wiley-VCH, 2011.
11. Kopeikin S. M., Petrov A. N. Post-Newtonian celestial dynamics in cosmology: Field equations // Phys. Rev. – 2013. – D87 (4). arXiv:1301.5706, doi:10.1103/PhysRevD.87.044029.
12. Kopeikin S. M., Petrov A. N. Dynamic field theory and equations of motion in cosmology // Annals of Physics. – 2014. – Vol. 350. – P. 379–440. arXiv:1407.3846, doi:10.1016/j.aop.2014.07.029.
13. Kopeikin S. M. Relativistic Manifestations of gravitational fields in gravimetry and geodesy // Manuscripta Geodaetica. – 1991. – No. 16. – P. 301–312.
14. Kopeikin S. M., Han W.-B., Mazurova E. M. Post-Newtonian theory of Earth's reference-ellipsoid // Geophys. J. Int. – 2015. – Vol. XX. – P. 1–19.
15. Kopeikin S. M., Mazurova E. M., Karpik A. P. Towards an exact relativistic theory of Earth's geoid undulation // Physics Letters A. – 2015. Vol. 379. – P. 1555–1562.
16. Müller J., Soel M., Klioner S. A. Geodesy and relativity // Journal of Geodesy. – 2008. No. 82. – P. 133–145. doi:10.1007/s00190-007-0168-7.
17. Mai E. Time, atomic clocks, and relativistic geodesy // Deutsche Geodatische Kommission der Bayerischen Akademie der Wissenschaften (DGK). Report No 124, (2014). – 128 pp. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://dggk.badw.de/fileadmin/docs/a-124.pdf>.
18. Mai E., Muller J. General remarks on the potential use of atomic clocks in relativistic geodesy // ZfV - Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement. – 2013. – Vol. 138, No 4. – P. 257–266.
19. Petit G., Wolf P., Delva P. Atomic time, clocks, and clock comparisons in relativistic spacetime: a review / S. Kopeikin, De Gruyter (Eds) // Frontiers in Relativistic Celestial Mechanics: Vol. 2, Applications and Experiments. – Berlin, 2014. doi:10.1515/9783110345667.249.

20. Ashby N. Relativity in the global positioning system // Living Rev. Relativity. – 2003. – Vol. 6. – 42 pp. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.livingreviews.org/lrr-2003-1>. doi: 10.12942/lrr-2003-1.

21. Klioner S. Angular velocity of rotation of extended bodies in general relativity // Proceedings of the 172nd Symposium of the IAU Kluwer: Dynamics, ephemerides, and astrometry of the solar system. – Dordrecht, 1995. – P. 309-320.

22. Earth's rotation in the framework of general relativity: rigid multipole moments / S. Klioner, M. Soffel, Ch. Xu, X. Wu // Proc. of Les Journées. Session V: Ephemeris and dynamical reference systems. – Paris, 2001. arXiv:astro-ph/0303377.

Получено 06.06.2016

© А. В. Елагин, И. Е. Дорогова, 2016

THE DEFINITION OF RELATIVISTIC LEVEL SURFACE OF AXE-SYMMETRICAL EARTH'S MODEL IN ROTATING WITH THE EARTH COORFINATE SYSTEM

Aleksandr V. Elagin

Siberian State University Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., Associate Professor, Department of Physical Geodesy and Remote Sensing, tel. (383)243-29-11, e-mail: VG@ssga.ru

Inna E. Dorogova

Siberian State University Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., Senior Lecturer, Department of Physical Geodesy and Remote Sensing, tel. (383)243-29-11, e-mail: inna_dorogova@mail.ru

The article represents the basic theoretical and methodological base of cadastral cost calculation of land parcels on the main types of legitimate use on the basis of modeling social and economical potential of such land parcels with the use of measurement theory and astrogeophysical space (AGPS) estimation. The modeling base – exponent function, universal space measurement unit – square radian, polar coordinate, market conditions of estimation objects and their types of legitimate use. The article suggests general model of random AGPS point and gives methodological recommendation of its application depending on cost forming factors of estimated objects. There is a practical example of the suggested calculation method, containing calculated statistic model of cadastre value estimation of land parcels for individual housing construction in country settlements of Buryatiya Republic, value parameters of such model, determining the impact of main cost forming factors, among which are the position of object, the distance from basic life-support centres, transport availability, the own infrastructure etc. The article makes conclusions about possible industrial application of the method, in the frame of specialized cadastre estimation centre.

Key words: land parcel, type of legitimate use, cost forming factor, cadastral cost, social and economical potential, additional cadastral information, cadastral estimation centre

REFERENCES

1. Elagin, A. V., Dorogova, I. E. (2016). Determining the level surface forms a rotating axially symmetric model of the Earth in a fixed space-time Kerr's metric. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 2(34), 47–54 [in Russian].

2. Tolstikov, A. S., Surnin, Yu.V., Antonovich, K.M. & Ashcheulov, V.A. (2012). Accuracy guarantee for coordinate-time determinations using GLONASS techniques. *Vestnik SGGa [Vestnik SGGa]*, 2(18), 3–11 [in Russian].

3. Antonovich, K. M. (2006). Ways of GNSS technology's development in geodesy. *Vestnik SGGA [Vestnik SGGA]*, 11, 52–57 [in Russian].
4. Elagin, A. V., & Dorogova, I. E. (2015). Influence of the relativistic effects on the trajectory of artificial Earth satellites. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 3(31), 32–39 [in Russian].
5. Elagin, A. V., Dorogova, I. E., & Mareev, A. V. (2014). Research of relationship gravity disturbance and gravity anomaly. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 3(27), 70–83 [in Russian].
6. Kanushin, V. F., Karpik, A. P., Goldobin, D. N., Ganagina, I. G., Gienko, E. G., & Kosarev N. S. (2015). The definition of gravity potential and heights differences in geodesy by gravimetric and satellite measurements. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 3(31), 53–69 [in Russian].
7. Kerr, R. P. Gravitational field of a spinning mass as an example of algebraically special metric. (1963). *Phys. Rev. Letters*, 11, 237–238.
8. Landau, L. D., & Lifshits, E. M. (1988). *Teoriya polya [Field theory]* (7-e izd). Moscow: Nauka [in Russian].
9. Bjerhammar, A. (1985). On a relativistic geodesy. *Bull. Geod*, 207 pp.
10. Kopeikin, S., Efroimsky, M., & Kaplan, G. (2011). *Relativistic Celestial Mechanics of the Solar System*. Berlin: Wiley-VCH.
11. Kopeikin, S. M., & Petrov, A. N. (2013). Post-Newtonian celestial dynamics in cosmology: Field equations. *Phys. Rev. D*87 (4). arXiv:1301.5706, doi:10.1103/PhysRevD.87.044029.
12. Kopeikin, S. M., & Petrov, A. N. (2014). Dynamic field theory and equations of motion in cosmology // *Annals of Physics*, 350, 379–440. arXiv:1407.3846, doi:10.1016/j.aop.2014.07.029.
13. Kopejkin, S. M. (1991). Relativistic Manifestations of gravitational fields in gravimetry and geodesy. *Manuscripta Geodaetica*, 16, 301–312.
14. Kopeikin, S. M., Han, W.-B., & Mazurova, E. M. (2015). Post-Newtonian theory of Earth's reference-ellipsoid. *Geophys. J. Int.*, Vol. XX, 1–19.
15. Kopeikin, S. M., Mazurova, E. M., & Karpik, A. P. (2015). Towards an exact relativistic theory of Earth's geoid undulation. *Physics Letters A.*, 379, 1555–1562.
16. Müller, J., So_ el, M., & Klioner, S. A. (2008). Geodesy and relativity. *Journal of Geodesy*, 82, 133–145. doi:10.1007/s00190-007-0168-7.
17. Mai, E. (2014). Time, atomic clocks, and relativistic geodesy. *Deutsche Geodatische Kommission der Bayerischen Akademie der Wissenschaften (DGK)*. Report No 124, 128 pp. Retrieved from <http://dgk.badw.de/fileadmin/docs/a-124.pdf>.
18. Mai, E., & Muller, J. (2013). General remarks on the potential use of atomic clocks in relativistic geodesy. *ZfV - Zeitschrift fur Geodasie, Geoinformation und Landmanagement*, 138(4), 257–266.
19. Petit, G., Wolf, P., & Delva, P. (2014). Atomic time, clocks, and clock comparisons in relativistic spacetime: a review. In S. Kopeikin & De Gruyter (Eds), *Frontiers in Relativistic Celestial Mechanics: Vol. 2, Applications and Experiments*. Berlin. doi:10.1515/9783110345667.249.
20. Ashby, N. (2003). Relativity in the global positioning system. *Living Rev. Relativity*, Vol. 6, 42 pp. doi: 10.12942/lrr-2003-1, url: <http://www.livingreviews.org/lrr-2003-1>.
21. Klioner, S. (1995). Angular velocity of rotation of extended bodies in general relativity. In *Proceedings of the 172nd Symposium of the IAU Kluwer: Dynamics, ephemerides, and astrometry of the solar system* (pp. 309-320). Dordrecht.
22. Klioner, S., Soffel, M., Xu, Ch., & Wu, X. (2001). Earth's rotation in the framework of general relativity: rigid multipole moments. In *Proc. of Les Journées. Session V: Ephemeris and dynamical reference systems*. Paris. arXiv:astro-ph/0303377.

Received 06.06.2016

© A. V. Elagin, I. E. Dorogova, 2016

УДК 629.783:551.24

СРАВНЕНИЕ КОММЕРЧЕСКИХ ПРОГРАММ ПОСТОБРАБОТКИ ГНСС-ИЗМЕРЕНИЙ В РЕЖИМЕ КИНЕМАТИКИ ДЛЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АЭРОГЕОФИЗИЧЕСКИХ РАБОТ

Станислав Олегович Шевчук

АО «Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья», 630091, Россия, г. Новосибирск, Красный проспект, 67, кандидат технических наук, заведующий лабораторией геодезического обеспечения геолого-геофизических работ, тел. (383)22-45-86, e-mail: staspp@211.ru

Николай Сергеевич Косарев

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова 10, младший научный сотрудник, тел. (913)706-91-95, e-mail: kosarevnsk@yandex.ru

Константин Михайлович Антонович

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

В статье приведен сравнительный анализ различного коммерческого программного обеспечения для постобработки ГНСС-измерений в режиме кинематики относительным методом на примере измерений, проведенных при выполнении аэроэлектромагнитных геофизических работ. При исследованиях использовались измерения, полученные двухчастотными приемниками ГЛОНАСС/GPS в различных условиях приема спутниковых сигналов с периодом записи измерений менее 1 секунды. Обработка измерений велась относительным методом в программах от различных производителей, применяемых в производстве: Topcon Tools, WayPoint GrafNav, Magnet Office Tools, Leica Geo Office, Justin и Trimble Business Center. Сравнение результатов измерений производилось в плане и по высоте для каждой обработанной эпохи. Полученные разности обработаны статистически, приведены графики распределения модулей отклонений. Сделаны выводы и рекомендации.

Ключевые слова: ГНСС, кинематика, постобработка, аэрогеофизика, grafnav, justin, magnet tools, topcon tools, trimble bc.

Определение координат по сигналам глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) с заданной точностью в кинематическом режиме остается одной из наиболее сложных и важных задач, решаемых при выполнении широкого спектра инженерных и исследовательских работ [1–12]. В частности, данная задача решается при навигационно-геодезическом обеспечении геолого-геофизических работ, и, в первую очередь, аэрогеофизических исследований.

Существующее разнообразие высокоточной спутниковой аппаратуры, поддерживающей кинематический режим измерений, а также программного обеспечения (ПО) для постобработки таких измерений ставит перед специалистами вопрос выбора наиболее подходящей комбинации из аппаратуры и ПО

для решения конкретных геодезических задач. Данный выбор усложняется тем фактом, что алгоритмы обработки спутниковых измерений в коммерческом программном обеспечении обычно представляют собой скрытый от глаз конечного пользователя «черный ящик».

Рассмотрим проблему на примере геодезического обеспечения аэрогеофизических исследований с использованием электромагнитной системы «Импульс-Аэро». Данная система включает в себя вертолет с выносной приемо-генераторной конструкцией (платформой), закрепляемой на трос-кабеле под днищем летательного аппарата (рис. 1). Подробно аэроэлектромагнитная система «Импульс-Аэро» описана в [13, 14]. Полеты с системой выполняются с обтеканием рельефа на скорости 100–140 км/ч.

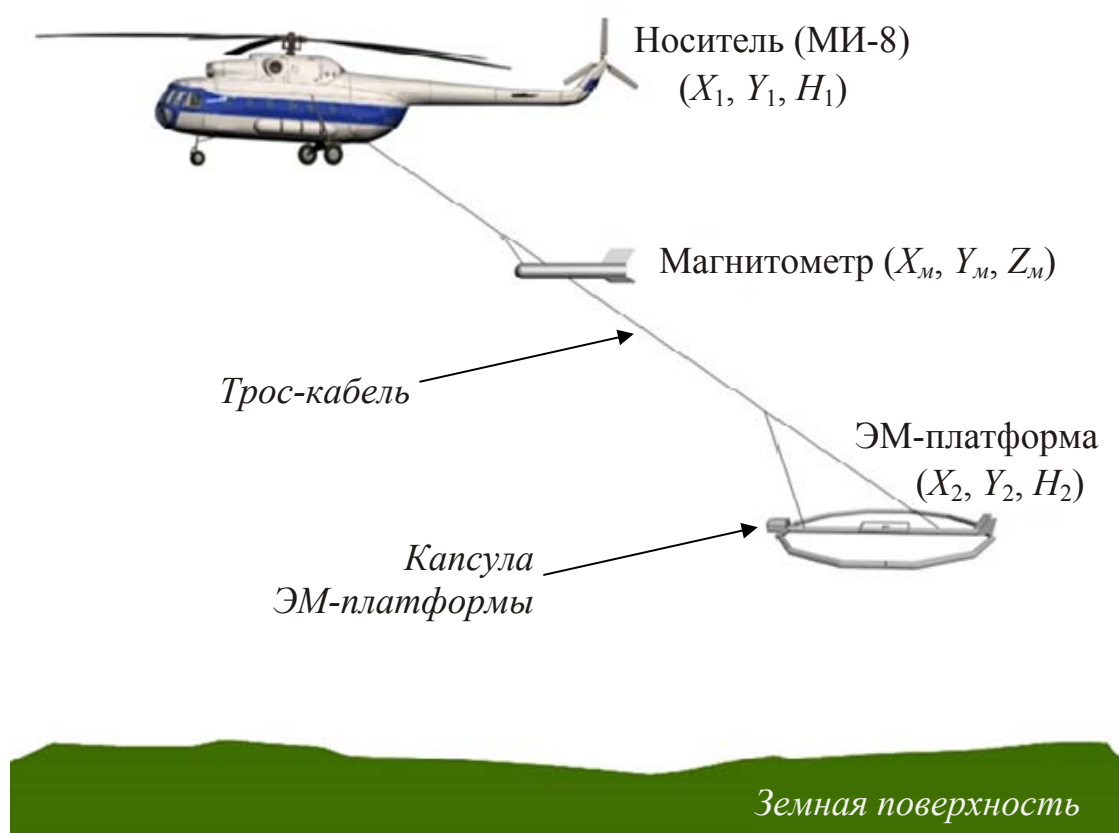


Рис. 1. Состав аэроэлектромагнитного комплекса «Импульс-Аэро»

Геодезическое обеспечение работ с использованием аэроэлектромагнитной системы «Импульс-Аэро» включает в себя определение пространственных координат ее отдельных элементов (вертолета, магнитометра и платформы), а также их превышений над земной поверхностью [15–17]. Причем, для корректной обработки геофизических измерений, определение координат вертолета (X_1, Y_1, H_1) и платформы (X_2, Y_2, H_2) должно обеспечиваться с погрешностями (СКП) не грубее 1 м [17].

Сравниваемое ПО

В рамках исследований экспериментальные данные обрабатывались в шести программах различного времени выпуска от различных производителей.

Наименование, версии и основные характеристики исследуемого ПО приведены в табл. 1. Данные взяты из работ [18–22].

Таблица 1

Исследуемое ПО и его характеристики

Наименования характеристик	Программное обеспечение						
	Topcon Tools 8.2	Waypoint GrafNav 8.2	Magnet Office Tools	Leica GeoOffice	Justin	Trimble Bussines Center	
Разработчик	Topcon Position Systems, Inc	NovAtel, Inc	Topcon Position Systems, Inc	Leica Geosystems, AG	Javad GNSS	Trimble	
Версия	8.2.3	8.2	2.5	8.4	2.121	3.61	
Год выхода версии	2006	2009	2013	2014	2015	2016	
Наличие руководства	+	+	+	+	+	+	
Обработка L1/L2	+	+	+	+	+	+	
Обработка кинематики	+	+	+	+	+	+	
Поддержка ГЛОНАСС	+	+	+	+	+	+	
Возможность обработки измерений непосредственно ГЛОНАСС (без GPS)	+	-	+	-	+	-	
Ограничение длины базовой линии (для двухчастотных измерений), км	Фикс. решение	не указано	30	не указано	не указано	30	не указано
	Предельная величина	не указано	1 500	не указано	не указано	1 000	не указано
Ограничение по частоте измерений	не указано	не указано	не указано	не указано	до 100 Гц	не указано	
Поддержка RINEX 2.11 и выше	+	+	+	+	+	+	
Поддержка модели геоида EGM08	+	+	+	+	+	+	
Возможность сетевого решения	+	+	+	+	+	+	
Примечания	Устаревшее ПО (однако, на момент написания статьи имелось в продаже)	Имеется более свежая версия (v. 8.6)	Является современной заменой ПО Topcon Tools				

Важно отметить, что в статье рассмотрено только коммерческое ПО, альтернативой которому для постобработки измерений ГНСС являются научные программы, однако они преимущественно обременены недружелюбным пользовательским интерфейсом и требуют наличия глубоких знаний у исполнителя, а по цене зачастую значительно превосходят коммерческие аналоги.

Первый этап исследований ПО (для части программ, исследованных в данной статье) кратко изложен в публикации [23].

В табл. 1 приводится информация по исследованным программам. Особое внимание было уделено возможности обработки GPS и ГЛОНАСС измерений раздельно друг от друга, либо совместно с другими ГНСС. Это обусловлено действием Федерального закона о навигационной деятельности [24], подразумевающего у исполнителя геодезических и/или навигационных работ обязательное наличие данной опции.

При обработке измерений в исследуемых программах устанавливались одинаковые настройки – использование систем GPS и ГЛОНАСС; маска угла высоты 10° ; кинематический режим для мобильного приемника. Тропосферные модели задавались по умолчанию в каждом ПО. В остальных настройках по мере возможности выдерживалось единообразие.

Для единообразия результатов при обработке в различном ПО исходные данные были переведены в формат RINEX версии 2.11.

Результаты представлялись в виде каталогов координат в общеземной системе отсчета и высот над эллипсоидом WGS-84. При сравнении координаты переводились в проекцию Гаусса – Крюгера СК-42 в отдельной программе по общим параметрам [25].

Экспериментальные данные

Для примера в статье взяты данные полета, полученного в ходе работ с указанным электромагнитным комплексом в июле 2013 г. в Курагинском районе Красноярского края, проводимых ЗАО «Аэрогеофизическая разведка» при непосредственном участии одного из авторов статьи.

Для получения координат вертолета и платформы использовалась двухчастотная ГНСС-аппаратура NovAtel DL-V3 и Javad SigmaQ-G3T соответственно. В качестве базовой станции использовался двухчастотный спутниковый приемник Javad Triumph-1. Некоторые технические характеристики перечисленной аппаратуры приведены в табл. 2.

Во время выполнения съемки антенна приемника Javad SigmaQ-G3T закреплялась на капсуле платформы, что обеспечивало наилучшие условия для приема сигнала. В процессе полета платформа изменяла угловое положение, однако, благодаря конструкции тросового паука углы крена и тангажа не превышали $10\text{--}15^\circ$.

Таблица 2

Технические характеристики аппаратуры ГНСС, применявшейся в рамках рассматриваемых аэрогеофизических исследований

		NovAtel DL-V3	Javad SigmaQ-G3T	Javad Triumph-1
Общие характеристики				
Применение при выполнении исследований		Мобильный приемник (вертолет)	Мобильный приемник (платформа)	Базовая станция
Тип приемника		двухчастотный	двухчастотный	двухчастотный
Средняя квадратическая погрешность (СКП)				
Статика	в плане, мм	5 + 1 мм/км	3 + 0,5 мм/км	3 + 0,5 мм/км
	по высоте, мм	10 + 1 мм/км	6 + 1 мм/км	6 + 1 мм/км
Кинематика	в плане, мм	10 + 1 мм/км	10 + 1 мм/км	10 + 1 мм/км
	по высоте, мм	15 + 1 мм/км	15 + 1 мм/км	15 + 1 мм/км
Количество отслеживаемых спутников				
Каналы	Всего	72	216	216
	GPS	14 L1, 14 L2, 6 L5	All-in-view (все видимые)	All-in-view (все видимые)
	ГЛОНАСС	12 L1, 12 L2		
	SBAS	2		
Условия эксплуатации и хранения				
Рабочая температура		-40...+75 °С	-35...+75 °С	-20...+85 °С
Температура хранения		-50...+95 °С	-35...+75 °С	-30...+95 °С
Пыле- и влагозащита		IP67	IP67	IP67
Прочие характеристики				
Масса устройства, кг		1,3	1,7	1,33
Встроенная память, Мб		64 (до 2048)	256	2048
Энергопотребление, Вт		3,5	4,5	6

Антенна приемника NovAtel DL-V3 размещалась на зеркале заднего вида вертолета (в силу отсутствия возможности вынесения ее на ось редуктора). Данное обстоятельство создавало сложности в позиционировании вертолета, как за счет влияния лопастей, так и за счет частичного закрытия радиогоризонта. Проблема частично изложена в статье [25].

Размещение антенн спутниковых приемников Javad Sigma Q-G3T и NovAtel DL-V3 и базовой станции Javad Triumph-1, а также общий вид аэроэлектромагнитного комплекса «Импульс-Аэро» показаны на рис. 2.



Рис. 2. Размещение антенн спутниковых приемников на электромагнитном комплексе «Импульс-Аэро»:

а) внешний вид платформы на земле; б) установка базовой станции Javad Triumph-1; в) размещение антенны приемника Javad Sigma Q-G3T на капсуле платформы; г) размещение антенны приемника NovAtel DL-V3 на зеркале заднего вида вертолета; д) общий вид аэроэлектромагнитного комплекса в полете

Запись данных на базовом и мобильных приемниках велась с частотой 5 Гц (через 0,2 с), максимальное расстояние от базы не превышало 30 км. Общая продолжительность измерений, включая статическую инициализацию мобильного приемника на земле, составила шесть часов. Размер траектории является типичным для данного вида работ.

Анализ результатов обработки кинематической траектории для измерений приемника, размещавшегося на платформе

Обработанные в различном ПО траектории кинематических измерений, полученных приемником Javad SigmaQ-G3T, находившемся на платформе, показаны на рис. 3.

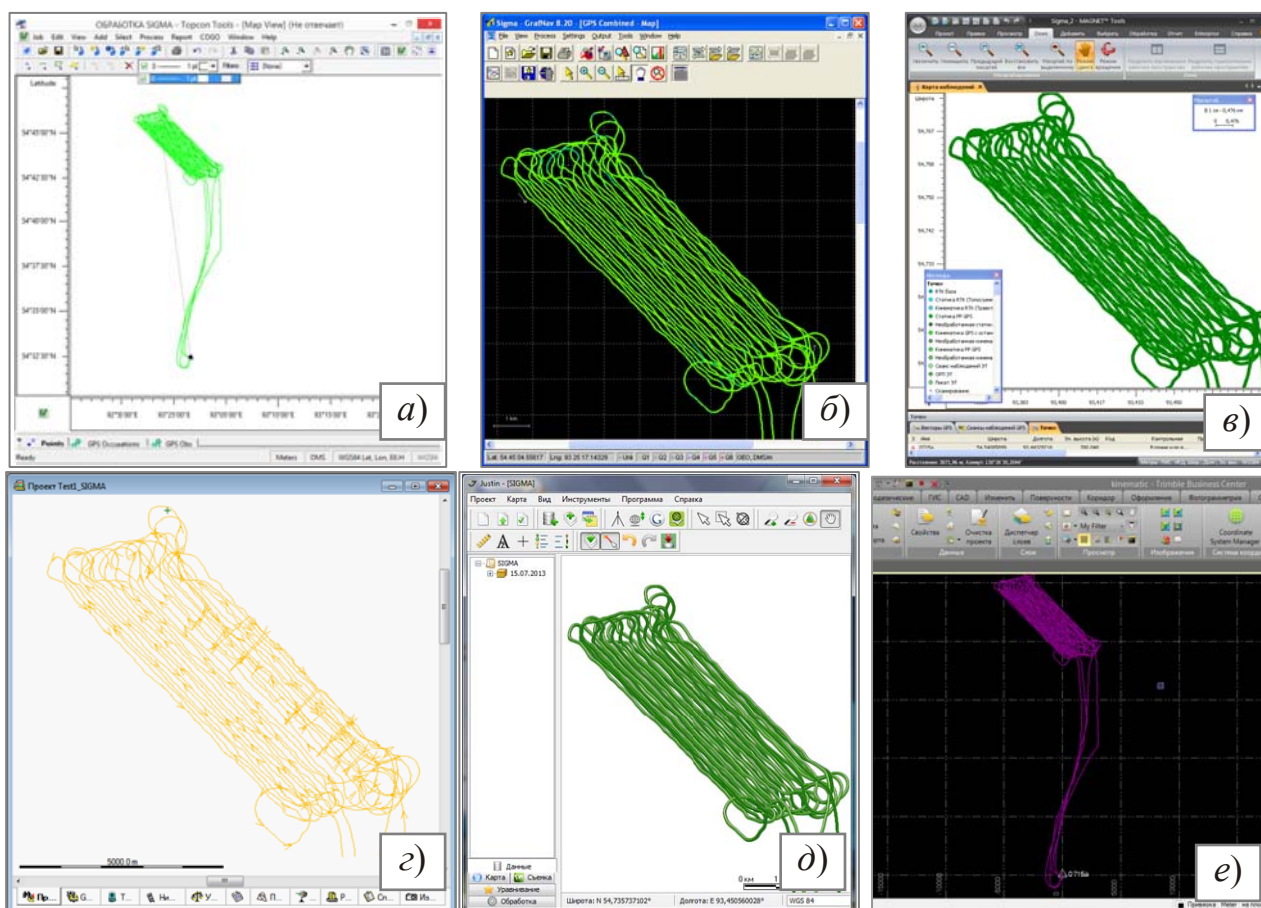


Рис. 3. Обработанная в различном ПО траектория полета, измеренная приемником, размещавшимся на платформе:

- a)* Topcon Tools; *б)* WayPoint GrafNav; *в)* Magnet Tools;
- г)* Leica GeoOffice; *д)* Justin; *е)* Trimble Business Center

В результате обработки кинематических ГНСС-измерений в указанных программных комплексах были получены каталоги координат точек траекторий, а также выполнена оценка точности вычисления координат. Также выводился вид решения (фиксированное или плавающее разрешение фазовых многозначностей).

Для оценки точности получения кинематической траектории в ПО WayPoint GrafNav приводились величины стандартных отклонений (StDev) в плане и по высоте для каждой эпохи; в остальных ПО каждая эпоха обработанной

траектории характеризовалась внутренней СКП в плане и по высоте (horizontal/vertical RMS).

Важно отметить, что математические алгоритмы, по которым оценивались точности определения координат точек обработанных траекторий в исследуемых программных продуктах, скрыты от пользователя. Таким образом, природа данных оценок (а значит, и доверие к ним) имеет неопределенный характер.

Результаты отдельного анализа данных каталогов приведены в табл. 3.

Таблица 3

Анализ каталогов полученных координат и оценок их точности

Наименования характеристик		Программное обеспечение					Trimble BC
		Topcon Tools	Way-point GrafNav	Leica GO	Magnet OT	Justin	
Время обработки полета, мин		> 180	10	15	> 60	15	15
Общее количество обработанных эпох (на промежутке времени полета)		68 500 (100 %)	68 500 (100 %)	68 465 (99,5 %)	68 500 (100 %)	68 500 (100 %)	-
Качество разрешения многозначности, %	Фиксированные	54,9	94,4	11,7	65,5	100,0	-
	Плавающие	45,1	5,6		34,46	-	-
	Кодовые	0,01	-	87,8	0,04	-	-
	Нет решения	-	-	0,5	-	-	-
Средняя погрешность (СКП или StDev) в плане, м		0,05	0,02	0,45	0,04	0,02	-
Средняя погрешность (СКП или StDev) по высоте, м		0,05	0,04	0,93	0,06	0,02	-

Примечание: анализировались эпохи непосредственно кинематической траектории полета (68 500 эпох, 3 ч 50 мин) из общей продолжительности измерений 6 ч.

Время обработки полета, указанное в таблице, включало в себя все процессы работы программы – от загрузки исходных файлов из формата RINEX до получения отчетных каталогов.

ПО Trimble Business Center не позволило получить решение по траектории: программа останавливала работу при попытках вывода отчета, притом, что предшествующие этапы обработки успешно выполнялись в течение 15 минут. Наиболее вероятная причина – непригодность алгоритмов программы

под столь большие объемы данных (суммарно более 100 000 эпох). Были предприняты попытки разбиения полета на несколько интервалов и разрежения измерений, но получить отчеты по решениям не удалось.

В ПО Topcon Tools имела место подобная проблема: обработка целого полета была невозможна. Измерения были разбиты на три двухчасовых отрезка, для которых удалось выполнить как обработку, так и вывод результатов, но даже уменьшенные таким образом объемы данных обрабатывались по нескольку часов.

Важно отметить, что разбиение кинематической траектории на три интервала заведомо понижает качество обработки второго и третьего интервалов из-за отсутствия данных статической инициализации, вследствие чего обработка ведется в режиме кинематики-на-ленту (OTF Kinematic), дающем более грубые решения.

Обработка в Magnet OfficeTools также была сопряжена с постоянными сбоями программы и многократными перезапусками: очевидно, данное ПО, как и Topcon Tools, не рассчитано на столь большие объемы данных.

Программные решения Leica Geo Office оказались слабо адаптированы под кинематические измерения, полученные с интервалом записи меньше 1 с. Это проявилось как в количестве решений по фазе (11,7 %), так и в средней величине СКП, оцененной программой (0,45 м в плане и 0,93 м по высоте). Также имели место грубые погрешности (более 100–200 м относительно траекторий, обработанных остальными программами), что более наглядно представлено ниже, при сравнении точек кинематических траекторий, полученных разным ПО.

В то же время ПО GrafNav и Justin оказалось хорошо адаптированным под большие объемы данных – время обработки в них не превысило 10–15 минут, сбоев в их работе также не было зафиксировано. Обе программы показали высокий процент фиксированных решений (94,4 и 100 % соответственно).

Сравнение кинематических траекторий, полученных в результате обработки измерений в различном ПО

При сравнении точек траекторий, полученных различным ПО, из детального сравнения была исключена траектория, полученная ПО Leica Geo Office из-за сложности в адекватной оценке величин ее отклонений от траекторий, полученных другим ПО по ряду причин.

Во-первых, большинство решений Leica Geo Office были кодовыми; во-вторых, решения для эпох, полученных в интервале между целыми секундами, имели значительно более грубые (до нескольких метров) погрешности, полученные для каждой целой секунды (около 0,1 м); в-третьих, имели место значительные грубые «вылеты» до 100–200 м. Данные факторы представлены наглядно на рис. 4.

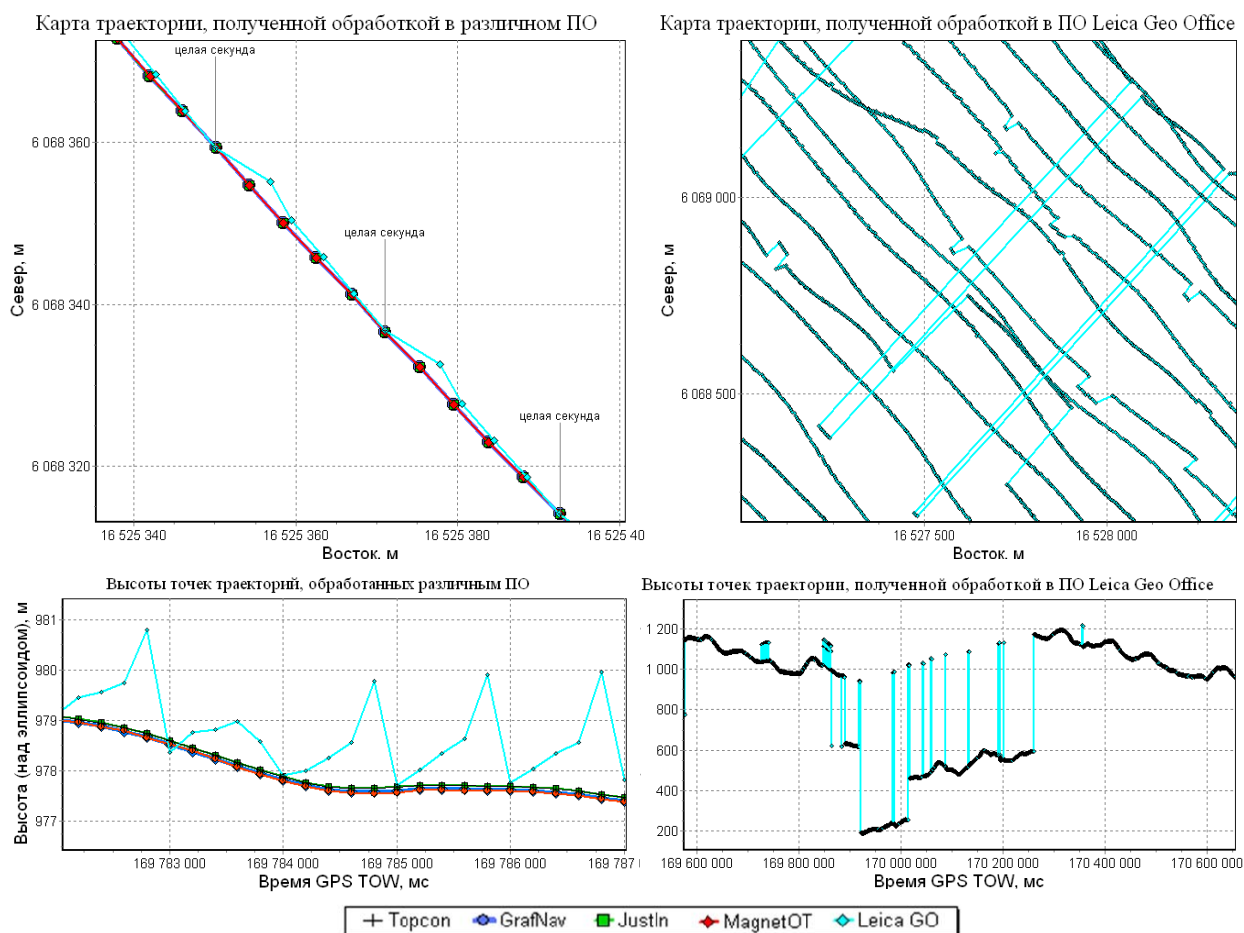


Рис. 4. Грубые погрешности, полученные обработкой траектории в ПО Leica Geo Office: погрешности эпох, записанных чаще 1 секунды в сравнении с другим ПО (слева); «вылеты» решений Leica Geo Office (справа)

Такое качество решений ПО Leica Geo Office может быть обусловлено использованием формата RINEX (в то время, как производитель рекомендует использовать фирменный формат Leica .mdb) и слабой адаптацией алгоритма под измерения, запись которых ведется с периодичностью менее одной секунды.

Кроме того, можно предположить, что одной из причин грубых решений может также являться и большой объем обрабатываемых данных, так как большинство «вылетов» приходится на вторую половину маршрута.

Точки траекторий, полученных остальным ПО, имели различия несравнимо меньших масштабов, а в плане зачастую совпадали до миллиметров или отличались на одну длину волны (~0,2 м), рис. 5. По высоте имелась очевидная систематическая составляющая.

На графиках (см. рис. 4, 5 и последующие) время указано в миллисекундах от начала GPS недели (GPS TOW – Time Of Week) измерений. Эпохи отмечены маркерами.

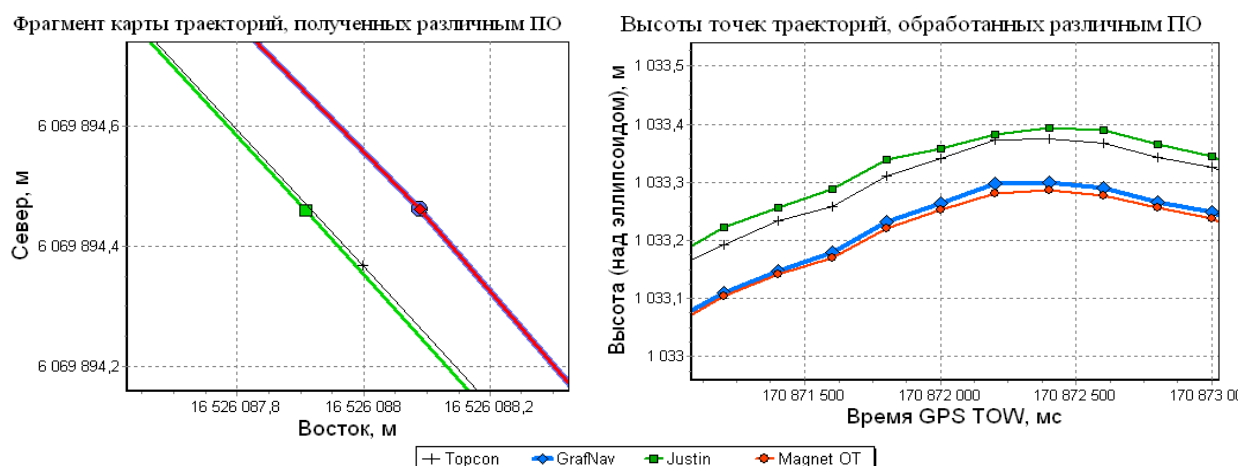


Рис. 5. Фрагменты плановых схем и высотных профилей траекторий, обработанных различным ПО

В табл. 4 приведены величины (СКП) разностей координат соответственных точек кинематических траекторий, полученных обработкой в остальном ПО в плане (m_{XY}) и по высоте (m_H). Соответственными в данном случае считались эпохи, относящиеся к одному моменту времени UTC.

Таблица 4

Результаты сравнения координат соответственных точек кинематических траекторий, полученных обработкой в различном ПО

ПО	Topcon Tools		GrafNav		Magnet Tools		Justin	
	m_{XY} , М	m_H , М	m_{XY} , М	m_H , М	m_{XY} , М	m_H , М	m_{XY} , М	m_H , М
Topcon Tools			0,02	0,09	0,02	0,09	0,03	0,03
GrafNav	0,02	0,09			0,03	0,05	0,02	0,09
Magnet OT	0,02	0,09	0,03	0,05			0,03	0,11
Justin	0,03	0,03	0,02	0,09	0,03	0,11		

Для всех полученных траекторий характерно наличие как систематического взаимного отклонения друг от друга в плане, так и случайных погрешностей решений. Суммарные отклонения координат точек траекторий друг от друга в 95 % случаев, не превышают 0,05 м в плане и по 0,1 м высоте, что показано на рис. 3, 4 для каждого программного продукта.

Величины данных отклонений находились в пределах 0,05 м в плане и 0,15 м по высоте для 97–99 % эпох, что наглядно представлено на гистограммах распределения отклонений, показанных на рис. 6, 7. Особенно явно на гистограммах прослеживается систематическая составляющая в разностях высот, отмеченная выше (см. рис. 5).

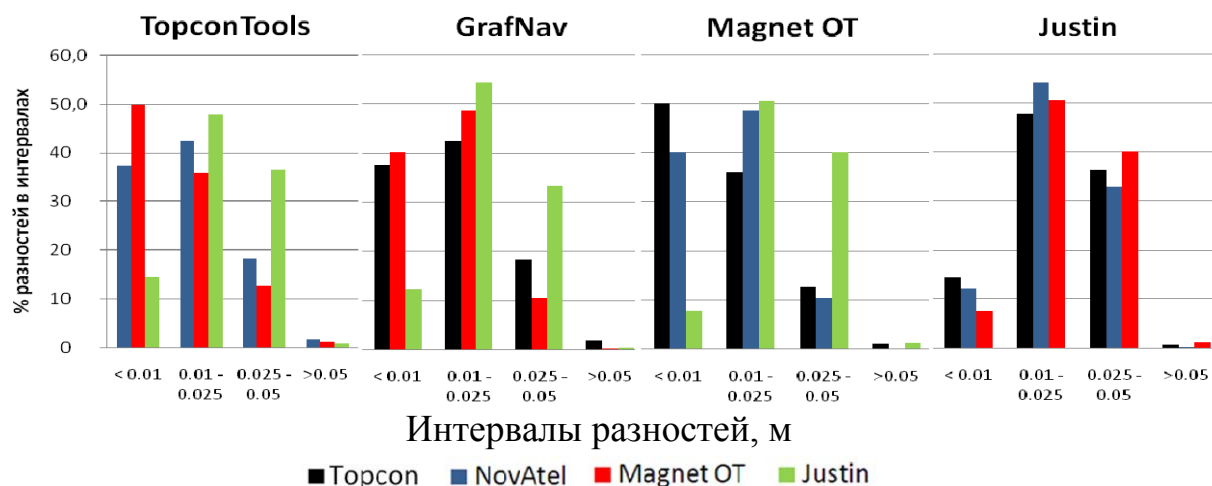


Рис. 6. Статистическое распределение величин разностей в плановых координатах точек траектории, обработанной в различном ПО

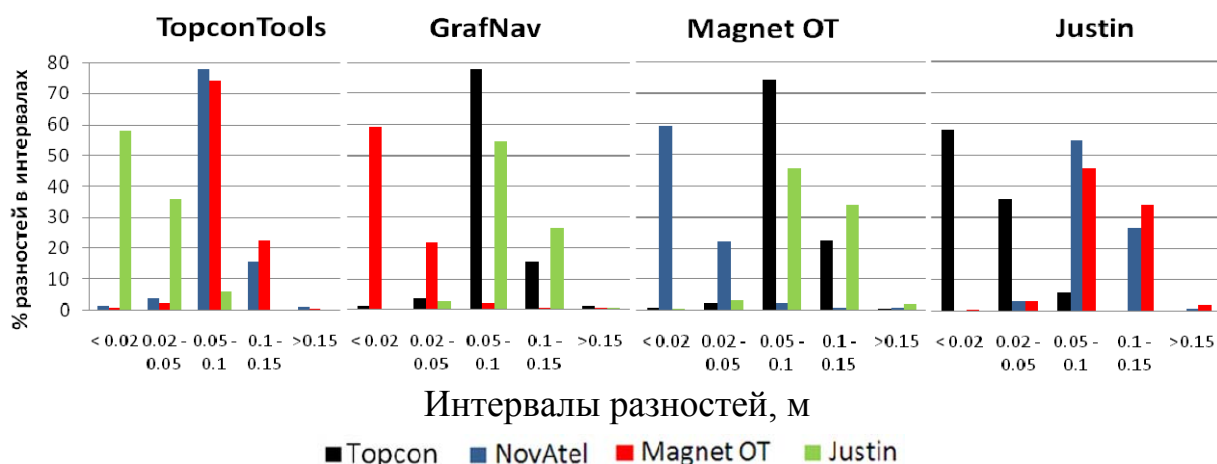


Рис. 7. Гистограмма распределения величин разностей высот точек траектории (по модулю), обработанной в различном ПО

По данным анализа была получены сводные (суммарные) гистограммы разностей в координатах и высотах траекторий, обработанных различным ПО (рис. 8).

Таким образом, можно констатировать факт, что решения, полученные различными коммерческими программными продуктами для одного и того же сеанса кинематических измерений, могут отличаться между собой – на уровне первых сантиметров в плане и до одного дециметра по высоте (в 97–99 % случаев).

Гистограммы и графики, показанные на рис. 5–8, и СКП, представленные в табл. 4, позволяют сделать вывод, что для кинематических траекторий, полученных обработкой в различном ПО, разности в *высотах* и *плановом положении* точек могут в значительной мере отличаться между собой и не зависеть друг от друга.

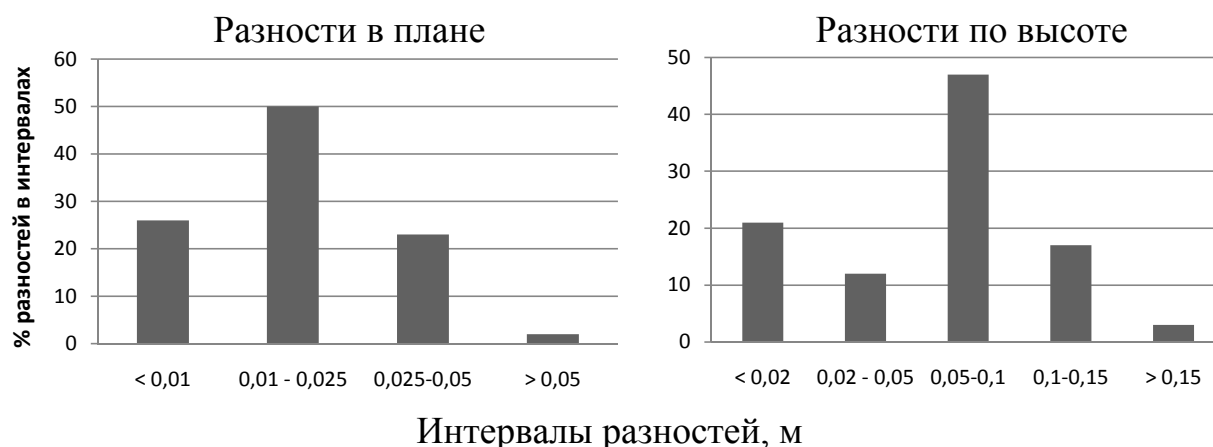


Рис. 8. Сводные гистограммы статистического распределения величин разностей плановых координат и модулей разностей высот точек траектории, обработанной в испытуемом ПО

Так, пара Topcon Tools – Magnet Office Tools имеют наименьшие отклонения в плане (СКП 0,02 м), но значительно различаются по высоте (0,09 м).

Наименьшие отклонения в полученных высотах наблюдались между результатами обработки программами Magnet Office Tools – GrafNav и Topcon Tools – Justin, однако, между собой высоты данных пар отличались до 0,1 м и более.

Разности в решениях могут объясняться некоторыми из следующих факторов:

- различные алгоритмы обработки и фильтрации данных, применяемых в исследуемом ПО;
- различный уровень адаптации под применение измерений сигналов ГЛОНАСС;
- отличия в алгоритмах выявления и восстановления потерь счета циклов;
- различные модели тропосферы (например, в Magnet OT и Topcon Tools по умолчанию используется Goad and Goodman, в GrafNav – Saastamoinen, а в Justin – собственная одноименная модель).

Анализ результатов обработки кинематической траектории для измерений приемника, размещавшегося на вертолете

Как уже отмечалось выше, антенна приемника NovAtel DL-V3 размещалась на зеркале заднего вида вертолета (см. рис. 2).

Такое расположение имеет ряд недостатков, значительно усложняющих обработку ГНСС-измерений: срывы наблюдения фазы (потеря спутниковых сигналов) из-за влияния лопастей, частичное закрытие радиогоризонта корпусом вертолета, наличие переотраженных сигналов. Несмотря на то, что подоб-

ное расположение антенны не является рекомендуемым в технологии измерений ГНСС, могут возникать ситуации, в которых они выполняются в подобных, крайне неблагоприятных условиях. Обработка таких измерений – серьезное испытание для алгоритмов, заложенных в различных программах, призванных компенсировать эти отрицательные эффекты.

В связи с этим, было решено выполнить сравнительные исследования для траектории, полученной приемником, устанавливаемым на вертолете.

Поскольку предыдущие исследования выявили три программных комплекса (WayPoint GrafNav, Justin, Magnet Office Tools), наиболее подходящих для постобработки измерений подобной частоты и продолжительности, в данном эксперименте было решено ограничиться ими.

Результаты обработки указанным ПО приведены в табл. 5.

Таблица 5

Анализ отчетов, полученных различным ПО измерений, приемника NovAtel DL-V3, устанавливаемого на вертолете

Наименования характеристик		Программное обеспечение		
		Waypoint GrafNav	Magnet OT	Justin
Время обработки полета, мин		10	30	15
Общее количество обработанных эпох (на промежутке времени полета)		68 500 (100 %)	68 478 (99,97 %)	68 497 (99,99 %)
Качество разрешения многозначности, %	Фиксированные	20,2	33,4	18,1
	Плавающие	79,8	64,1	80,3
	Кодовые	< 0,01	2,5	1,6
	Нет решения	-	0,03	0,01
Средняя погрешность (СКП или StDev) в плане, м		0,02	0,08	0,09
Средняя погрешность (СКП или StDev) по высоте, м		0,03	0,08	0,11

Анализ проводился для того же временного отрезка, что и для приемника, устанавливаемого на платформе.

На рис. 9 приведены рабочие окна программ с обработанной траекторией. Наличие плавающих решений проявляется в отображении траекторий программами.

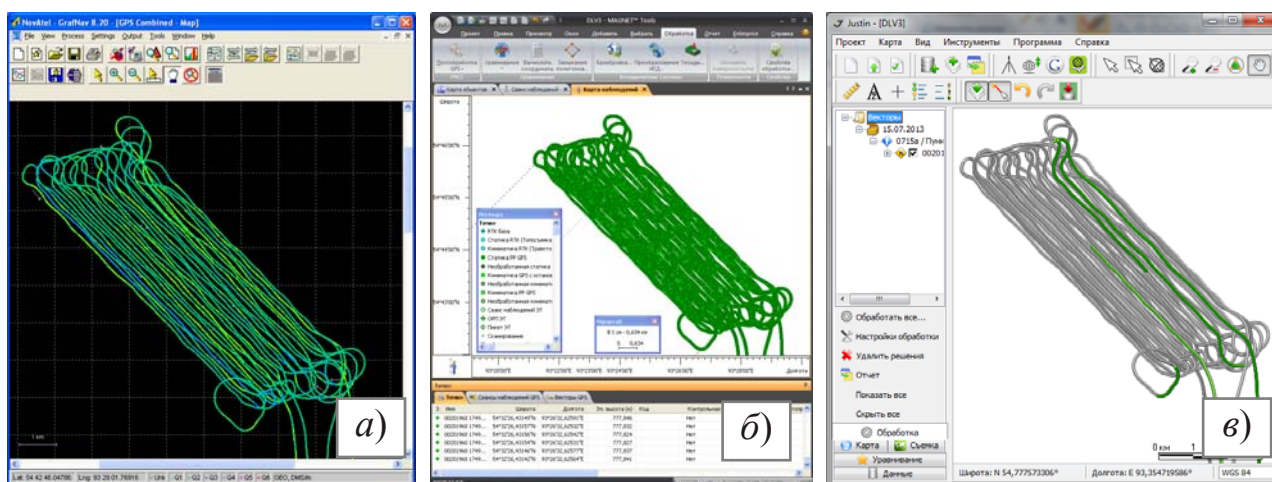


Рис. 9. Обработанная в различном ПО траектория полета, измеренная приемником, размещавшимся на вертолете:

а) WayPoint GrafNav; б) Magnet Tools; в) Justin

Результаты сравнения (СКП) координат и высот соответственных точек траекторий, полученных обработкой указанным ПО, приведены в табл. 6.

Таблица 6

Результаты сравнения координат соответственных точек кинематических траекторий, полученных обработкой в различном ПО

ПО	GrafNav		Magnet Tools		Justin	
	m_{XY} , М	m_H , М	m_{XY} , М	m_H , М	m_{XY} , М	m_H , М
GrafNav			0,66	0,91	0,62	0,83
Magnet OT	0,66	0,91			0,44	0,55
Justin	0,62	0,83	0,44	0,55		

За счет различных алгоритмов учета влияния потерь счета циклов фазовых наблюдений можно наблюдать значительные (в несколько дециметров) различия в решениях, полученных посредством различных программ. На значительном участке траектории (не менее 30 % измерений) решения Magnet Office Tools и Justin в плане совпадали, в то время как координаты соответственных точек GrafNav имели систематический сдвиг на 1-2 м, что показано на рис. 10. В то же время, по высоте решения в ПО Justin на отдельных участках имели сдвиг относительно остального ПО (около 0,1 м).

Гистограммы статистического распределения разностей для измерений приемника, устанавливаемого на вертолете, обработанных в различном ПО, приведены на рис. 11 и 12. На рис. 13 приведены сводные гистограммы распределения разностей координат и модулей высот, обработанных в различном ПО.

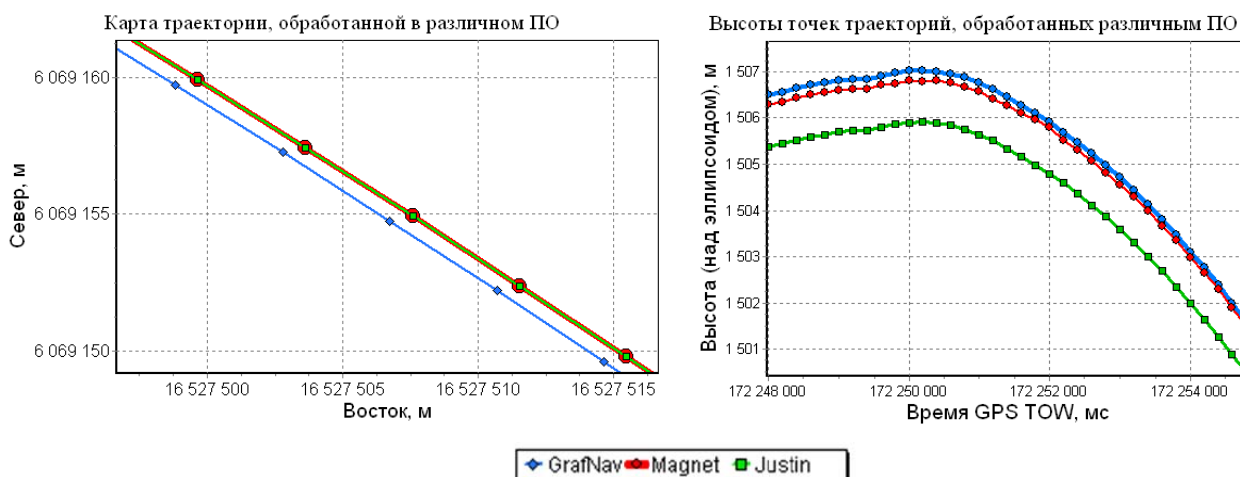


Рис. 10. Обработанная в различном ПО траектория полета, измеренная приемником, размещавшимся на вертолете

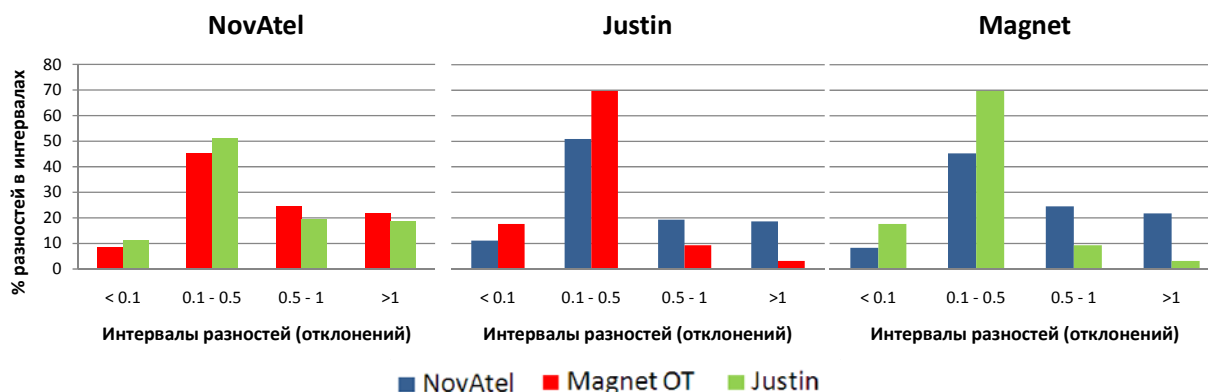


Рис. 11. Гистограммы распределения величин разностей в плановых координатах точек траектории, обработанной в различном ПО для приемника, размещавшегося на вертолете

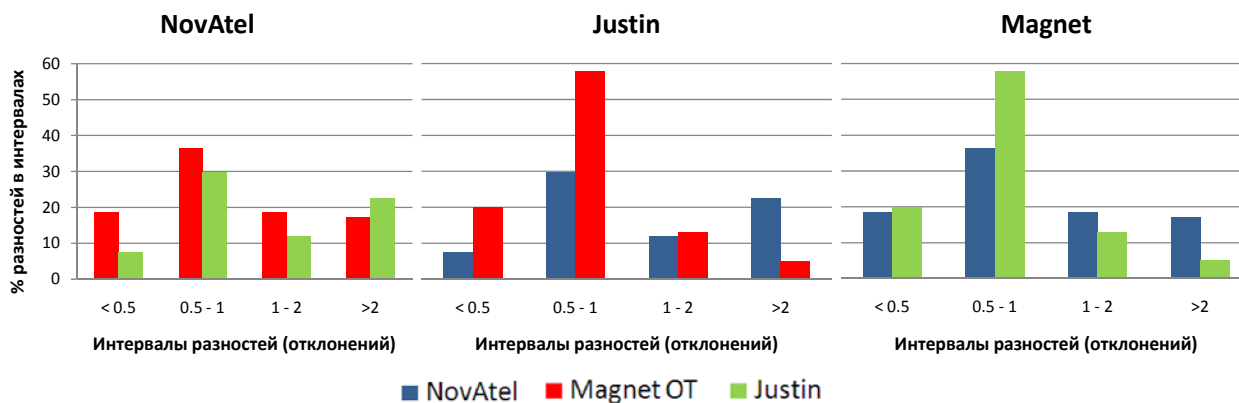


Рис. 12. Гистограмма распределения модулей разностей высот точек траектории, обработанной в различном ПО для приемника, размещавшегося на вертолете

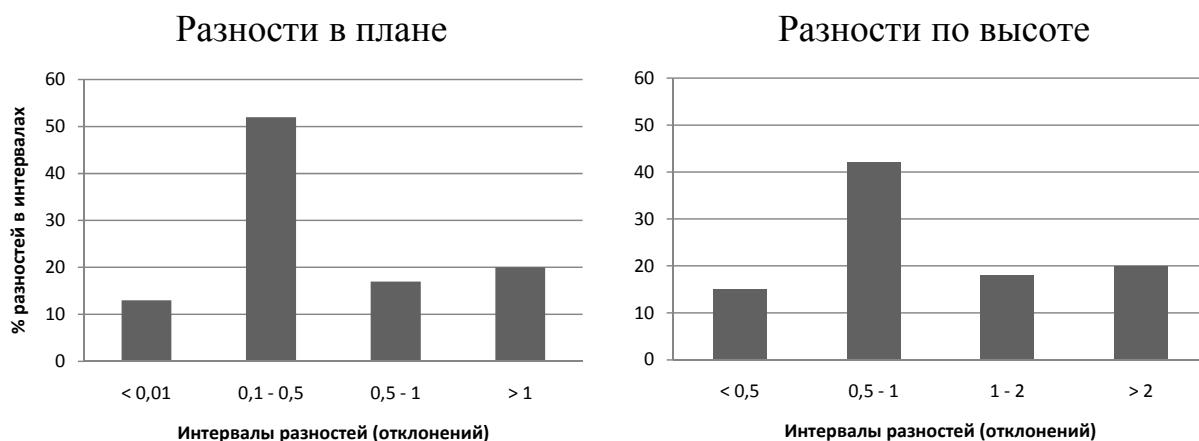


Рис. 13. Статистического распределения величин разностей плановых координат и модулей разностей высот точек траектории, обработанной в испытуемом ПО для приемника, размещенного на вертолете

Таким образом, можно констатировать, что большинство разностей (80–85 %) между решениями для траектории приемника, находившегося в сложных условиях приема ГНСС-сигналов, было в пределах 1 м в плане и 2 м по высоте. В то же время достаточно высокий процент решений (15–20 %) имеют большие отклонения разностей решений. Такие величины уже могут оказать существенное влияние на качество обработки геофизических измерений.

Выводы и рекомендации

В целом по выполненным исследованиям сделаны следующие выводы:

- ПО Topcon Tools, WayPoint GrafNav, Justin, Magnet Office Tools и Leica Geo Office позволило получить решение для каждой точки кинематической траектории, записанной с частотой измерений 5 Гц;
- решение в ПО Trimble Business Center не было получено. Возможная причина – ограниченное применение формата RINEX в данной программе;
- программный продукт Topcon Tools слабо адаптирован под большие объемы кинематических данных, типичные для аэрогеофизической разведки, при которой измерения фиксируются с большой частотой в процессе многочасовых полетов. Обработка таких данных невозможна без их искусственного разбиения, и, как следствие, значительной потери точности;
- в Magnet Office Tools обработка кинематических траекторий может длиться несколько часов и сопровождаться сбоями программы («зависаниями», случаями несанкционированного завершения работы программы, невозможностью получения подробного отчета), однако возможна без дополнительных операций и с файлами измерений;

– ПО Leica Geo Office выдало в 87,9 % случаев кодовое решение. Часть решений имело грубые погрешности порядка сотен метров. Можно констатировать слабую адаптацию данной версии программы под нужды аэрогеофизики или наличие ограничений при работе не с фирменным форматом измерений, как в случае с Trimble Business Center;

– наибольшую скорость обработки продемонстрировал программный продукт WayPoint GrafNav (менее 10 минут), наилучшее качество решений – Justin и WayPoint GrafNav (100 и 94 % фиксированных решений соответственно), что позволяет говорить о высокой эффективности перечисленных программ для решения поставленной задачи;

– решения, полученные различными коммерческими программными продуктами для одного и того же сеанса кинематических измерений, могут иметь систематические различия на 0,01–0,03 м в плане и до 0,09–0,15 м по высоте;

– величины отклонений между решениями различными программами (кроме Leica Geo Office и Trimble Business Center) для приемника, установленного на платформе, не являются критическими в масштабе требований к точности определения координат и высот точек кинематической траектории для аэрогеофизической съемки с использованием электромагнитного комплекса «Импульс-Аэро».

*Таким образом, из исследуемых программных продуктов наиболее подходящими для обработки кинематических ГНСС-измерений с частотой записи 0,2 с, выполняемых при аэрогеофизических исследованиях, являются: **Justin, Magnet Office Tools** и **WayPoint GrafNav**.*

Качество обработки траекторий и разности между полученными данными программами координатами и высотами точек траекторий удовлетворяют требованиям к точности определения пространственных координат ЭМ-платформы.

При обработке измерений, полученных приемником, антенна которого устанавливалась на вертолете (в неблагоприятных условиях приема), испытываемые программы выдали преимущественно плавающие решения. Разности между ними (СКП) составили в среднем 0,5–0,7 м в плане и 0,6–0,9 м по высоте.

Такие величины разностей свидетельствуют о различиях в алгоритмах учета дестабилизирующих факторов в испытуемом ПО и позволяют сделать вывод о нежелательности размещения антенны приемника в таких условиях при навигационно-геодезическом обеспечении аэроэлектромагнитных исследований.

Альтернативными местами размещения антенны ГНСС-приемника на вертолете может являться хвостовая балка вертолета, ось редуктора или специальная выносная конструкция.

В заключение важно отметить, что коммерческое ПО постоянно совершенствуется, и более свежие версии исследуемых программ могут предлагать более совершенные алгоритмы обработки кинематических измерений, нежели те, что подверглись исследованиям. Также, одним из ограничений являлось использо-

вание формата RINEX, в то время как часть исследуемого ПО имеет фирменные форматы данных, которые рекомендуется использовать для получения более корректных решений.

Также данные исследования могли бы дать более надежные результаты, в случае кинематических измерений на эталонном полигоне, для которого были бы точно известны координаты точек траектории.

По мнению авторов, исследование данного вопроса, изложенное в статье, может быть полезным для широкого круга пользователей ГНСС, стоящих перед выбором наиболее подходящего ПО для постобработки кинематических измерений.

Благодарности

Авторы выражают благодарность за оказанное содействие и предоставленные лицензионные версии исследуемого программного обеспечения организациям: ЗАО «Аэрогеофизическая разведка», ООО ГП «Сибгеотех», ООО «НАВГЕОКОМ – Сибирь», ООО «ПРИН-Новосибирск», ООО «Беспилотные технологии», ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет геосистем и технологий» и АО «Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Исследование точностных характеристик одночастотной ГНСС-аппаратуры с использованием данных наземной инфраструктуры ГЛОНАСС / А. П. Карпик, И. Г. Ганагина, Н. С. Косарев, Д. Н. Голдобин // Геодезия и картография. – 2015. – № 7. – С. 2–7.
2. Navigation and information system of precise transport positioning using the GLONASS Ground Infrastructure / A. P. Karpik, I. G. Ganagina, N. S. Kosarev, D. N. Goldobin // Gyroscopy and Navigation. – 2016. – Vol. 7, No 1. – P. 58–65.
3. Ганагина И. Г., Косарев Н. С., Темирбулатов Р. Ф. Выбор ГНСС аппаратуры для реализации точного позиционирования подвижных объектов // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014. X Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 8–18 апреля 2014 г.). – Новосибирск : СГГА, 2014. Т. 2. – С. 118–123.
4. Шевчук С. О., Косарев Н. С. Алгоритм определения пространственных углов аэро-разведочной платформы по измерениям трехантенного ГНСС комплекса // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 4 (24). – С. 37–47.
5. Абсолютное кинематическое позиционирование одночастотным фазовым ГНСС-приемником, интегрированным с инерциальными датчиками / К. М. Антонович, Н. С. Косарев, Д. Ю. Першин, А. С. Щербаков // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2013. – № 4/С. – С. 3–8.
6. Шевчук С. О., Косарев Н. С. Применение метода точного точечного позиционирования (PPP) для геодезического обеспечения аэроэлектроразведочных // 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. 239–244.

7. Шевчук С. О. Факторы, влияющие на точность определения истинной высоты выносной вертолетной платформы аэрогеофизического комплекса фотограмметрическим способом // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 3 (23). – С. 34–46.
8. Одномерное сферическое преобразование Фурье и его реализация для расчета глобальной модели квазигеоида в нулевом приближении теории Молоденского / Д. Н. Голдобин, Е. М. Мазурова, В. Ф. Канушин, И. Г. Ганагина, Н. С. Косарев, А. М. Косарева // Вестник СГУГиТ. – 2015. – Вып. 3 (31). – С. 45–52.
9. Методологические принципы системы точной спутниковой навигации подвижных объектов с использованием наземной инфраструктуры ГЛОНАСС / А. П. Карпик, И. Г. Ганагина, Н. С. Косарев, Д. Н. Голдобин // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2014. – № 5. – С. 69–74.
10. Leick, A. GPS Satellite Surveying. – New York: A Willey-Interscience Publication, 2004. – 464 p. – Англ.
11. Misra P. N., Enge P. Global Positioning System. Signals, Measurements and Performance. – 2001. – 390 p. – Англ.
12. Rizos, Ch. Principles and Practice of GPS Surveying – Version 1.1, September 1999. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.gmat.unsw.edu.au/snap/gps/gps_survey. – Англ.
13. 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. – Англ.
14. 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.
15. Навигационно-геодезическое обеспечение геолого-геофизических работ с использованием глобальных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS / А. Г. Прихода, А. П. Лапко, Г. И. Мальцев, С. О. Шевчук // 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.
16. Шевчук С. О. Навигационное и геодезическое обеспечение аэроэлектромагнитных исследований с подвесной вертолетной платформой // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2012. – № 2. – С. 72–75.
17. Тригубович Г. М., Шевчук С. О., Белая А. А. и др. Навигационно-геодезическое обеспечение аэрогеофизических исследований // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2013. – № 2. – С. 61–69.
18. GrafNav/GrafNet User Guide. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.novatel.com/assets/Document/Downloads/NavNet780_Manual.pdf
19. Justin User Guide. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.javadgnss.ru/doc/justin/Justin_Software_Manual_RUS.pdf
20. Magnet Tools User Guide. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://eu.sokkia.com/sites/default/files/sc_files/downloads/magnet_field_v300_help_manual_en.pdf
21. Topcon Tools User Guide. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.topotopo.dk/uploads/media/manualer/Software/Topcon%20Tools/7010_0612_REVL_TopconTools7_3_RM.pdf
22. Trimble Business Center User Guide. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://trl.trimble.com/docushare/dsweb/Get/Document-342301/022543-256I-RUS_Trim Bus Center_TN_0614_LR.pdf
23. Шевчук С. О., Косарев Н. С. Исследование коммерческих программ постобработки измерений ГНСС в режиме кинематики для геодезического обеспечения аэрогеофизических работ. Первые результаты // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2016. XII Междунар. науч. конгр.,

18–22 апреля 2016 г., Новосибирск : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. Т. 2. – Новосибирск : СГУГиТ, 2016. – С. 69–76.

24. О навигационной деятельности : федеральный закон от 30.01.2009 г. № 22-ФЗ [Электронный ресурс] – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

25. Косарев, Н. С., Шевчук С. О. Проблема срывов фазовых наблюдений в методе точного точечного позиционирования // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014. X Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 8–18 апреля 2014 г.). – Новосибирск : СГГА, 2014. Т. 1. – С. 128–134.

Получено 08.06.2016

© С. О. Шевчук, Н. С. Косарев, К. М. Антонович, 2016

COMPARISON OF THE COMMERCIAL SOFTWARE PERFORMANCE OF GNSS KINEMATIC MEASUREMENT POSTPROCESSING FOR AERIAL GEOPHYSICS GEODETIC SUPPORT

Stanislav O. Shevchuk

Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Raw Materials, 630091, Russia, Novosibirsk, 67 Krasniy Prospekt, Ph. D., Head of the Geodetic Support of Geophysical Works Laboratory, tel. (383) 222-45-86, e-mail: staspp@211.ru

Nikolay S. Kosarev

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

Konstantin M. Antonovich

Siberian State University of Geosystems and Technology, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., Docent, Professor of the Department of Physical Geodesy and Remote Sensing, tel. (383)361-01-59, e-mail: kaf.astronomy@ssga.ru

In the article the comparison of the performance of different softwares for GNSS Post Processing in relative kinematic mode is given. The data for the test that's used in the article were taken from aerial geophysical works by dual-frequency GPS/GLONASS receivers with less than 1 second data recording period. The contemporary GNSS postprocessing programmes that were compared in article were: Topcon Tools, WayPoint GrafNav, Magnet Office Tools, Leica Geo Office, Justin и Trimble Business Center. Results of postprocessing by every software were compared with the others for each measured epoch. Statistical analysis of differences in plane coordinates and ellipsoidal heights is showed in article. Conclusions and recommendations are given.

Key words: GNSS, kinematic measurements, postprocessing, aerial geophysics, software, grafnav, justin, magnet tools, topcon tools, trimble bc.

REFERENCES

1. Karpik, A. P., Ganagina, I. G., Kosarev, N. S., & Goldobin, D. N. (2015). Accuracy characteristics research of single frequency GNSS-receiver with using GLONASS ground infrastructure. *Geodeziya i kartografiya [Geodesy and Cartography]*, 7, 2–7 [in Russian].

2. Karpik, A. P., Ganagina, I. G., Kosarev, N. S., & Goldobin, D. N. (2016). Navigation and information system of precise transport positioning using the GLONASS Ground Infrastructure. *Gyroscopy and Navigation*, 7(1), 58–65.

3. Ganagina, I. G., Kosarev, N. S., & Temirbulatov, R. F. (2014). Selection of GNSS equipment for precise positioning of moving objects. In *Sbornik materialov Interekspo GEO-Sibir'-2014: Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii: T. 1. Geodeziya, geoinformatika, kartografiya, marksheyderiya [Proceedings of Interexpo GEO-Siberia-2014: International Scientific Conference: Vol. 1. Geodesy, geoinformation, cartography, mine surveying]* (pp. 118–123). Novosibirsk: SGUGIT [in Russian].

4. Shevchuk, S. O., & Kosarev, N. S. (2013). Algorithm for determining spatial angles of aerial survey platform by three-antenna GNSS-complex measurements. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 4(24), 37–47 [in Russian].

5. Antonovich, K. M., Kosarev, N. S., Pershin, D. Yu., & Sherbakov, A. S. (2013). Absolute kinematic positioning by the single frequency phase GNSS receiver integrated with the inertial sensors. *Izvestie vuzov. Geodeziya i aerofotos"emka [Izvestie vuzov. Geodesy and aerophotography]*, S/4, 3–8 [in Russian].

6. Shevchuk, S. O., & Kosarev, N. S. (2012) Precise point positioning technique adaptation for geodetic support of aerial electro-prospecting works. In *Sbornik materialov Interekspo GEO-Sibir'-2012: Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii: Tom 1. Geodeziya, geoinformatika, kartografiya, marksheyderiya [Proceedings of Interexpo GEO-Siberia-2012: International Scientific Conference: Vol. 1. Geodesy, geoinformation, cartography, mine surveying.]* (pp. 239–244). Novosibirsk: SGUGIT [in Russian].

7. Shevchuk, S. O. (2013). Factors affecting true altitude determination accuracy by photogrammetric techniques for helicopter external platform of aerial geophysical station. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 3(23), 34–46 [in Russian].

8. Goldobin, D. N., Mazurova, E. M., Kanushin, V. F., Ganagina, I. G., Kosarev, N. S., & Kosareva, A. M. (2015). One dimensional spherical Fourier transformation and its implementation for the calculation of the global model quasigeoid with accuracy of the zero approach of Molodensky's theory. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 3(31), 45–52 [in Russian].

9. Karpik, A. P., Ganagina, I. G., Goldobin, D. N., & Kosarev, N. S. (2014). Methodological basics of the system of accurate satellite navigation system for moving objects with the use of ground GLONASS infrastructure. *Izvestie vuzov. Geodeziya i aerofotos"emka [Izvestie vuzov. Geodesy and aerophotography]*, 5, 69–74 [in Russian].

10. Leick, A. (2004). *GPS Satellite Surveying*. New York: A Willey-Interscience Publication.

11. Misra, P. N., & Enge, P. (2001) *Global Positioning System. Signals, Measurements and Performance*. New York: A Willey-Interscience Publication.

12. Rizos, Ch. (1999, September). Principles and Practice of GPS Surveying – Version 1.1. Retrieved from http://www.gmat.unsw.edu.au/snap/gps/gps_survey.

13. Kamenetsky, F. M., Stettler E. H., & Trigubovich G. M. (2010). Transient Geo-Electromagnetics. *Proceedings of the Dept. of the Earth and Environmental Sciences, Section Geophysics*. Munich: Ludwig-Maximilian-University of Munich.

14. Trigubovich, G. M., Persova, M. G., & Salenko, S. D. (2006.) Airborne geophysical helicopter «Impulse» series platform for search and evaluation studies. *Pribory i sistemy razvedochnoy geofiziki [Devices and systems of Exploration Geophysics]*, 2(16), 18-21 [in Russian].

15. Prihoda, A. G., Lapko, A. P., Malcev, G. I., & Shevchuk, S. O. (2011). Navigation and geodetic maintenance of geologic and geophysical works with the use of global satellite systems GLONASS and GPS. In *Sbornik materialov Interekspo GEO-Sibir'-2011: T. 1. [Proceedings of Interexpo GEO-Siberia-2011: International Scientific Conference: Vol. 1.]* (pp. 174–180). Novosibirsk: SGUGIT [in Russian].

16. Shevchuk, S. O. (2012). Navigational and geodetic support of airborne electromagnetic studies with the suspended-type helicopter platform. *Geologiya i Mineral'no-syr'evye resursy Sibiri [Geology and mineral resources of Siberia]*, 2, 72–75 [in Russian].
17. Trigubovich, G. M., Shevchuk, S. O., Belaya, A. A., Chernyshev, A. V., Barsukov, S. V., & Kosarev, N. S. (2013). Geodetic and navigation maintenance of aerogeophysical survey *Geologiya i Mineral'no-syr'evye resursy Sibiri [Geology and mineral resources of Siberia]*, 2, 61–69 [in Russian].
18. GrafNav/GrafNet User Guide. (n. d.). Retrieved from http://www.novatel.com/assets/Document/Downloads/NavNet780_Manual.pdf
19. Justin User Guide. (n. d.). Retrieved from http://www.javadgnss.ru/doc/justin/Justin_Software_Manual_RUS.pdf
20. Magnet Tools User Guide. (n. d.). Retrieved from https://eu.sokkia.com/sites/default/files/sc_files/downloads/magnet_field_v300_help_manual_en.pdf
21. Topcon Tools User Guide. (n. d.). Retrieved from http://www.topptopo.dk/uploads/media/manualer/Software/Topcon%20Tools/7010_0612_REVL_TopconTools7_3_RM.pdf
22. Trimble Business Center User Guide. (n. d.). Retrieved from http://trl.trimble.com/docushare/dsweb/Get/Document-342301/022543-256I-RUS_Trim_Bus_Center_TN_0614_LR.pdf
23. Shevchuk, S. O., & Kosarev, N. S. (2016). Comparing results of GNSS kinematic postprocessing by commercial program products for geodetic support of aerial geophysical works. The first conclusions. In *Sbornik materialov Interekspo GEO-Sibir'-2016: Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii: T. 1. Geodeziya, geoinformatika, kartografiya, marksheyderiya [Proceedings of Interexpo GEO-Siberia-2016: International Scientific Conference: Vol. 1. Geodesy, geoinformation, cartography, mine surveying.]* (pp. 69–76). Novosibirsk: SGUGIT [in Russian].
24. *O navigatsionnoy deyatel'nosti [On Navigation Activity]*. Federal Law No 22, January 30, 2009. Retrieved from ConsultantPlus online database [in Russian].
25. Kosarev, N. S., & Shevchuk, S. O. (2014) The problem of carrier-phase cycle slips in precise point positioning. In *Sbornik materialov Interekspo GEO-Sibir'-2014: Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii: T. 1. Geodeziya, geoinformatika, kartografiya, marksheyderiya [Proceedings of Interexpo GEO-Siberia-2014: International Scientific Conference: Vol. 1. Geodesy, geoinformation, cartography, mine surveying.]* (pp. 128–134). Novosibirsk: SGUGIT [in Russian].

Received 08.06.2016

© S. O. Shevchuk, N. S. Kosarev, K. M. Antonovich, 2016

УДК 528 : 004.738.5

ГЕОПОРТАЛЫ КАК БАЗОВЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ИНФРАСТРУКТУРЫ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ: АНАЛИЗ ТЕКУЩЕГО СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА В РОССИИ

Алексей Викторович Шевин

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, аспирант, тел. (961)872-80-86, e-mail: ashevin92@gmail.com

Данная статья рассматривает нынешнюю ситуацию в области проектирования геопорталов в России. В статье приводится историческая справка по теме опыта создания первых геопорталов и дается анализ нынешней ситуации в данной области по нашей стране. Приводятся в пример некоторые из существующих на сегодняшний день геопорталов и геосервисов федерального и регионального уровней как для использования широким кругом пользователей, так и для работ в научно-академической сфере. На этой основе производится анализ с целью определения основных существующих организационных и научно-технических проблем в области формирования отечественной инфраструктуры пространственных данных и проектирования геопорталов как точек доступа к пространственной информации. Также в статье рассматриваются возможные варианты решения выявленных проблем.

Ключевые слова: геопортал, геосервис, инфраструктура пространственных данных, геоданные, пространственная информация, метаданные.

Введение

Современный этап развития геоинформатики, картографии, других наук о Земле ознаменовался переходом к широкому использованию методов и средств телекоммуникации на основе сети Интернет и сотовой связи [1–5]. Важнейшим элементом современной геопространственной индустрии становятся геопорталы как средство доступа к геопространственным информационным ресурсам. Основу этого направления составляет идеология инфраструктуры пространственных данных.

Середину 90-х гг. прошлого столетия принято считать переходной точкой от эры ГИС к эпохе инфраструктур пространственных данных (ИПД). 13 апреля 1994 г. президент США Б. Клинтон издал Распоряжение о создании ИПД США – National Spatial Data Infrastructure (NSDI), а в 2000 г. данная инфраструктура была полностью реализована [6–10]. На сегодняшний день в США действует сеть клиринговых палат пространственных данных (NSDI Clearinghouse Network) как основной инструмент сбора и накопления геоданных.

Другим примером успешного формирования национальной инфраструктуры пространственных данных является программа создания ИПД стран Европейского Союза, именуемая INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in Europe). Концепция данной ИПД была создана в 2001 г., а 4 года спустя начались работы по ее реализации. 15 мая 2007 г. вступила в силу Директива INSPIRE – законодательный акт, определяющий правовые, нормативные и научно-

технические основы ИПД ЕС. Стоит отметить, что текущая версия текста Директивы имеет мало отличий от изначальной, которая была опубликована в 2004 г.

Основным инструментом доступа к пространственной информации является геопортал. Если обратиться к источникам, то можно найти различные определения понятия «геопортал». Пожалуй, наиболее полное определение в русскоязычной литературе дано на главной странице Геопортала ИПД РФ: «Геопортал – это единая точка доступа к геопространственной информации Российской Федерации. Геопортал обеспечивает поиск, просмотр, загрузку метаданных, а также скачивание и публикацию пространственных данных и веб-сервисов в соответствии с правами доступа и видом лицензии на использование материалов». Стоит отметить, что данное определение будет верно не только в отношении геоданных Российской Федерации.

Геопорталы являются основой инфраструктуры пространственных данных. Стоит отметить, что важное место занимают и геосервисы – наборы интероперабельных инструментов, предназначенные исключительно для отображения и интерактивной работы с географической информацией, представленной в виде карт, космических снимков и их комбинаций. Геопорталы, как и ИПД, делятся на следующие виды: национальные, региональные, локальные. Ведущую роль в данной классификации играют национальные геопорталы, так как они являются местом сосредоточения всей пространственной информации конкретно взятого государства. Первым в мире национальным геопорталом является портал ИПД США Geospatial One-Stop, введенный в эксплуатацию в 2003 г. Сегодня данный портал известен как Geo.Data.Gov (<http://catalog.data.gov/dataset>). Этот геопортал был создан в рамках инициативы «электронного правительства» с целью объединения клиентов и поставщиков геоданных. По состоянию на 28.11.2015 геопортал содержит 186 536 наборов данных. Также стоит обратить внимание на геопортал Европейского Союза INSPIRE (<http://inspire-geoportal.ec.europa.eu>), разработанный в рамках одноименной директивы. Геопортал содержит 81 843 набора данных, 45 974 тематических слоя, 43 987 сервисов, 9 236 загружаемых сервисов наборов данных (от 28.11.2015).

На сегодняшний день многие страны имеют национальные геопорталы. Отдельного рассмотрения требует ситуация с разработкой геопорталов в Российской Федерации. Цель данной статьи заключается в выявлении существующих научно-технических проблем в сфере российских геопорталов и определении возможных путей их решения.

Отечественные геопорталы и геосервисы

На сегодняшний день в России нет полностью завершеного и введенного в эксплуатацию национального геопортала. Распоряжением правительства РФ

№ 1157–р от 21.08.2006 была одобрена «Концепция создания и развития ИПД РФ» [7], в которой описаны 3 этапа работ:

- подготовительный (2006–2007);
- организационный (2008–2009);
- завершение формирования (2010–2015).

Основным «шлюзом» доступа к пространственным данным должен являться Геопортал ИПД РФ (<http://nsdi.ru>), разрабатываемый компанией по заказу Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии. Однако, обновления наборов пространственной информации не происходило уже в течении 2 лет. Например, крайний из добавленных наборов (О-36-144) датируется 30.12.2013. Кроме того, среди разрабатываемых геопорталов федерального уровня стоит выделить Портал открытых данных Российской Федерации (<http://data.gov.ru/>). Сегодня данный портал находится в стадии открытого тестирования. На момент написания статьи портал содержал 4 116 наборов открытых данных. Также, на сегодняшний день Русское географическое общество ведет работы по созданию единого геопортала, который в СМИ назвали «картографической Википедией».

Несмотря на явное отставание в вопросе создания государственного геопортала, в России ведутся активные работы по созданию подобных порталов на региональном уровне усилиями научно-образовательных, академических [11, 12] и частных структур. Среди разработок частных компаний стоит отметить реализованный в соответствии с «классическим» пониманием геопортал компании «ДАТА +» (<http://maps.dataplus.ru/>) – официального поставщика компании ESRI, которая является крупнейшим в мире производителем ГИС-технологий. Однако сегодня данный геопортал не функционирует: вместо содержимого портала находится баннер, содержащий в себе ссылку на один из ресурсов корпорации Microsoft (<http://www.iis.net/>).

Для более оперативного сбора и накопления геоданных по территории РФ каждый субъект Федерации должен иметь собственный геопортал. В 2009 г. по заказу Роскартографии году был разработан и введен в эксплуатацию геопортал Уральского федерального округа (www.geourfo.ru) как прототип узла ИПД РФ и образец создания региональных геоинформационных порталов.

Существует также ряд других региональных геопорталов:

- геопортал Республики Татарстан (<http://karta.tatar.ru/>);
- геопортал Воронежской области (<http://geoportal.e-reg36.ru/>);
- геопортал Белгородской области (<http://www.map31.ru/>);
- геопортал Кировской области (<http://www.geoportal43.ru/>);
- геопортал Самарской области (<http://geoportal.samregion.ru/>);
- геопортал Нижегородской области (демонстрационная версия) (<http://nnov.orbismap.com/>);
- геопортал Республики Бурятия (<http://geo.govrb.ru/>);
- геопортал Республики Коми (<http://gis.rkomi.ru/>);
- геопортал Ямало-Ненецкого автономного округа (<http://geo.gov.yanao.ru/>).

Отдельного внимания заслуживают научно-образовательные и академические геопорталы и геосервисы. Ввиду отсутствия единого национального инструмента управления пространственной информацией, научная сфера должна обеспечивать себя самостоятельно. В 2010 г. была высказана идея формирования академической инфраструктуры пространственных данных (АИПД), представлена концепция ее формирования и развития, однако до сих пор данная инициатива не получила одобрения. Несмотря на отсутствие АИПД, научно-образовательные и академические геопорталы и геосервисы активно создаются и поддерживаются по всей стране. Приведем список наиболее значимых отечественных разработок:

V. Геопортал ЕСИМО (<http://portal.esimo.ru/portal>). Содержит более 3 500 наборов данных по Мировому океану, водоемам России и прибрежным территориям.

VI. Многофункциональный Геоинформационный Сервер (МГУ) ФГУП ВНИИГЕОСИСТЕМ (<http://www.geosys.ru/index.php/ru/mgs.html>) – инструмент создания распределенных систем для работы в сфере геологии и недропользования в онлайн-режиме; МГУ может применяться и как API (среда разработки приложений).

VII. Геопортал Минприроды (<http://fires.rfimnr.ru/api/index.html>) – портал предоставляет информацию об объектах природоохранной деятельности.

VIII. Геопортал географического факультета МГУ (<http://www.geogr.msu.ru:8082/api/index.html>) – основной круг пользователей – студенты и сотрудники данного факультета. Портал предоставляет доступ к данным дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).

IX. Геопортал ИВМ СО РАН (<http://gis.krasn.ru/client/>) – содержит наборы данных по 20 предметным областям, оборону (структура и деятельность вооруженных сил РФ).

X. Геопортал Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН (<http://geoportal.kscnet.ru/>) – главная особенность состоит в поддержке поиска по метаданным, что является основным требованием, предъявляемым к геопорталу.

Кроме геопорталов, в сети Интернет можно обнаружить ряд российских геоинформационных сервисов. Перечислим самые крупные:

1. Яндекс. Карты (<https://maps.yandex.ru/>) – онлайн-карта России и мира. По своему функционалу является отечественным аналогом сервиса Google Maps.

2. MAPS ME (бывш. Карты@Mail.ru - <http://maps.mail.ru/>) – карты всех стран мира, адаптированные для мобильных устройств в виде одноименного приложения, распространяемого по бесплатной модели.

3. Геопортал Роскосмоса (<http://gptl.ru/>) – несмотря на название, является сервисом картографических снимков, аналогичным службе Google Earth.

4. ДубльГИС (<https://2gis.ru/novosibirsk>) – сервис электронных городских справочников на картографической основе, выпускаемых одноименной картографической компанией, основанной в 1999 г. в Новосибирске.

Проблемы и возможные пути решения

Сегодня российская практика формирования ИПД и проектирования геоportалов имеет ряд существенных проблем как технических, так и организационных. Главная организационная проблема – отсутствие нормативной базы формирования ИПД на государственном уровне. Однако, в то же время, в отдельных субъектах Федерации проводятся работы по формированию региональных норм, требований и стандартов для узлов ИПД. Весьма удачный пример формирования нормативной базы ИПД – Директива INSPIRE, которая упоминалась ранее.

Нормативные документы должны содержать в себе не только организационные, но и научно-технические требования. Прежде всего, это требования к формированию метаданных, определению их семантики, единым форматам хранения и обмена. Также должны существовать общие требования к архитектуре узлов ИПД, то есть совокупности аппаратных и программных средств управления пространственными данными. Сюда же относится вопрос о выборе единых форматов загружаемых геоданных для обеспечения высокой степени интероперабельности в узлах ИПД.

Говоря о проблемах создания геоportалов, следует отметить, что ни в существующих стандартах [13, 14], ни в статье № 3 Федерального закона «О геодезии, картографии и пространственных данных и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [15] нет определения термина «геоportал» и стандартизированных требований к функциям и характеристикам геоportала. Это приводит к тому, что понимание и толкование задач, возникающих при проектировании какого-либо геоportала, и путей их решения возникает только у узкого круга специалистов, в соответствии с их индивидуальным подходом.

Многие эксперты отмечали, что основными функциями любого геоportала являются поиск, загрузка и визуализация пространственных данных по описательной информации (метаданным). Прочие функции и дополнительные сервисы носят факультативный характер, то есть являются дополнительными. Среди большого количества portалов, именуемых геоинформационными, основную часть занимают сервисы, обеспечивающие только просмотр данных в виде электронной карты или наборов космических снимков с возможностью наложения тематических слоев. Функции просмотра и загрузки метаданных встречаются редко, в основном, только в академических геоportалах. Отсюда появляется общая проблема: далеко не все геоportалы соответствуют своему названию.

Согласно концепции создания и развития ИПД в России, в 2016 г. должны завершиться работы по формированию данной инфраструктуры. Однако, оче-

видно, что достижение данной цели оттягивается на неопределенный срок. Для того, чтобы завершить работы по формированию ИПД РФ, необходимо, прежде всего, расширить существующие федеральные законы и стандарты, касающиеся геоинформационного обеспечения и пространственных данных. К тому же, необходимо провести работы по передаче пространственной информации в ведение единой правительственной структуры, что позволит использовать единую картографическую основу – базу данных, содержащую карты различных масштабов и тематики. Для этого необходимо произвести инвентаризацию всех имеющихся геоинформационных ресурсов. Существует необходимость либо подготовки собственных спецификаций данных и сервисов, либо адаптации уже существующих зарубежных разработок, таких как спецификации Открытого Геопространственного Консорциума (OGC – Open Geospatial Consortium) под отечественные нужды и реалии. Требуется разработка системы управления баз метаданных с разделением на сферы применения. Также необходимо обеспечить как можно более высокую доступность геоданных для максимально широкого круга пользователей. Это обуславливает необходимость в создании средств сбора, хранения и распространения пространственной информации по единой архитектуре, то есть узлы инфраструктуры пространственных данных должны быть одинаковыми с технологической и технической точки зрения. Точками входа в узлы ИПД должны выступить геопорталы, от национального до муниципального уровня. Как и узлы ИПД, геопорталы должны носить типовой характер, для которого необходимо определить минимальный набор функций. Согласно зарубежным разработкам, в базовый набор любого геопортала входят поиск пространственной информации по метаданным и ее визуализация, загрузка/выгрузка и изменение данных. Визуализация данных также должна иметь минимальный функционал: масштабирование, навигация, скроллинг (передвижение вверх-вниз), наложение слоев, управление отображением легенд. По ходу эксплуатации, набор функций может расширяться дополнительными сервисами, такими как тематические карты, базы знаний по предметным областям и т. д. К тому же, существует необходимость в разработке общих методик управления полномочиями доступа к геоданным. Выполнение данных требований может обеспечить успешное завершение работ по формированию ИПД РФ.

Выводы

Российский опыт в формировании инфраструктуры пространственных данных и проектировании геопорталов пока еще уступает зарубежным аналогам. В отечественной технической литературе практически отсутствуют более или менее систематизированные сведения о разных аспектах создания и функционирования геопорталов. В первую очередь требуют разработки и исследований технические решения по следующим вопросам:

1. Подробный набор характеристик и функций геопортала и дополнительных сервисов.

2. Сущность, содержание, единицы измерения или представления, диапазон и/или перечень значений каждой характеристики и функции.
3. Подходы и способы формирования, обновления и предоставления по запросам контента.
4. Содержание и структура геопортала.
5. Критерии выбора программного обеспечения.
6. Метаданные, требования к их форматам.
7. Методы доступа к информации (в техническом плане).
8. Методы и алгоритмы оценки достоверности, анализа и синтеза пространственных данных в геопортале.
9. Методы разделения данных по классам решаемых задач.
10. Требования к стилистике, оформлению и т. п.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лисицкий Д. В. Перспективы развития картографии: от системы «Цифровая земля» к системе виртуальной геореальности // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 2 (22). – С. 8–16.
2. Лисицкий Д. В., Кикин П. М. Методические основы веб-картографии. // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2014. – Вып. 6. – С. 85–91.
3. Yunping, L., Gahegan M., MacGill, J.. Increasing GeoComputation Interoperability: Towards a Standard GeoComputation API [CD recording] // Proceedings, GeoComputation 2005: 8th International Conference of GeoComputation. – 2005, August 1-3.
4. Battle R., Kolas D. Enabling the Geospatial Semantic Web with Parliament and GeoSPARQL // Semantic Web. – 2011. – № 1. – 1–17.
5. Development of Mapping Applications for Mobile Devices / D. V. Lisitsky, E. V. Komissarova, A. A. Kolesnikov, P. M. Kikin // International Journal of Applied Engineering Research. – 2015. – № 17. – P. 37196–37198.
6. Кошкарев А. В. Европейская программа INSPIRE и российские инициативы в области ИПД: критический анализ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://conf.ict.nsc.ru/files/conferences/sirsi2015/fulltext/288962/288963/AVKoshkarev_Piter_2015_report.doc (Дата обращения: 08.11.2015).
7. Ковтун С. Ю. История развития геоинформационных технологий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://oren-icn.ru/index.php/enzoren/stepene/143--2013/2189-2013-06-02-12-54-18> (Дата обращения: 08.11.2015).
8. Maguire D. J., Longley P. A. The emergence of geoportals and their role in spatial data infrastructures // Computers, Environment and Urban Systems. – 2005. – No. 1. – P. 3–14.
9. Oulidi H. J., Moumen A. Towards to Spatial Data Infrastructures and an Integrated Management of Groundwater Resources // Journal of Geographic Information Systems. – 2015. – No 7. – P. 667–676.
10. Концепция создания и развития инфраструктуры пространственных данных Российской Федерации : распоряжение Правительства РФ от 21.06.2006 № 1157-р [Электронный ресурс]. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
11. Кошкарев А. В., Ротанова И. Н. Российские научно-образовательные и отраслевые геопорталы как элементы инфраструктуры пространственных данных // Вестник НГУ. – 2014. – Вып. 4 (12). – С. 38–52.
12. Лурье И. К. Создание инфраструктур пространственных данных для обеспечения решения научно-исследовательских и образовательных задач // Intercarto InterGIS: Междунар. науч. конф. «Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт» :

сб. материалов в 2 т. (Пермь, Гент, 29 июня – 5 июля 2009 г.). Пермь: Гент, 2009 г., Т. 1. – С. 225–231.

13. ГОСТ Р 50828-95. Государственный стандарт Российской Федерации. Геоинформационное картографирование. Пространственные данные, цифровые и электронные карты. Общие требования (принят и введен в действие Постановлением Госстандарта России от 18.10.1995 № 543). [Электронный ресурс] – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

14. ГОСТ Р 52438-2005. Географические информационные системы. Термины и определения (утв. Приказом Ростехрегулирования от 28.12.2005 № 423-ст). [Электронный ресурс] – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

15. О геодезии, картографии и пространственных данных и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации : федеральный закон от 30.12.2015 № 431-ФЗ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://asozd2c.duma.gov.ru/addwork/scans.nsf/ID/F90282FFC90A493A43257E0A00522494/\\$FILE/744685-6_16032015_744685-6.PDF?OpenElement](http://asozd2c.duma.gov.ru/addwork/scans.nsf/ID/F90282FFC90A493A43257E0A00522494/$FILE/744685-6_16032015_744685-6.PDF?OpenElement) (Дата обращения: 09.11.2015).

Получено 17.05.2016

© А. В. Шевин, 2016

GEOPORTALS AS A BASIC ELEMENTS OF SPATIAL DATA INFRASTRUCTURE: ANALYSIS OF CURRENT STATUS OF THE ISSUE IN RUSSIA

Alexey V. Shevin

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D. student, tel. (961)872-80-86, e-mail: ashevin92@gmail.com

This article considers the current situation in the field of design for geoportals in Russia. The article provides historical background on the topic of the first experience of creating geoportals. After that, the analysis of the current situation in this area of our country. Citing the example of some of the existing geoportals and geoservices federal and regional levels for the use of a wide range of users and to work in the scientific and academic sphere. On this basis, an analysis to identify key existing institutional, scientific and technical issues in the implementation of the national spatial data infrastructure and development geoportals as access points to spatial information. Also, the article discusses possible solutions to the problems identified.

Key words: geoportal, geoservice, spatial data infrastructure, geodata, spatial information, metadata.

REFERENCES

1. Lisickij, D. V. (2013). Prospects for cartography development: from digital land to virtual georeality. *Vestnik SSGA [Vestnik SSGA]*, 2(22), 8–16 [in Russian].

2. Lisickij, D. V., & Kikin, P. M. (2014). Methodical bases of web cartography. *Izvestiya Vuzov. Geodeziya i Aerofotos"emka [Izvestiya Vuzov. Geodesy and Aerophotography]*, 6/S, 85–91 [in Russian].

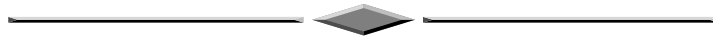
3. Yunping, L., Gahegan, M., & MacGill, J. (2005, August 1-3). Increasing GeoComputation Interoperability: Towards a Standard GeoComputation API [CD recording]. *Proceedings, GeoComputation 2005: 8th International Conference of GeoComputation*.

4. Battle, R., & Kolas, D. (2011). Enabling the Geospatial Semantic Web with Parliament and GeoSPARQL. *Semantic Web, 1*, 1-17.
5. Lisitsky, D. V., Komissarova, E. V., Kolesnikov, A. A., & Kikin, P. M. (2015). Development of Mapping Applications for Mobile Devices. *International Journal of Applied Engineering Research, 17*, 37196-37198.
6. Koshkarev, A. V. (n. d.). The European INSPIRE program and Russian initiatives in the field of SDI: A Critical Analysis Retrieved from http://conf.ict.nsc.ru/files/conferences/sirsi2015/fulltext/288962/288963/AVKoshkarev_Piter_2015_report.doc [in Russian].
7. Kovtun, S. Ju. The history of the development of geoinformation technologies Retrieved from <http://oren-icn.ru/index.php/enzoren/stepene/143--2013/2189-2013-06-02-12-54-18> [in Russian].
8. Maguire, D. J., & Longley, P. A. (2005). The emergence of geoportals and their role in spatial data infrastructures. *Computers, Environment and Urban Systems, 1*, 3-14.
9. Oulidi, H. J., & Moumen, A. (2015) Towards to Spatial Data Infrastructures and an Integrated Management of Groundwater Resources. *Journal of Geographic Information Systems, 7*, 667-676.
10. Order of the Government RF of June 21, 2006 No 1157-р. *Kontseptsiya sozdaniya i razvitiya infrastruktury prostranstvennykh dannykh Rossiyskoy Federatsii [The concept of creation and development of infrastructure of spatial data of the Russian Federation]*. Retrieved from ConsultantPlus database [in Russian].
11. Koshkarev, A. V., & Rotanova, I. N. (2014). Russian scientific-educational and branch geoportals as elements of spatial data infrastructure. *Vestnik NGU [Vestnik NSU], 4(12)*, 38-52 [in Russian].
12. Lur'e, I. K. (2009). Creating a spatial data infrastructure solutions for research and educational purposes. In *Sbornik materialov Intercarto InterGIS: mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii: T. 1. Ustoychivoe razvitie territoriy: teoriya GIS i prakticheskiy opyt [Proceedings of Intercarto InterGIS: International Scientific Conference: Vol. 1. Sustainable Development of Territories: GIS Theory and Practical Experience]* (pp. 225–231). Permian: Gent [in Russian].
13. Standarts Russian Federation. (1995). *GOST R 50828-95. Geoinformatsionnoe kartografirovanie. Prostranstvennyye dannye, tsifrovyye i elektronnyye karty. Obshchie trebovaniya [State Standart 50828-95. GIS mapping. Spatial data, digital and electronic maps. General requirements]*. Retrieved from ConsultantPlus online database [in Russian].
14. Standarts Russian Federation. (2005). *GOST R 52438-2005. Geograficheskie informatsionnyye sistemy. Terminy i opredeleniya [State Standart 52438-2005. Geographic information systems. Terms and Definitions]*. Retrieved from ConsultantPlus online database [in Russian].
15. Federal Law of December 30, 2015 No 431-FZ. *O geodezii, kartografii i prostranstvennykh dannykh i o vnesenii izmenenij v otdel'nye zakonodatel'nye akty Rossijskoj Federacii [About geodesy, cartography and spatial data and on amendments to certain legislative acts of the Russian Federation]*. Retrieved from: [http://asozd2c.duma.gov.ru/addwork/scans.nsf/ID/F90282FFC90A493A43257E0A00522494/\\$FILE/744685-6_16032015_744685-6.PDF?OpenElement](http://asozd2c.duma.gov.ru/addwork/scans.nsf/ID/F90282FFC90A493A43257E0A00522494/$FILE/744685-6_16032015_744685-6.PDF?OpenElement) [in Russian].

Received 17.05.2016

© A. V. Shevin, 2016

ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО, КАДАСТР И МОНИТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ



УДК 338.22.021.4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НОРМАТИВОВ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ИХ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА

Александр Данилович Власов

ООО Сибирский научный центр «Экопрогноз», 630501, Россия, Новосибирская область, р.п. Краснообск, дом 15, кандидат экономических наук, научный руководитель, тел. (383)348-05-92, e-mail: vlasovad@yandex.ru

Валерий Борисович Жарников

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, кандидат технических наук, профессор кафедры кадастра и территориального планирования, тел. (383)361-05-66, e-mail: vestnik@ssga.ru

Представлены основные теоретические положения и методические основы расчета кадастровой стоимости (налоговой базы) земельных участков по основным видам разрешенного использования на основе моделирования социально-экономических потенциалов таких участков с использованием теории измерения и оценки астрогоефизического пространства (АГП). В основе моделирования – функция экспоненты, универсальная единица измерения пространства – радиан в квадрате, полярные координаты точек, учет состояния рынка по объектам оценки и видам их разрешенного использования. Предложена общая модель потенциала произвольной точки АГП и даны методические рекомендации по ее применению в зависимости от состава ценообразующих факторов объекта оценки. Приведен практический пример реализации предложенной методики расчета, содержащий расчетную статистическую модель определения кадастровой стоимости земельных участков для индивидуального жилищного строительства в сельских населенных пунктах Республики Бурятия, значения параметров такой модели, определяющих влияние основных ценообразующих факторов, среди которых – местоположение объекта, удаление от базовых центров жизнеобеспечения, транспортная доступность, наличие собственной инфраструктуры и др. В заключение сделаны выводы в отношении возможного промышленного использования методики, в рамках специализированного центра кадастровой оценки.

Ключевые слова: земельный участок, вид разрешенного использования, ценообразующий фактор, кадастровая стоимость, социально-экономический потенциал, дополнительная кадастровая информация, центр кадастровой оценки.

Введение

Формирование современной рыночной экономики в России началось с земельной реформы 1990-х гг., определившей частную собственность на землю,

бурное развитие имущественных отношений, рынка земли и иной недвижимости, соответствующей инфраструктуры [1]. Адекватный процесс затронул и систему государственного управления (регулирования) данным сектором [2]. Важнейшими государственными механизмами здесь стали учет объектов недвижимости и регистрация прав на них, кадастровая оценка таких объектов, разработка действенной нормативной правовой базы, создание федеральных и региональных органов управления, наделенных основными правовыми функциями, обеспечивающими эффективное включение недвижимости в становление и развитие отечественной экономики [3].

Особую роль, как и ранее, играет «земельный» вопрос, связанный с социальной справедливостью приватизации и последующего перераспределения земли, платы за ее использование [4]. Последний аспект актуален, несмотря на более чем 20-летнюю практику его реализации, до сих пор. Не меньшую актуальность имеет проблема рационального использования земель, решение которой возможно в рамках оптимизационной задачи экономических нормативов с ограничениями на показатели экологического и социального характера. Этому вопросу и посвящена настоящая статья.

Состояние вопроса

Введение принципа платности за землю [5] в Российской Федерации определило принципиально новый подход к роли и содержанию земельных отношений, потребовало значительно большей рационализации в использовании земель, введения ряда экономических показателей в виде их нормативной и рыночной стоимости, ставок земельного налога, арендной платы, а несколько позднее – кадастровой стоимости. С упразднением действия закона «О плате за землю» и введением в действие норм Налогового кодекса РФ [6] в 2004 г. федеральным законом № 141-ФЗ основными показателями определены кадастровая стоимость как налоговая база и ставка земельного налога для каждого земельного участка с его видом разрешенного использования, занесенным в государственный кадастр недвижимости. С этого времени земельный налог стал исчисляться в процентах от налоговой базы, в качестве которой выступала кадастровая стоимость земельного участка, рассчитываемая методами массовой кадастровой оценки. Соответствующие Правила проведения государственной кадастровой оценки были разработаны и утверждены Правительством РФ еще в 2000 г. [7]. Правила определили следующие принципиальные положения: учет целевого назначения (категории) земель и вида их функционального (разрешенного) использования, наличия сервитутов и иных ограничений, использование для земель различных категорий разнообразных подходов к их оценке: для земель населенных пунктов – статистического анализа рыночных цен и иной информации; для сельскохозяйственных угодий – капитализации расчетного рыночного дохода; для иных земель – затрат для воспроизведения или сохранения их природного потенциала. Тем не менее, новый вид экономической – кадастровой – оценки определил со-

временную научную и практическую задачу – разработку теории и практики кадастровой оценки земель, обеспечивающей наряду с рыночной оценкой достаточно широкий спектр задач налогообложения и оборота огромного числа разнообразнейших земельных участков и иных объектов недвижимости на территории России [7, 8]. Активнее стало развиваться земельное законодательство [9–11], появился целый ряд серьезных научно-практических разработок [12–16], четко определились основное содержание и требования к результатам кадастровой оценки [17–19]. Остались и проблемные вопросы, среди которых – отсутствие однозначного алгоритма оценки, допустимость использования новых разработок, проблемность оспаривания результатов оценки, необходимость и возможность переоценки объектов, статус оценщика, финансирование оценочных работ. Активность субъектов РФ и муниципальных образований в проведении наиболее «правильных» оценочных работ проявилась с конца 1990-х гг., когда закон «О плате за землю» перестал в нужной мере наполнять местные бюджеты и потребовались более адекватные оценочные инструменты. В частности, первая кадастровая оценка земель в г. Новосибирске была проведена в 2002 г. Результаты оценки основывались на рекомендациях выше указанных правил [6], методики оценки, утвержденной Госкомземом РФ 11.08.1999 г. № 00-474, а также на собственных разработках исполнителей [20–22] (в число которых входили и авторы настоящей статьи), закрывающих отдельные слабые места используемой методики. В частности, слабым местом стал расчет территориального коэффициента центра кадастрового квартала для экспертно-аналитической составляющей первой технологической линии процесса оценки. Основным принципом реализации указанного расчета стало известное положение о том, что рыночная цена земельного участка на 90 % определяется временем достижения центра населенного пункта, подчиняясь логарифмической функции основания натурального логарифма. Как оказалось, данное соотношение стало эквивалентом функции социально-экономического потенциала земельного участка [20–22].

Дальнейший этап развития теории и практики государственной кадастровой оценки объектов недвижимости принципиальных изменений не претерпел. Менее конкретными стали рекомендации по выбору алгоритма оценки, более жесткими – требования к оформлению отчетов исполнителей, значительно возросло случаев оспаривания результатов оценки и соответственно претензий к исполнителям оценочных работ. Заметный вклад внесли специалисты Росреестра, ранее Госкомзема–Роснедвижимости, определившие принципиально значимые решения, позволившие скоординировать усилия специалистов по выработке практически значимой методологии кадастровой оценки земель, особый вклад в которую внесли О. А. Нестерова, О. А. Скуфинский, Л. В. Чельшева и др. В результате внимания ученых и практиков к конечному результату указанных разработок получено принципиальное выражение для удельного показателя кадастровой стоимости земельного участка (C) в виде

$$C = \prod k_i \cdot C_0, \quad (1)$$

где C_0 – базовое значение удельного показателя кадастровой стоимости; k_i – значения коэффициентов влияния факторов оценки; \prod – знак произведения.

Выражение (1) легко корректируется при дополнительном учете некоторых факторов путем добавления в него соответствующих коэффициентов k_i в произведение \prod . До сих пор проблемной задачей остается определение значения C_0 для земель различного целевого назначения и разрешенного использования. В этой связи рассмотрим далее один из наиболее общих вариантов решения данной задачи.

Теоретические основы моделирования экономического потенциала земельного участка и его кадастровой стоимости

Рыночная стоимость – это наиболее вероятная цена продажи объекта недвижимости [18, ФСО2, п. 6], отражает баланс интересов частных субъектов имущественных отношений по прошлой динамике рыночной конъюнктуры. Этот показатель принципиально не содержит элементов решения перспективных социально-экономических задач.

Кадастровая стоимость [32] земельного участка, используемая для расчета экономических нормативов реализации современных земельных отношений и воспринимаемая как вынужденная категория для решения задач налогообложения, расчета арендных платежей для земельных участков государственной и муниципальной собственности, в действительности, должна приобрести самостоятельное значение как экономическая категория, отражающая общественный интерес в использовании земли в противовес индивидуальному, рыночному и, соответственно, рыночной оценке. Считаем, что кадастровая стоимость, ставка земельного налога, ставка арендной платы должны определяться не только для целей налогообложения, но и для обеспечения и стимулирования рационального использования земельных участков, решения перспективных социально-экономических задач.

В этой связи особую роль играет теоретически обоснованная методика такой оценки, способная аккумулировать основные положения рационального использования земель и соответствующие им экономические, технологические и экологические нормативы. Рассмотрим содержание такой методики, основанное на теории измерения астрогеофизического пространства и моделировании социально-экономических потенциалов конкретных земельных участков.

В основу методики положены следующие фундаментальные предпосылки:

I. Теория рационального использования ограниченного ресурса Л. В. Канторовича.

II. Метод геокосмических аналогий В. А. Понько и его частный случай – теория измерения астрогеофизического пространства.

III. Теория предпочтений Б. Г. Миркина и ее частный случай – метод анализа иерархий Т. Саати.

IV. Данные рынка земельных участков.

Дадим краткий комментарий к пунктам I–IV.

Л. В. Канторович разработал теорию оптимальных оценок ограниченных ресурсов для заданной целевой функции [23]. Математическая постановка данной задачи определяет необходимые и достаточные условия расчета экономических нормативов рационального использования ограниченного ресурса. Если экономическая оценка ресурса будет завышена, то ресурс будет недоиспользован, в силу недостаточной эффективности существующих технологий использования ресурса. Недоиспользование ресурса ведет к снижению эффективности его использования. Если экономическая оценка ресурса будет занижена, то возникает его дефицит – спрос на ресурс превышает предложение. В результате дефицита ресурса включаются нерыночные формы его распределения чиновниками.

Элементами метода геокосмических аналогий и теории измерения астрого-офизического пространства [20–22] являются: универсальная шкала измерения; золотое сечение; значение потенциала в произвольной точке пространства, определяемой ее полярными координатами; универсальная единица измерения любого, в том числе экономического пространства, радиан в квадрате. Расчет экономических потенциалов показывает, что нормативы рационального использования земельных участков на 50–60 % определяются свойствами геометрии пространства.

Универсальной шкалой измерения социально-экономических процессов принята функция экспоненты:

$$y = e^x,$$

замечательная тем, что y для любого значения x определяется значением ее производной соответствующей степени, а также имеет постоянство скорости на всем диапазоне значений x . Это позволяет рассчитать обратную функцию, у которой коэффициенты влияния вектора независимых факторов на всем диапазоне остаются постоянными для зависимой переменной. Уравнение $\ln(1) = 0$ позволяет нормировать в единой шкале измерения качественные и количественные ценообразующие факторы.

Теория предпочтений Б. Г. Миркина [24] является адаптированным статистическим инструментом для измерения экономических объектов, используемым в предлагаемой методике для оценки влияния ценообразующих факторов на рыночную и кадастровую стоимости объектов.

В табл. 1 представлен пример реализации метода анализа иерархий (МАИ) Т. Саати [25], позволяющего определить коэффициенты влияния ценообразующих факторов на рыночную и кадастровую стоимость объекта недвижимости.

Таблица 1

Пример расчета коэффициентов влияния оценочных факторов методом анализа иерархий по электронной анкете опроса эксперта

Ранг, номер (экспертная оценка)	Ранг, номер (парные сравнения)	Рейтинг, % (экспертная оценка)	Рейтинг, % (парные сравнения)	Наименование факторов наблюдений	Расстояние от районного центра до г. Чебоксары	Численность населения в населенном пункте	Коэффициент местоположения (расстояние до центра населенного пункта)	Примыкание населенного пункта к транспортным магистралям	Наличие ж/д станции	Наличие пристани
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	2	21,2	21,2	Расстояние от районного центра до центра субъекта России	1	2	0,5	2	3	8
3	3	19,4	19,4	Численность населения в населенном пункте	0,5	1	0,33	2	3	8
1	1	34,1	34,1	Коэффициент местополо- жения (K_i) либо расстоя- ние до центра населенного пункта	2	3	1	3	3	8
4	4	12,1	12,1	Примыкание населенного пункта к транспортным магистралям	0,5	0,5	0,33	1	2	8
5	5	9,5	9,5	Наличие ж/д станции	0,33	0,33	0,33	0,5	1	8
6	6	3,7	3,7	Наличие пристани	0,13	0,13	0,12	0,12	0,13	1
Коэффициент последовательности ответов эксперта (допустимая ошибка $K_{II} < 20\%$)										4,0

В графе 5 табл. 1 представлен перечень ценообразующих факторов, в графах 1–4 – результаты анкетирования экспертов, определяющих ранги и доли влияния ценообразующих факторов на рыночную и кадастровую стоимость земельного участка. В графах 6–11 табл. 1 представлена матрица парных сравнений влияния ценообразующих факторов на рыночную и кадастровую стоимость объекта оценки, по которой рассчитывается вектор коэффициентов влияния ценообразующих факторов по методу Т. Саати [25]. Если данные граф 3 и 4 не совпадают, требуется уточнение экспертной информации.

Пример построения статистической модели расчета стоимости земельных участков по коэффициентам ценообразующих факторов, полученных экспертным методом МАИ, представлен в табл. 2. Отметим из опыта оценочных работ значимость определения коэффициентов ценообразующих факторов (графа 3, табл. 2) по данным опроса экспертов.

Таблица 2

Пример определения параметров расчетной статистической модели кадастровой стоимости земельных участков индивидуального жилищного строительства в сельских населенных пунктах (СНП) Республики Бурятия

№ п/п	Наименование ценообразующего фактора, коэффициента модели (7)	Коэффициент влияния j – ценообразующего фактора по анкете экспертов, % (k_j)	Коэффициенты расчетной статистической модели $\{a(k_j)_j\}$	Среднее номинальное значение ценообразующего фактора
1	2	3	4	5
1	Территориальный коэффициент (K_p), радиан ²	20,2	1,397 956	–
2	Удаление от Улан-Удэ районного центра, км	12,7	-0,195 946	362,5
3	Удаление ж/д станции от районного центра, км	3,5	-0,051 399	172,8
4	Удаление пристани от районного центра, км	1,3	-0,018 878	159,8
5	Удаление населенного пункта от районного центра, км	5,4	-0,080 088	38,1
6	Удаление от транспортной магистрали населенного пункта, км	5,1	-0,075 520	6,5
7	Круглогодичная доступность автотранспортом (да/нет, 1/0)	14,6	0,227 692	–
8	Наличие объектов образования (да/нет, 1/0)	7,1	0,106 249	–
9	Наличие объектов здравоохранения (да/нет, 1/0)	3,9	0,057 392	–
10	Наличие объектов культуры (да/нет, 1/0)	2,4	0,035 047	–
11	Наличие электроснабжения (да/нет, 1/0)	10	0,152 003	–
12	Наличие водоснабжения (да/нет, 1/0)	7,6	0,114 035	–
13	Наличие теплоснабжения (газоснабжения) (да/нет, 1/0)	4,8	0,070 966	–
14	Наличие канализации (да/нет, 1/0)	1,4	0,020 340	–
15	Свободный член уравнения регрессии $\{a_0\}$		3,786 091	–
16	Коэффициент неучтенных ценообразующих факторов (K_n)	–	1	–
17	Коэффициент инвестиционного земельного участка ($K_{ин}$)	–	1	–
18	Коэффициент населенного пункта ($K_{снп}$)	–	1	–
19	Коэффициент другого вида разрешенного использования (ВРИ) земельного участка ($K_{ври}$)	–	1	–

Отметим, что единственным индикатором определения рыночной и кадастровой стоимости земельных участков является земельный рынок, который на 20–30 % предопределяет дифференциацию и уровень удельных расчетных показателей.

Рельеф экономических потенциалов, рассчитанный на основе теоретических положений вышеуказанного пункта II и экспертных оценок пункта III, привязывается к рынку предложений объектов недвижимости в соответствии с пунктом IV по известным, значимым точкам. При наличии систематической ошибки, значимость отдельных ценообразующих факторов может быть уточнена по данным рынка недвижимости (пункт IV). Подчеркнем, что по существующему рынку предложений объектов недвижимости невозможно получить как расчетную статистическую модель (пункт II), так и значения ценообразующих факторов (за исключением отдельных сегментов) пункта III.

Практика показывает, что результаты расчета кадастровой стоимости земельных участков в среднем определяются:

– на 40–60 % – теоретической расчетной моделью, определяемой в соответствии с пунктом II;

– на 20–30 % – коэффициентами влияния ценообразующих факторов в соответствии с пунктом III;

– на 20–30 % – данными рынка предложений и продажи земельных участков в соответствии с пунктом IV.

Показатели значений ценообразующих факторов и вида реального использования объекта недвижимости могут быть предметом специального кадастрового учета.

На основе аксиомы «пространство непрерывно и замкнуто», в теории измерения астрофизического пространства [20–22, 26] установлена следующая зависимость:

$$V(n, L) = e^{0,1 \cdot (S+n) \cdot Ln(L) - \lambda R}, \quad (2)$$

где $V(n, L)$ – потенциал некоторой точки астрогеофизического пространства, в зависимости от уровня вложенности элементов (n), количества (массы) пространства (L), координат размещения точки в астрогеофизическом пространстве (R);

$\lambda = \arcsin(1/\sqrt{3})/\pi = 0,196$ – соотношение центростремительной и центробежной тенденций размещения элементов пространства;

$S = 0,618\ 034$ – золотая пропорция трансформации пространства.

Интерпретация параметров общей модели (2) потенциала некоторой точки астрогеофизического пространства [8, 9] зависит от состава ценообразующих факторов объекта оценки и может быть следующей:

1) для земельных участков агломераций населенных пунктов:

n – административный уровень некоторого глобального либо локального центра населенного пункта;

L – численность населения и/или работающих агломерации населенных пунктов примыкающего к данному глобальному либо локальному центру населенного пункта;

R – интегральный (по алгебраической сумме всех ценообразующих факторов) экономический радиус удаления объекта оценки от центра населенного пункта, как величина, рассчитанная по обратной функции к соотношению (2);

2) для земельных участков сельскохозяйственных угодий:

L – это удельная продуктивность земельного участка, показатель накопленного удельного плодородия земельного участка, рассчитанная по модели продуктивности агроландшафтов земного шара;

R – местоположение земельного участка относительно экономических центров, коммуникаций и технологические его свойства: размер земельного участка, контурность, рельеф, удельное сопротивление почвы;

3) для земельных участков автозаправочных станций и прилегающих к автодороге объектов сервиса:

$R = 0$, земельный участок примыкает в автодороге, радиус удаления равен нулю;

L – интенсивность движения транспорта в данной точке;

4) для земельных участков особо охраняемых территорий и объектов:

R – удаление объекта оценки от экономического центра, качественный фактор «доступность»;

L – потенциал экологических ресурсов, услуг повышения и поддержания духовного и физического здоровья в данной точке;

5) для земельных участков под объектами промышленности и иного специального назначения (за исключением земель населенных пунктов):

R – радиус удаления от экономических центров;

L – численность населения муниципального образования.

Для населенных пунктов расчет рельефа социально-экономических потенциалов по соотношению (2) может быть представлен соотношением:

$$V = e^{0,1 \cdot (S+n) \cdot \ln(L/1000+1) - 0,196 \cdot R}, \quad (3)$$

где V – социально-экономический потенциал в определенной точке определенного населенного пункта, радиан²;

$S = 0,618\ 034$ – золотое сечение;

n – административный уровень населенного пункта или его локальной территории;

R – экономический радиус удаления определенной точки от центра населенного пункта, км;

L – численность населения населенного пункта, человек.

Это же соотношение (3) для населенных пунктов было получено принципиально из других предпосылок. Одной из типовых стало эмпирическое обобщение мировой практики экономической оценки земельных участков, показавшее, что рыночная цена (Z) некоторого участка земли населенного пункта на

90 % определяется временем (t) достижения центра населенного пункта от этого участка, с учетом транспортной доступности, естественных и техногенных препятствий, в соответствии с формулой Гранелля – Кларка:

$$Z = ae^{-bt} = e^{\ln a - bt}, \quad (4)$$

где \ln – функция натурального логарифма;

e – ее основание;

a, b – параметры функции Z – рыночной цены земельного участка;

t – время достижения центра населенного пункта от данного земельного участка.

Поскольку каждый населенный пункт уникален по численности населения, административному уровню, функциям, местоположению, его геометрии (компактное, растянутое, разрезанное рекой, с естественными и техногенными препятствиями), коэффициенты a и b требуют индивидуального расчета на основе корреляционно-регрессионного анализа рыночной цены земельных участков и эти коэффициенты являются уникальными для каждого населенного пункта.

Возможно представление выражения (4) в форме уравнения равновесия размещения элементов некоторой системы под действием центростремительных и центробежных сил по оптимуму Парето [21]:

$$Z = e^{v/\mu - 1 - \lambda r/\mu}, \quad (5)$$

где λ, μ, v – параметры соответственно центростремительной, центробежной составляющих и их равновесия по оптимуму Парето; r – радиус размещения объекта недвижимости относительно центра населенного пункта.

Наибольшую роль играет формула (3), определяющая социально-экономический потенциал в произвольной точке любого населенного пункта на любой момент времени. Поэтому расчет можно вести по этой формуле для любого населенного пункта и использовать данные одного рынка недвижимости для другого. Такая необходимость возникает на многих территориях с крайне ограниченным рынком недвижимости либо полным его отсутствием.

По формуле (3) строится векторная модель населенного пункта, по которой для каждого земельного участка рассчитывается территориальный коэффициент учета его местоположения. Принципиально такие модели могут быть построены для всех населенных пунктов с численностью населения более 10 тысяч человек и для них рассчитаны матрицы территориальных коэффициентов земельных участков. Так, в частности, сделано в Республики Бурятия [27], где для принятого вида разрешенного использования земельных участков по одной формуле рассчитана кадастровая стоимость земельных участков всех населенных пунктов республики. Матрица территориальных коэффициентов земельных участков привязана в нескольких значимых, достоверно известных точках рынка недвижимости. Например, по земельным участкам особо охраняемых территорий и объектов (ООТиО) к стандартному перечню качественных цено-

образующих факторов [21] в Республике Бурятия добавился фактор наличия озера Байкал. В Бурятии нашлось только пять проданных объектов с достоверной рыночной информацией. Например (табл. 2), по пяти сделкам была построена учитывающая шесть ценообразующих факторов расчетная статистическая модель; реализованы пункты II и III и далее рассчитана кадастровая стоимость (685 объектов).

Аналогично, на основании вектора влияния ценообразующих факторов (см. табл. 2, графа 2), по каждому виду разрешенного использования строится статистическая модель расчета кадастровой стоимости земельного участка данного вида разрешенного использования (графа 4), коэффициенты влияния ценообразующих факторов на всем их диапазоне определены в табл. 2, графа 3. Именно такая схема расчета рыночной стоимости земельных участков населенных пунктов реализована на примере Республики Бурятия [19].

Методические основы расчета кадастровой стоимости

Методические основы расчета кадастровой стоимости базируются на использовании основного выражения потенциала V (2), адаптируемого для конкретных видов разрешенного использования земельного участка в зависимости от состава ценообразующих факторов:

$$C_i^{nei} = \max_{v \in V} \left\{ F^v(x_{1_i}, x_{2_i}, x_{3_i}, \dots, x_{n_i}) \right\} \quad (6)$$

C_i^{nei} – рыночная стоимость земельного i -го участка по наилучшему экономическому использованию (nei);

v – вид разрешенного использования из V – множества возможных видов разрешенного использования;

F^v – функция расчета рыночной стоимости земельного участка для данного v -вида разрешенного использования от значений ценообразующих факторов $x_{1_i}, x_{2_i}, x_{3_i}, \dots, x_{n_i}$ i -го земельного участка.

Расчетная статистическая модель определения рыночной стоимости земельных участков населенных пунктов по видам разрешенного использования на определенную дату оценки тогда примет вид (см. табл. 2, графу 4):

$$C_i^v = K_H \cdot K_{II} \cdot K_{CHП} \cdot K_{BPI} \cdot e^{\left(a_0 + a(K_1)_1 \cdot \text{Ln}(x_{n_1} + 1) + \dots + a(K_n)_n \cdot \text{Ln}(x_{n_i} + 1) \right)}, \quad (7)$$

где C_i^v – рыночная стоимость i -го земельного участка v -вида разрешенного использования;

K_H – коэффициент неучтенных ценообразующих факторов земельного участка для данной территории;

K_i – коэффициент инвестиционных земельных участков, учитывающий для таких участков повышенные риски инвестиций в сравнении с застроенными земельными участками с действующим бизнесом, приносящим текущий чистый доход;

$K_{снп}$ – коэффициент населенного пункта;

$K_{ври}$ – коэффициент другого вида разрешенного использования земельного участка, оцениваемого по данному виду разрешенного использования;

e – функция экспоненты; Ln – функция натурального логарифма;

1, 2, 3, ... n – номера ценообразующих факторов оценки рыночной стоимости i -земельного участка для данного вида разрешенного использования;

$k_1; k_2; k_3; \dots k_n$ – коэффициенты влияния ценообразующих факторов (1, 2, 3, ... n) на рыночную стоимость земельного участка для данного вида разрешенного использования;

$a(k_j)_i$ – коэффициент регрессии расчетной статистической модели (6) j -го фактора для данного вида разрешенного использования земельного участка, в зависимости от доли влияния фактора (k_j) в системе ценообразующих факторов;

a_0 – свободный член уравнения регрессии оценки рыночной стоимости земельных участков данного вида разрешенного использования;

$a(k_1)_1; a(k_2)_2; a(k_1)_1 a(k_3)_3; a(k_n)_n$ – коэффициенты регрессии ценообразующих факторов (1, 2, 3, ... n) расчетной статистической модели, соответствующие коэффициентам влияния ценообразующих факторов по анкете экспертов ($k_1; k_2; k_3; \dots k_n$);

$x_1; x_2; x_3; \dots x_n$ – независимые переменные значений ценообразующих факторов (1, 2, 3, ... n) земельных участков данного вида разрешенного использования;

$$x_j = x_{\text{ном } j} / x_{\text{сред } j},$$

где $x_{\text{ном } j}$ – номинальное значение ценообразующего j -го фактора;

$x_{\text{сред } j}$ – среднее значение ценообразующего j -го фактора.

На примере Республики Бурятия [27] определены коэффициенты влияния ценообразующих факторов (см. табл. 1, графу 5) на рыночную стоимость земельных участков населенных пунктов, полученные методом опроса экспертов с использованием электронной анкеты (см. табл. 1). По данным графы 3 табл. 2 специальная программа рассчитывает коэффициенты регрессии статистической функции (7) (графа 4). Модель графы 4 табл. 2 не может быть построена по имеющимся данным предложений и продажи объектов рынка недвижимости, в большей мере является теоретической (пункты II и III) с максимально возможной привязкой к рынку недвижимости (пункт IV). Аналогичные расчетные статистические модели построены по всем группам земельных участков Республики Бурятия при их кадастровой оценке [27].

Практическое применение. Выводы

Практическое применение указанных разработок для расчета стоимости земельных участков населенных пунктов изложено в методических рекомендациях на примере города Новосибирска [26]; результатах практических работ [27–31], имеющихся в открытом доступе. Поэтому сформулируем основные выводы для оценки земельных участков сельскохозяйственного назначения.

Для сельскохозяйственных угодий установлено, что их кадастровая стоимость в среднем определяется на 50 % – продуктивностью угодий; на 35 % – местоположением земельного участка; на 15 % – технологическими свойствами земельного участка.

Значения ценообразующих факторов в части местоположения и технологических свойств земельного участка определяются однозначно [14] и не вызывают проблем.

Продуктивность земельного участка сельскохозяйственных угодий в любой точке России может рассчитываться по физическим инструментально измеряемым показателям, например в сопоставимых зерновых физических единицах (1 кг зерна на гектар/год) по модели продуктивности агроландшафтов земного шара [21]. При этом продуктивность земельного участка определяют два фактора: почвенная разновидность и обеспеченность продуктивным теплом. По данным метеостанций среднеголетняя обеспеченность продуктивным теплом может быть рассчитана для конкретного земельного участка с точностью до 0,1 градуса Цельсия с учетом его местоположения, абсолютной высоты, градуса уклона и экспозиции. Почвы формируются тысячелетиями, поэтому почвенные разновидности стабильны и в них записаны все условия их формирования и продуктивности, что позволяет по измеряемым показателям оценить значение продуктивности земельного участка с точностью до 1 кг зерна на гектар/год, для заданного либо фактического уровня интенсивности использования почвенного плодородия (агроклиматического потенциала).

Для стандартной статистической модели (7) расчета кадастровой стоимости земельного участка сельскохозяйственных угодий коэффициенты ценообразующих факторов могут быть определены экспертами (см. табл. 1), а коэффициенты регрессии статистической модели рассчитаны по аналогии с примером в табл. 2. Расчет кадастровой стоимости земельного участка сельскохозяйственных угодий по указанной статистической модели на основе сравнительного подхода, учитывающего продуктивность, местоположение и технологические свойства почв [14], дает однозначный и актуальный результат.

Таким образом, предложенная методика обладает серьезным теоретическим обоснованием, построена с учетом существующих в России разработок, способна адаптироваться к включению дополнительных факторов и может быть использована для расчета экономических показателей современного рационального землепользования, определяющего максимальный экономический результат при условии обеспечения экологических и социальных норм.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. История земельных отношений и землеустройства / Под ред. А. А. Варламова. – М. : Колос, 2000. – 336 с.
2. Управление земельными ресурсами / П. В. Кухтин, А. А. Левов, В. В. Лобанов, О. С. Семкина : учебное пособие. – СПб. : Питер, 2008. – 384 с.
3. Варламов А. А. Система государственного и муниципального управления : учебник. – М. : ГУЗ, 2014. – 452 с.
4. Налоговый кодекс Российской Федерации. Части первая и вторая. – М. : Эксмо, 2014. – 1312 с.
5. Плата за землю. Оценка земли : комментарии, разъяснения, вопросы и ответы. – М. : Экзамен, 2008. – 414 с.
6. Правила проведения государственной кадастровой оценки земель. Утверждены Постановлением Правительства РФ от 08.04.2000 г. № 316 // Собр. законодательства. – 2000. – № 16. – Ст. 1709.
7. Филадельфия Н. П. Налогообложение земель на основе кадастровой стоимости // Кадастровый вестник. – 2006. – № 1. – С. 41–45.
8. Обзор главных новостей: от кадастровой оценки земель – к кадастровой оценке объектов недвижимости // Кадастровый вестник. – 2006. – № 2. – С. 2.
9. Новое земельное законодательство Российской Федерации : сб. нормативных актов. – М. : Юрайт, 2002. – 585 с.
10. Боголюбов С. А., Золотова О. А. Земельное законодательство : сб. документов. 2-е изд. – М. : Проспект, 2016. – 472 с.
11. Об оценочной деятельности в Российской Федерации : федеральный закон РФ от 29.07.1998 г. № 135-ФЗ. [Электронный ресурс]. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
12. Прорвич В. А. Основы экономической оценки городских земель : учеб.-практ. пособие. – М. : Дело, 1998. – 336 с.
13. Максимов В. А. Кадастровая оценка недвижимости : монография. – Усть-Каменогорск : Вост.-Казахст. технич. ун-т, 2000. – 126 с.
14. Махт В. А., Руди В. А. Кадастровая оценка земель сельскохозяйственного назначения : учеб. пособие. – Омск : Изд-во «Русинко», 2003. – 169 с.
15. Оценка недвижимости : учебник / Под ред. А. Г. Грязновой, М. А. Федотовой. – М. : Финансы и Статистика, 2008. – 560 с.
16. Горемыкин В. А. Современный земельный рынок России : практ. пособие. – М. : ИТК «Дашков и К^о», 2004. – 624 с.
17. Об утверждении Федерального стандарта оценки «Общие понятия оценки, подходы и требования к проведению оценки (ФСО № 1)» : приказ Минэкономразвития России от 20.05.2015 № 297 [Электронный ресурс]. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
18. Об утверждении Федерального стандарта оценки «Цель оценки и виды стоимости (ФСО № 2)» : приказ Минэкономразвития России от 20.05.2015 № 298 [Электронный ресурс]. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
19. Об утверждении Федерального стандарта оценки «Определение кадастровой стоимости (ФСО № 4)» : приказ Минэкономразвития России от 22.10.2010 № 508 (ред. от 22.06.2015) [Электронный ресурс]. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
20. Понько В. А. Оценка и прогнозирование агроклиматических ресурсов. – Новосибирск : СО РАН, НИЦ «Экопрогноз-2», 2012. – 100 с.
21. Власов А. Д., Понько В. А. Измерение астрогеофизического пространства. Вопросы моделирования геокосмических связей // Труды научного центра «Экопрогноз». – Новосибирск : СО РАСХН, 1996. Вып. 1. – С. 29–38.

22. Власов А. Д., Жарников В. Б. Методологические основы экономической оценки земельных ресурсов населенных пунктов России // Информационный бюллетень МАСС (г. Новосибирск). – 1998. – № 1. – С. 59–65.
23. Канторович Л. В. Экономический расчет наилучшего использования ресурсов. – М. : Изд-во АН СССР, 1969. – 122 с.
24. Миркин Б. Г. Проблемы группового выбора / Под ред. А. В. Малишевского и А. А. Могилевского. – М. : Наука, 1974. – 256 с.
25. Саати Т. Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий. – М. : Радио и связь, 1989. – 316 с.
26. Власов А. Д. Методические рекомендации по определению рыночной стоимости земельных участков по кадастровым кварталам города Новосибирска. – 4-е изд., перераб. и доп. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2007. – 125 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.cal.su/show_art.php?id=5.
27. Отчет об оценке кадастровой стоимости земельных участков населенных пунктов Республики Бурятия [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.cal.su/show_art.php?id=86.
28. Экспертиза отчета об оценке земельных участков населенных пунктов Республики Бурятия [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.cal.su/show_art.php?id=87.
29. Экспертиза отчета об оценке особо охраняемых территорий и объектов Астраханской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.cal.su/show_art.php?id=59.
30. Экспертиза отчета об оценке кадастровой стоимости земель сельскохозяйственных угодий Республики Тыва [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.cal.su/show_art.php?id=66.
31. Экспертиза отчета об оценке кадастровой стоимости земель промышленности и иного специального назначения ХМАО – Югра [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.cal.su/show_art.php?id=68.
32. Методические указания о государственной кадастровой оценке: приказ Минэкономразвития РФ от 07.06.2016 г. № 358 [Электронный ресурс]. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

Получено 18.07.2016

© А. Д. Власов, В. Б. Жарников, 2016

THE DEFINITION OF NORMS OF LAND PARCELS RATIONAL USE ON THE BASES OF MODELLING THEIR ECONOMIC POTENTIAL

Aleksandr D. Vlasov

Siberian Scientific Center «Ekoprognoz», 630501, Russia, Novosibirsk region, Krasnoobsk, 15, Candidate of Economics, tel. (383)348-05-92, e-mail: vlasovad@yandex.ru

Valerij B. Zharnikov

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plahotnogo St., Candidate of Technical Science, Professor of Cadastre and Terrestrial Planning Department, tel. (383)361-05-66, e-mail: vestnik@ssga.ru

The article represents the basic theoretical and methodological base of cadastral cost calculation of land parcels on the main types of legitimate use on the basis of modeling social and economical potential of such land parcels with the use of measurement theory and astrogeophysical space (AGPS) estimation. The modeling base – exponent function, universal space measurement unit – square radian, polar coordinate, market conditions of estimation objects and their types of legitimate use. The article suggests general model of random AGPS point and gives methodological recom-

mendation of its application depending on cost forming factors of estimated objects. There is a practical example of the suggested calculation method, containing calculated statistic model of cadastre value estimation of land parcels for individual housing construction in country settlements of Buryatiya Republic, value parameters of such model, determining the impact of main cost forming factors, among which are the position of object, the distance from basic life-support centres, transport availability, the own infrastructure etc. The article makes conclusions about possible industrial application of the method, in the frame of specialized cadastre estimation centre.

Key words: land parcel, type of legitimate use, cost forming factor, cadastral cost, social and economical potential, additional cadastral information, cadastral estimation centre.

REFERENCES

1. Varlamov, A. A. (Ed.). (2000). *Istoriya zemel'nykh otnosheniy i zemleustroystva [The history of land relations and land management]*. Moscow: Kolos [in Russian].
2. Kukhtin, P. V., Levov, A. A., Lobanov, V. V., & Semkina, O. S. (2008). *Upravlenie zemel'nymi resursami [Land Management]*. Saint Petersburg: Piter [in Russian].
3. Varlamov, A. A. (2014). *Sistema gosudarstvennogo i munitsipal'nogo upravleniya [State and municipal management system]*. Moscow: GUZ [in Russian].
4. *Nalogovyy kodeks Rossiyskoy Federatsii. Chasti pervaya i vtoraya. [The Tax Code of the Russian Federation. Parts one and two]*. (2014). Moscow: Eksmo [in Russian].
5. *Plata za zemlyu. Otsenka zemli : kommentarii, raz'yasneniya, voprosy i otvety [Payment for the land. Land Rating: comments , explanations , questions and answers]*. (2008). Moscow: "Ekzamen" Publ. [in Russian].
6. Rules of state cadastral valuation of land. Approved by the RF Government Decree of № No 316, April 08, 2000. *Sobranie zakonodatel'stva RF [Legislation Assembly RF]*. No 16, Art. 1709 (2000) [in Russian].
7. Filamofitskaya, N. P. (2006). Taxation of land on the basis of the cadastral value. *Kadastrivyy vestnik [Cadastral Bulletin]*, 1, 41-45 [in Russian].
8. Review of News: the cadastral valuation of land - to the cadastral valuation of real estate. (2006). *Kadastrivyy vestnik [Cadastral Bulletin]*, 2, 2 [in Russian].
9. *Novoe zemel'noe zakonodatel'stvo Rossiyskoy Federatsii [The new land legislation of the Russian Federation]*. (2002). Moscow: Yurayt [in Russian].
10. Bogolyubov, S. A., & Zolotova, O. A. (2016). *Zemel'noe zakonodatel'stvo [Land legislation]* (2nd ed.). Moscow: Prospekt, [in Russian].
11. Federal Law of July 29, 1998 No 135-FZ. *Ob otsenochnoy deyatel'nosti v Rossiyskoy Federatsii [On appraisal activities in the Russian Federation]*. Retrieved from ConsultantPlus online database [in Russian].
12. Prorvich, V. A. (1998). *Osnovy ekonomicheskoy otsenki gorodskikh zemel' [Basics of economic evaluation of urban land]*. Moscow: Delo [in Russian].
13. Maksimov, V. A. (2000). *Kadastrivaya otsenka nedvizhimosti [Cadastral valuation of real estate]*. Ust - Kamenogorsk: East Kazakhstan Technical University [in Russian].
14. Makht, V. A., & Rudi, V. A. (2003). *Kadastrivaya otsenka zemel'sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya [Cadastral valuation of agricultural land]*. Omsk: Rusinko Publ. [in Russian].
15. Gryaznova, A. G., & Fedotova, M. A. (Eds.) (2008). *Otsenka nedvizhimosti [Real Estate Appraisal]*. Moscow: Finance and Statistics [in Russian].
16. Goremykin, V. A. (2004). *Sovremennyy zemel'nyy rynek Rossii [Modern land market in Russia]*. Moscow: ITK "Dashkov i K^o" [in Russian].
17. Order of Ministry of Economic Development RF of May 20, 2015 No 297. *Ob utverzhdenii Federal'nogo standarta otsenki "Obshchie ponyatiya otsenki, podkhody i trebovaniya k*

provedeniyu otsenki (FSO No 1)" [On approval of the Federal standard assessment "General concepts of assessment approaches and requirements to conduct evaluation (FSO No 1)"] Retrieved from ConsultantPlus online database [in Russian].

18. Order of Ministry of Economic Development RF of May 20, 2015 No 298. *Ob utverzhdenii Federal'nogo standarta otsenki "Tsel' otsenki i vidy stoimosti (FSO No 2)"* [On approval of the Federal standard assessment "The purpose of evaluation and the types of value (FSO No 2)"]. Retrieved from ConsultantPlus online database [in Russian].

19. Order of Ministry of Economic Development RF of October 22, 2010 No 508 (ed. June 22, 2015). *Ob utverzhdenii Federal'nogo standarta otsenki "Opredelenie kadaastrovoy stoimosti (FSO No 4)"* [On approval of the Federal standard assessment "Determination of the cadastral value (FSO No 4)"]. Retrieved from ConsultantPlus online database [in Russian].

20. Pon'ko, V. A. (2012). *Otsenka i prognozirovaniye agroklimaticheskikh resursov* [Evaluation and prediction of agro-climatic resources]. Novosibirsk: SO RAN, NITs "Ekoprognoz-2" [in Russian].

21. Vlasov, A. D., & Pon'ko, V. A. (1996). Measurement astrogeophysical space. Questions of modeling geospatial links. *Trudy nauchnogo tsentra «Ekoprognoz»* [Proceedings of the Scientific Center "Ekoprognoz"] (pp. 29–38). Novosibirsk: SO RASKhN [in Russian].

22. Vlasov, A. D., & Zharnikov, V. B. (1998). Methodological bases of economic assessment of land settlements of Russia. *Informatsionnyy byulleten'* [Information Bulletin], 1, 59–65 [in Russian].

23. Kantorovich, L. V. (1969). *Ekonomicheskiy raschet nailuchshego ispol'zovaniya resursov* [Economic calculation of the best possible use of resources]. Moscow: AN SSSR Publ. [in Russian].

24. Mirkin, B. G. (1974). *Problemy gruppovogo vybora* [Group selection issues]. A. V. Malishevskogo & A. A. Mogilevskogo (Eds). Moscow: Nauka [in Russian].

25. Saati, T. L. (1989). *Prinyatie resheniy. Metod analiza ierarkhiy* [Making decisions. The method of analysis of hierarchies]. Moscow: Radio i svyaz' [in Russian].

26. Vlasov, A. D. (2007). *Metodicheskie rekomendatsii po opredeleniyu rynochnoy stoimosti zemel'nykh uchastkov po kadaastrovym kvartalam goroda Novosibirsk* [Guidelines to determine the market value of land in the cadastral quarters of the city of Novosibirsk] (4th ed.). Novosibirsk: SO RAN Publ. Retrieved from http://www.cal.su/show_art.php?id=5 [in Russian].

27. *Otchet ob otsenke kadaastrovoy stoimosti zemel'nykh uchastkov naseleennykh punktov Respubliki Buryatiya* [Report on the assessment of the cadastral value of land settlements of the Republic of Buryatia]. (n. d.). Retrieved from http://www.cal.su/show_art.php?id=86 [in Russian].

28. *Ekspertiza otcheta ob otsenke zemel'nykh uchastkov naseleennykh punktov Respubliki Buryatiya* [Examination of the land valuation report settlements of the Republic of Buryatia]. (n. d.). Retrieved from http://www.cal.su/show_art.php?id=87 [in Russian].

29. *Ekspertiza otcheta ob otsenke osobo okhranyaemykh territoriy i ob'ektov Astrakhanskoy oblasti* [Examination of the evaluation report of specially protected territories and objects of the Astrakhan region]. (n. d.). Retrieved from (http://www.cal.su/show_art.php?id=59 [in Russian].

30. *Ekspertiza otcheta ob otsenke kadaastrovoy stoimosti zemel' sel'skokhozyaystvennykh ugodiy Respubliki Tyva* [Examination of the report on the assessment of the cadastral value of agricultural lands of the Republic of Tyva]. (n. d.). Retrieved from (http://www.cal.su/show_art.php?id=66 [in Russian].

31. *Ekspertiza otcheta ob otsenke kadaastrovoy stoimosti zemel' promyshchlenosti i inogo spetsial'nogo naznacheniya KhMAO-Yugra* [Examination of the evaluation report of the cadastral value of land promyshchlenosti and other special purpose KhMAO – Yugra]. (n. d.). Retrieved from http://www.cal.su/show_art.php?id=68 [in Russian].

Received 18.07.2016

© A. D. Vlasov, V. B. Zharnikov, 2016

УДК 622.279.5(211)

МЕТОДИЧЕСКОЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИ ДОБЫЧЕ УГЛЕВОДОРОДОВ С УЧЕТОМ РЕГИОНАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

Алексей Викторович Дубровский

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, кандидат технических наук, заведующий научно-производственным центром «Дигитайзер», тел. (383)361-01-09, e-mail: avd5@ssga.ru.

Ирина Николаевна Кустышева

Тюменский индустриальный университет, 625000, Россия, г. Тюмень, ул. 50 лет Октября, 38, старший преподаватель кафедры «Землеустройство и кадастр», тел. (345)45-64-49, e-mail: irina1983kust@gmail.com.

В статье приведены материалы исследований по разработке и внедрению экологически ориентированных технологий землепользования для нефтегазодобывающих предприятий в условиях Крайнего Севера. Обоснована необходимость применения таких технологий для сохранения природноресурсного потенциала территории и сохранения традиционного уклада жизни малочисленных коренных народов. Приведена классификация нарушений почвенного и растительного покровов при разработке нефтегазового месторождения. Сделаны выводы о площадях земельных участков и уровне нарушения почвенного и растительного покровов на территории месторождений. При этом полученные данные свидетельствуют о нерациональном использовании земельных ресурсов. Более 15 % территории месторождения имеет сильнонарушенный и полностью нарушенный почвенный покров. В результате этого возникают экологические риски, связанные с земельными ресурсами. В статье приведено описание экологических рисков. На основании анализа уровня нарушенности земель и возникающих при этом экологических рисков предложены критерии оптимальности землепользования с учетом региональных особенностей района Крайнего Севера. Данные критерии оптимальности являются одним из основных элементов разработанной методики рационального землепользования земель нефтегазовой промышленности. Предлагаемые технические решения по минимизации экологических последствий при добыче углеводородов представлены, в частности, в виде технологии экологически-ориентированного землепользования с применением новых технических решений по освоению отвода земельного участка для строительства объекта нефтегазодобычи.

Ключевые слова: загрязнение земель, экологически-ориентированные технологии нефтегазодобычи, нефтегазовый комплекс, экологические риски, рациональное землепользование, Крайний Север, региональные особенности.

В связи с обострившимися экологическими проблемами использования северных территорий, в настоящее время, возникла необходимость методологического и технологического обоснования рационального землепользования при добыче углеводородов с учетом региональных особенностей. Рационализация землепользования на основе методологического и технологического обоснования призвана обеспечить такое использование земли, которое бы позволяло

эксплуатировать земельные ресурсы для промышленного освоения и сохранение природноресурсного потенциала территорий [1–3].

Свои интересы в отношении земельных ресурсов для традиционного природопользования коренные жители могут отстаивать, только опираясь на Земельный кодекс Российской Федерации и федеральные законы, такие как Федеральный закон «О гарантиях прав коренных малочисленных народов Российской Федерации», «О территориях традиционного природопользования коренных малочисленных народов Севера, Сибири и Дальнего Востока Российской Федерации» [4]. Однако, как показывает практика, эти законы малоэффективны в отношении малочисленных народов. Сегодня сложившиеся проблемы земельных ресурсов Крайнего Севера решаются в кабинетах различных инстанций, и как следствие, инициатива в принятии решений принадлежит недропользователям и является неутешительной в отношении коренных жителей. Нужны конструктивные решения, способные предотвратить сложившуюся проблему, которые бы стали платформой доверительных отношений между недропользователями и местным населением [5]. Одна из основных задач, которая требует незамедлительных решений, – это совершенствование организации использования земель и земельных отношений с учетом региональных особенностей территории.

Описание проблем, возникающих при добыче углеводородного сырья, в условиях Крайнего Севера, а также мероприятий по организации системы охраны и защиты земель нефтегазовой промышленности, дано в работе [6]. Проведенный анализ позволил выделить основные экологические риски для земельных ресурсов, вовлеченных в хозяйственный оборот при добыче углеводородов [7–10]. В таблице приведена классификация и дана фотоиллюстрация нарушений почвенного и растительного покровов при разработке нефтегазового месторождения.

Экологические риски для земельных ресурсов при освоении месторождений нефти и газа можно разделить на следующие виды [11–14]:

- снижение плодородных свойств почвенного покрова, уменьшение сельскохозяйственной ценности почв;
- техногенная модификация ландшафтов;
- появление геодинамических событий на территории;
- захламливание земель;
- аварийное загрязнение земель, деградация почв.

Рациональное землепользование территорий на Ямале стараются проводить с учетом землеустроительной и градостроительной документации. Для этого составляются схемы территориального планирования, проекты планировки территории и проекты межевания для дальнейшего обустройства месторождений в целях сохранения традиционного устава, обеспечения устойчивого развития жизни коренных малочисленных народов и улучшения развития территории, занимаемой исконными жителями этих земель [3, 6].

Таблица

Классификация нарушений почвенного и растительного покровов при разработке нефтегазового месторождения

Классификационная группа	Фотоиллюстрация уровня нарушения почвенного и растительного покровов	Площадь земель в пределах месторождения, %
Ненарушенный		40
Слабонарушенный		20
Средненарушенный		25
Сильнонарушенный		10
Полностью разрушенный		5

Однако, рационализация земельных ресурсов не может быть достигнута только с учетом вышеперечисленных мероприятий, нужны новые идеи и технологии, направленные на ресурсосбережение. Не секрет, что нефтегазовая промышленность для развития своей отрасли «захватывает» огромные территории и в основном это касается категории земель сельскохозяйственного назначения, где располагались оленьи пастбища. Нужно отметить, что ЯНАО стал территорией с самым большим поголовьем домашних оленей на планете – более 700 тыс. голов. Одновременно север Западной Сибири располагает самыми большими в России запасами газа, доля ЯНАО составляет 23 % мировых разведанных запасов и 60 % общероссийских [11]. В настоящее время на Ямальском полуострове происходит уничтожение большой площади тундровых пастбищ, которые природой были заложены изначально. Разрушения, связанные с промышленным освоением на этих необъятных территориях, формируют очаги мощного загрязнения окружающей природной среды путем техногенного воздействия. Промышленная инфраструктура полуострова Ямал набирает большие объемы, выводя из сельхозоборота ценные земли. Только в районе Бованенковского месторождения в зоне прямого и косвенного воздействия нефтегазовых промыслов оказались оленьи пастбища площадью 170,5 тыс. га [15].

В связи с большими изменениями, которые произошли за последние годы в федеральных законах РФ, таких как федеральные законы «О государственном кадастре недвижимости», «О землеустройстве», «О недрах», Земельный кодекс РФ и др. обуславливает целесообразность пересмотра и уточнения мероприятий, методик и научно-технологических решений по освоению месторождения с упором на экологизацию недропользования, рациональному использованию земельных ресурсов и их охраны от загрязнения.

Таким образом, важными с позиций организации системы рационального землепользования являются разработка и внедрение специальных критериев, характеризующих оптимальность землепользования с учетом региональных особенностей земель Крайнего Севера. Такими критериями должны являться [12, 16–18]:

- минимизация площади промышленного освоения;
- минимизация техногенного загрязнения;
- минимизация техногенной трансформации ландшафта.

На рис. 1 представлены основные методические и технологические приемы для достижения эффективности землепользования и минимизации негативного влияния на земельные ресурсы.

Минимизировать техногенное воздействие возможно при применении экологически безопасных технологий строительства и эксплуатации объектов нефтегазовой отрасли, а также путем своевременного проведения технологического освидетельствования, земельного и экологического контроля в отношении недропользователей. Рациональное использование земельных ресурсов, с точки зрения экологической направленности, следует рассматривать как оптимизацию между традиционным и промышленным природопользованием, обеспечение оптимальных и сбалансированных площадей в землепользовании и недропользовании.



Рис. 1. Критерии оптимальности землепользования с учетом региональных особенностей земель Крайнего Севера

Использование экологически-ориентированных методических подходов в области земельных отношений на Ямале должно позволить:

- разрабатывать долгосрочные прогнозы территориального развития;
- регулировать земельные отношения между всеми участниками процесса (государство, субъект, недропользователи, коренные жители);
- формировать методическое и технологическое обеспечение рационального землепользования на территории Севера [16].

Анализируя результаты освоения земельных ресурсов нефтегазодобывающими предприятиями для добычи углеводородного сырья в условиях Крайнего Севера, можно сделать вывод о том, что модель землеустройства для этих территорий должна формироваться на основе особого, нетрадиционного к ним подхода, учитывать суровые природные условия и своеобразный уклад жизнедеятельности коренных малочисленных народов. На всероссийских и международных конференциях все чаще обсуждаются темы разработки ресурсосберегающих и экозащитных технологий, которые должны являться приоритетными направлениями в развитии данной отрасли [10].

Методика рационального землепользования с учетом региональных особенностей земель Крайнего Севера представлена на рис. 2.



Рис. 2. Методика рационального землепользования с учетом региональных особенностей земель Крайнего Севера:

А – существующая схема землепользования; Б – технология экологически-ориентированного землепользования

Например, проекты по обустройству БНГКМ (Бованенковского нефтегазо-конденсатного месторождения) разрабатывались еще в начале 1990-х, 2000-х гг., в то время как в эксплуатацию месторождение ввели только в 2012 г. В связи с вводом его в эксплуатацию возникла необходимость вносить коррективы в проект по обустройству, так как технологии, которые использовались недропользователями для добычи углеводородов, показали низкую эффективность

землепользования и перестали быть актуальными из-за возросших требований к экологической безопасности нефтегазодобычи.

В настоящее время накоплен значительный опыт как по проектированию, разработке, так и по практическому освоению уникальных массивных и пластово-массивных залежей Медвежьего, Уренгойского, Ямбургского и других месторождений Западной Сибири, с использованием вертикальных, наклонно-направленных и, отчасти, горизонтальных скважин [19]. Отвод земельного участка возможно сократить в 1,5 раза. (Даже если проектом планировки и проектом межевания уже предусмотрен отвод земельных участков, то работы по рекультивации не придется проводить на неосвоенных участках, так как не будет захламления и загрязнения территории, и тем самым будут не тронуты олени пастбища, что имеет большое значение для коренного населения.)

Технология экологически-ориентированного землепользования с применением одного из технических решений, представленных в работе [20], основанная на предложенных критериях эффективности землепользования и методике рационального землепользования, показана на рис. 3.

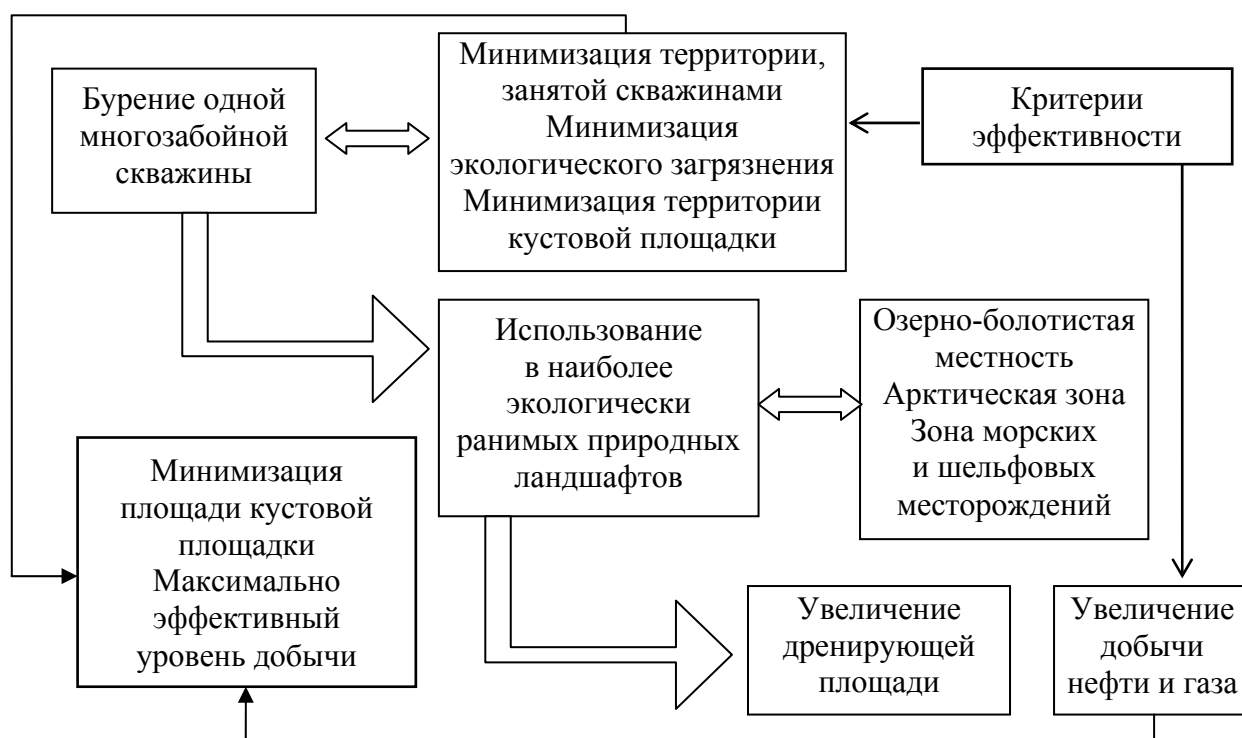


Рис. 3. Технология экологически-ориентированного землепользования с применением новых технических решений по освоению отвода земельного участка для строительства объекта нефтедобычи

Таким образом, наряду с разрабатываемыми нормативно-правовыми актами и регламентами, контролирующими использование земельных ресурсов на территории Крайнего Севера, обязательными элементами экологически-ориентированной методики землепользования должны стать новые технологи-

ческие решения обеспечивающие выполнение критериев эффективности землепользования и минимизацию площади осваиваемых земель.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кустышева И. Н., Кряхтунов А. В. К вопросу формирования земельных участков под объекты нефтегазового комплекса // Изв. вузов. Нефть и газ. – 2014. – Вып. 5. – С. 115–118.
2. Гилева Л. Н. Организация перспективного земле- и природопользования северных территорий // Сборник материалов III международной научно-практической конференции «Фундаментальная наука и технологии – перспективные разработки». – NorthCharleston, USA, 2014. Т. 2 – С. 100–105.
3. Жарников В. Б., Шукина В. Н. Обеспечение условий устойчивого землепользования в проектах разработки месторождений на территориях традиционного природопользования // Вестник СГГА. – 2012. – Вып. 1 (17). – С. 72–79.
4. Льянов М. М. Природопользование коренными малочисленными народами РФ // Молодой ученый. – 2016. – Вып. 5. – С. 495–499.
5. Головнев А. В., Абрамов И. В. Олени и газ: Стратегии развития Ямала // Вестник археологии, антропологии и этнографии. – 2014. – Вып. 4 (27). – С. 105–109.
6. Кустышева И. Н. Проблемы организации системы охраны и защиты земель промышленности в районах Крайнего севера // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2016. XII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 18–22 апреля 2016 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2016. Т. 3. – С. 47–52.
7. Попп Е. А. Разработка методики оценки влияния экологической составляющей на кадастровую стоимость земельных участков (на примере города Бийска) : автореф. дис.... канд. техн. наук. – Новосибирск, 2015. – 22 с.
8. Ван А. В. Гипотеза образования нефти и нефтяных залежей // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 2 (22). – С. 53–61.
9. Дубровский А. В., Малыгина О. И. Топографический мониторинг территории нефтегазового месторождения // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015. XI Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 13–25 апреля 2015 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2015. Т. 2. – С. 226–233.
10. Жарников В. Б. Рациональное использование земель как задача геоинформационного пространственного анализа // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 3 (23). – С. 77–82.
11. Головнёв А. В. Этноэкспертиза на Ямале: ненецкие кочевья и газовые месторождения : монография. – Екатеринбург : Изд-во АМБ, 2014. – 232 с.
12. Дубровский А. В., Малыгина О. И. Применение земельно-информационных систем при инвентаризации нефтегазового комплекса // ГЕО-Сибирь-2006. Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 24–28 апреля 2006 г.). – Новосибирск : СГГА, 2006. Т. 2, ч. 2. – С. 40–44.
13. Колмогоров В. Г., Дударев В. И. Состояние проблемы комплексного изучения современной геодинамики Сибири в конце двадцатого столетия // Вестник СГГА. – 2014. – Вып. 4 (28). – С. 3–12.
14. 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. 3–14.
15. Стратегия 2008 – Стратегия социально-экономического развития муниципального образования Ямальский район на период до 2020 г. I этап // Информационно-аналитический отчет о социально-экономическом положении Ямальского района. I–III этапы. Стратегическая доктрина

на развития Ямальского района до 2020 г. Отчет по муниципальному контракту № 42 от 18.07.2008 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://mo-yamal.ru/economika/eco/1073>.

16. Белов В. В. Совершенствование земельных отношений малочисленных народов Крайнего Севера // Никоновские чтения. – 2006. – Вып. 11. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://cyberleninka.ru/article/n/sovershenstvovanie-zemelnyh-otnosheniy-malochislennyh-narodov-kraynego-severa>.

17. Ламерт Д. А. Особенности процедуры предоставления права пользования земельным участком над недрами с целью геологоразведки и добычи полезных ископаемых // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015. XI Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью» : сб. материалов в 4 т. (Новосибирск, 13–25 апреля 2015 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2015. Т. 3. – С. 46–57.

18. Карпик А. П., Ветошкин Д. Н., Архипенко О. П. Совершенствование модели ведения государственного кадастра недвижимости в России // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 3 (23). – С. 53–60.

19. Шенбергер В. М. Техника и технология строительства боковых стволов в нефтяных и газовых скважинах : монография. – Тюмень : Нефтегазовый университет, 2007. – 594 с.

20. Кустышева И. Н. Разработка технологических решений по охране и защите земель нефтегазового комплекса в условиях многолетней мерзлоты // Вестник СГУГиТ. – 2016. – Вып. 3 (23). – С. 40–47.

Получено 02.08.2016

© А. В. Дубровский, И. Н. Кустышева, 2016

METHODICAL AND TECHNOLOGICAL SUPPORT OF EFFICIENT LAND MANAGEMENT IN HYDROCARBON EXTRACTION CONSIDERING REGIONAL FEATURES OF THE FAR NORTH

Alexey V. Dubrovsky

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., Head of the Scientific and Production Center «Digitizer», tel. (383)361-01-09, e-mail: avd5@ssga.ru

Irina N. Kustysheva

Tyumen Industrial University, 625000, Russia, Tyumen, 38 50 October St., Senior Lecturer, Department of Land management and Cadastre, tel. (345)45-64-49, e-mail: irina1983kust@gmail.com

The article presents research materials for the development and implementation of environmentally-oriented land management technologies for the oil and gas companies on the Far North. The necessity of the application of these technologies to save nature resource potential of the territory and traditional lifestyle of small indigenous population was proved. The classification of the destruction of land and vegetation during the development of oil and gas field was developed. The conclusion about the land areas and about the level of land and vegetation destruction of oil and gas field was made. The received data confirm the irrational use of land resources and large, more than 15 % of territory of destructed vegetation. As a result, the environmental risks, associated with land, are appeared. The article describes the environmental risks. Based on the analysis of the level of land destruction and environmental risks, the criteria of optimal land management accounting regional features of the Far North were proposed. These optimal criteria are the one of essential elements of the developed method of rational land management of oil and gas industry. The proposed

technical decisions to minimize the environmental impacts of the hydrocarbon development are presented, particularly, as the technology of environmentally-oriented land management applying of new technical decisions to develop the allotment of land to construct the oil and gas facility.

Key words: land pollution, environmentally-focused oil and gas technologies, oil and gas, environmental risks, land management, Far North regional features.

REFERENCES

1. Kustysheva, I. N., & Kryakhtunov, A. V. (2014). On the question of the formation of land for oil and gas facilities. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Neft' i gaz [Higher Educational Institutions News. Oil and Gas]*, 5, 115-118 [in Russian].
2. Gileva, L. N. (2014). Organization of prospective ground - and the wildlife of the northern territories. In *Sbornik materialov III mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii: T. 2. Fundamental'naya nauka i tekhnologii - perspektivnye razrabotki [Proceedings of the 5th International Scientific and Practical Conference: Vol. 2. Fundamental Science and Technology – Advanced Development]* (pp. 100-105). NorthCharleston, USA [in Russian].
3. Zharnikov, V. B., & Shchukina, V. N. (2012). Sustainable land-use conditions in field development projects in the territories of traditional nature. *Vestnik SGGa [Vestnik SGGa]*, 1(17), 72–79 [in Russian].
4. L'yanov, M. M. (2016). Of indigenous peoples of the Russian Federation. *Molodoy uchenyy [Young scientist]*, 5, 495-499 [in Russian].
5. Golovnev, A. V., & Abramov, I. V. (2014). Deer & Gas: Development Strategies Yamal. *Vestnik arkheologii, antropologii i etnografii [Journal of Archaeology, Anthropology and Ethnography]*, 4(27), 105–109 [in Russian].
6. Kustysheva, I. N. (2016). Problems of organization of security systems and protection of industrial land in the Far North. // In *Sbornik materialov Interekspo GEO-Sibir'-2015: Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii: T. 3. Ekonomicheskoe razvitie Sibiri i Dal'nego Vostoka. Ekonomika prirodopol'zovaniia, zemleustroistvo, lesoustroistvo, upravlenii e nedvizhimost'iu [Proceedings of Interexpo GEO-Siberia-2016: International Scientific Conference: Vol. 4. Economic Development of Siberia and the Far East. Enviromental Economics, Land Management, Forestry Management and Property Management]* (pp. 47–52). Novosibirsk: SGUGIT [in Russian].
7. Popp, E. A. (2015). Razrabotka metodiki otsenki vliyaniya ekologicheskoy sostavlyayushchey na kadastruvuyu stoimost' zemel'nykh uchastkov (na primere goroda Biyska) [The development of methodology for assessing the environmental impact on the part of the cadastral value of land (for example, the city Biysk)]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Novosibirsk [in Russian].
8. Van, A. V. (2013). The hypothesis of the formation of oil and oil deposits. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 2(22), 53–61 [in Russian].
9. Dubrovskiy, A. V., & Malygina, O. I. (2015). Topographic monitoring of the territory of oil and gas field. In *Sbornik materialov Interekspo GEO-Sibir'-2015: Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii: T. 2. Geodeziya, geoinformatika, kartografiya, marksheyderiya [Proceedings of Interexpo GEO-Siberia-2015: International Scientific Conference: Vol. 4. Geodesy, geoinformatics, cartography, Mine Surveying]*. (pp. 226–233). Novosibirsk: SGUGIT [in Russian].
10. Zharnikov, V. B. (2013). Rational use of land as a problem of spatial analysis of information. *Vestnik SGGa [Vestnik SGGa]*, 3(23), 77–82 [in Russian].
11. Golovnev, A. V. (2014). *Etnoekspertiza na Yamale: nenetskie kochev'ya i gazovye mestorozhdeniya [Examination on the Yamal Nenets nomadic and gas fields]*. Ekaterinburg: AMB [in Russian].
12. Dubrovskiy, A. V., & Malygina, O. I. (2006). The use of land and inventory information systems at oil and gas complex. In *Sbornik materialov Interekspo GEO-Sibir'-2006: T. 2.*

Ekonomika prirodopol'zovaniya i nedvizhimosti. Zemleustroystvo i kadastry. [Proceedings of Interexpo GEO-Siberia-2006: Vol. 2. Environmental Economics and Real Estate. Land management and inventories]. (pp. 40–44). Novosibirsk: SGUGIT [in Russian].

13. Kolmogorov, V. G., & Dudarev, V. I. (2014). State issues a comprehensive study of modern geodynamics of Siberia in the late twentieth century. *Vestnik SGGA [Vestnik SGGA]*, 4(28), 3–12 [in Russian].

14. Kalenitskiy, A. I., & Kim, E. L. (2012). Complex data interpretation geodesic-gravimetric monitoring of technogenic geodynamics at oil and gas fields. *Vestnik SGGA [Vestnik SGGA]*, 4(20), 3–14 [in Russian].

15. Strategy 2008 – Strategy of socio-economic development of the municipality Yamal region until 2020. In *Informatsionno-analiticheskiy otchet o sotsial'no-ekonomicheskom polozhenii Yamal'skogo rayona. I-III etapy. Strategicheskaya doktrina razvitiya Yamal'skogo rayona do 2020 g. Otchet po munitsipal'nomu kontraktu № 42 ot 18.07.2008 [Informational and analytical report on the socio-economic situation of the Yamal district]*. Retrieved from at <http://mo-yamal.ru/economika/eso/1073> [in Russian].

16. Belov, V. V. (2006). Improvement of land relations of small peoples of the Far North. *Nikonovskie chteniya, 11*. Retrieved from [at http://cyberleninka.ru/article/n/sovershenstvovanie-zemelnyh-otnosheniy-malochislennyh-narodov-kraynego-severa](http://cyberleninka.ru/article/n/sovershenstvovanie-zemelnyh-otnosheniy-malochislennyh-narodov-kraynego-severa) [in Russian].

17. Lamert, D. A. (2015). Features of the procedure of granting the right to use the land of the subsoil for geological exploration and mining. In *Sbornik materialov Interexpo GEO-Sibir'-2015: Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii: T. 3. Ekonomicheskoe razvitie Sibiri i Dal'nego Vostoka. Ekonomika prirodopol'zovaniia, zemleustroystvo, lesoustroystvo, upravlenii e nedvizhimost'iu [Proceedings of Interexpo GEO-Siberia-2016: International Scientific Conference: Vol. 3. Economic Development of Siberia and the Far East. Environmental Economics, Land Management, Forestry Management and Property Management]* (pp. 46–57). Novosibirsk: SGUGIT [in Russian].

18. Karpik, A. P., Vetoshkin, D. N., & Arkhipenko, O. P. (2013). Improving the model of maintaining the state cadastre of real estate in Russia. *Vestnik SGGA [Vestnik SGGA]*, 3(23), 53–60 [in Russian].

19. Shenberger, V. M. (2007). *Tekhnika i tekhnologiya stroitel'stva bokovykh stvolov v neftyanykh i gazovykh skvazhinakh: monografiya [Technique and technology of construction of sidetracks in oil and gas wells]*. Tyumen': Industrial University [in Russian].

20. Kustysheva, I. N. (2016). The development of technological solutions to protect and defend the lands of oil and gas complex in the conditions of permafrost. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 3(23), 40–47 [in Russian].

Received 02.08.2016

© A. V. Dubrovsky, I. N. Kustysheva, 2016

УДК 528.9:528.44

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ ГИС ИНВЕСТОРА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЗЕМЕЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

Сергей Романович Горобцов

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, Россия, 630108, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, аспирант, тел. (913)471-55-67, e-mail: sergey@gorobtsov.com

Одной из важнейших задач, стоящих перед органами государственной власти и местного самоуправления на современном этапе, является создание необходимых условий для экономического роста и повышения качества жизни населения страны. Геопортальные технологии являются современным инструментом для оперативного принятия решения на всех уровнях иерархии управления страной, ведь именно геоинформационное пространство является базовой основой для эффективного управления территориями. В статье изложены задачи инвестиционного портала «ГИС инвестора Новосибирск», его технологии и особенности, которые важны для инвесторов. При принятии решения о создании инвестиционного портала «ГИС инвестора Новосибирск» были учтены инвестиционные возможности региона, его ИТ-инфраструктура и, главное, желание руководства занимать достойное место в списке инвестиционно привлекательных городов и регионов России.

Ключевые слова: ГИС инвестора, геоportal, геопортальные технологии, геоинформация, геопространственные данные, интернет-portal, инфраструктура пространственных данных, земельные ресурсы, инвестиции, объекты недвижимости, рынок недвижимости.

В настоящее время активно появляются и развиваются сетевые ресурсы и службы, обеспечивающие работу пользователей с геоинформацией (картами, данными дистанционного зондирования, цифровыми моделями рельефа, 3D-моделями, навигационной информацией и т. д.). Совершенствование этих ресурсов и служб происходит в направлении создания специализированных геоportалов [1].

За последние десятилетия на мировой рынок выведено много пространственных данных, имеющих различные характеристики, что сделало вопросы их упорядочения, стандартизации и интеграции весьма актуальными для более эффективного управления, устойчивого развития и сохранения нашего мира [2, 3].

Новые технические и технологические возможности базируются на новых методах и средствах сбора и компьютерной обработки пространственных данных [4].

Для каждой ГИС формируется геоинформационное пространство, составляющими которого являются геоинформация, геоинформационная модель, цифровая и электронная карта [5]. При этом именно геоинформационное пространство является базовой основой для эффективного управления территориями [6] путем создания различных моделей [7].

Все создаваемые геоинформационные пространства представляют собой хранилища разнообразной пространственно-привязанной информации, объем этих хранилищ с течением времени будет увеличиваться, а значение их комплексного использования в жизни общества возрастает [8]. Поэтому множество

геоинформационных пространств является огромной национальной ценностью, от их рационального использования зависит эффективность экономики страны. Следовательно, важной задачей развития современного общества является организация оперативного доступа к пространственным данным. В современных условиях для реализации этой задачи успешно используются геопортальные технологии [9].

В связи с этим многие развитые страны (в том числе и Россия) создают национальные и региональные инфраструктуры пространственных данных, в которых доступ к геоинформационным ресурсам чаще всего обеспечивается с помощью геопорталов, интегрирующих различные сетевые сервисы в распределенную систему узлов и предоставляющих возможность работы с ней посредством Интернет.

Ядро и суть геопортала – пространственная основа, которая может включать разнообразные наборы данных: растровые – космические и аэрофотоснимки, ортофотопланы и т. д.; векторные – цифровые топографические карты и планы разных масштабов; статистическая информация – реестры кадастровых данных и кадастровых планов, адресные реестры и т. д.; 3D-модели городов и цифровые модели рельефа; дополнительные сведения – фото- и видеофайлы пользователей, ссылки на сторонние ресурсы, связанные с определенными координатами местности, и пр. [1].

Также геопортал предусматривает доступ к тематическим картам. Этот сервис основан на визуальном представлении процессов и явлений, происходящих в конкретном районе, в соответствии с выбранной тематикой. Например, это данные о кадастровой информации, инвестиционная карта района, прогнозируемые изменения территории и др.

В настоящее время геопорталы представляют большой интерес для общества. Поэтому, в связи с увеличением объема предоставляемой информации и количества пользователей, постоянно увеличивается спрос на пользование геопорталами.

Поскольку геопорталы способствуют сотрудничеству разработчиков и пользователей геоинформационных ресурсов, они стали важной частью Инфраструктуры пространственных данных (ИПД). В качестве посредника между поставщиками и потребителями геоданных, геопорталы являются важным и очень заметным компонентом ИПД, который оказывается своего рода «лицом» инфраструктуры [10].

Геопортал должен обладать достоверной и оперативной информацией с возможностью ее быстрого просмотра и анализа. Пополнение новой и актуальной информации должно происходить с участием государственных и муниципальных служб, организаций.

С каждым днем геопорталы становятся все более функциональными и универсальными, и их наполнение должно соответствовать предоставляемым возможностям, в связи с чем регулярное обновление пространственной основы и дополнение ее новыми данными с лучшими характеристиками являются необходимыми процедурами [1].

В последнее время в Российской Федерации развивается рынок решений, объединенных брендом «ГИС инвестора», направленных на предоставление инвесторам или компаниям, их окружающим, эффективного инструментария для предварительной оценки инвестиционной привлекательности. Такие решения формируются как часть программы по брендированию территории муниципального образования, субъекта (города), представляя через Интернет имидж территории, ее ресурсы, выделяя инвестиционный потенциал, демонстрируя возможности и предложения по земельным участкам, объектам недвижимости, туристическим достопримечательностям и т. д. В последние годы развитие региональных геоинформационных систем и геоданных, развитие ДЗЗ, распространение схем стратегического планирования, генеральных планов, нормативно-правовые аспекты, программы диктуют стремительное развитие таких систем в регионах России [11].

ГИС инвестора – это интернет-портал для инвесторов, девелоперов и консалтинговых компаний, предоставляющий аналитическую информацию об объектах инвестирования и возможностях развития территорий [12] муниципальных образований. Система позволяет получить актуальные данные, необходимые для оценки доходности вложения средств и конкурентного окружения, потенциального спроса на объект, перспективного развития территории, а также информацию о технической возможности реализации проекта.

Интернет-портал «ГИС инвестора Новосибирск» [13] (рис. 1) – специализированный геоинформационный ресурс для органов государственной власти и органов местного самоуправления, заинтересованных в привлечении инвестиций, с одной стороны, и потенциальных инвесторов, девелоперов, консалтинговых компаний и иных профессиональных участников рынка недвижимости – с другой стороны, содержащий информацию, необходимую для привлечения инвестиций и для принятия решения о возможности инвестирования.

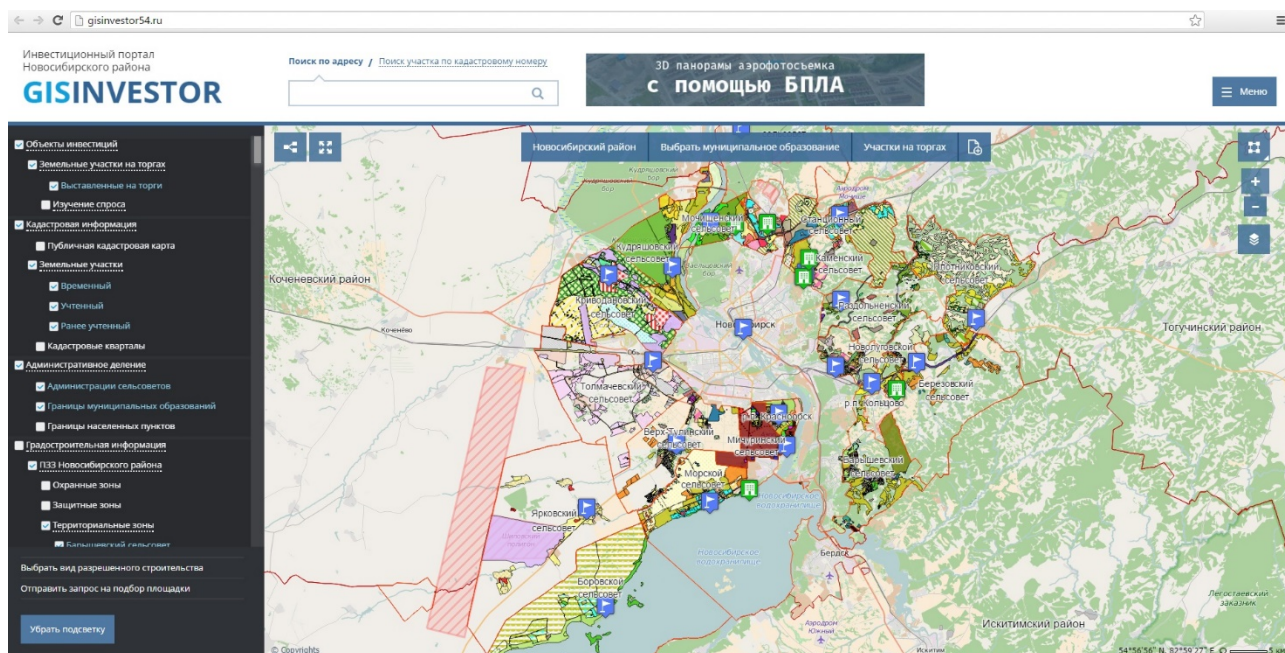


Рис. 1. «ГИС инвестора Новосибирск»

В июле 2012 г. проект был поддержан Министерством промышленности, торговли и развития предпринимательства Новосибирской области – был получен грант на разработку концепции реализации проекта «ГИС инвестора субъекта Федерации».

При принятии решения о создании инвестиционного портала «ГИС инвестора Новосибирск» были учтены инвестиционные возможности региона, его ИТ-инфраструктура и, главное, желание руководства занимать достойное место в списке инвестиционно привлекательных городов и регионов России.

«ГИС инвестора Новосибирск» позволяет каждому пользователю получить достоверные сведения о будущих объектах капитального строительства и функциональных зонах, не обращаясь в различные подразделения и департаменты органов власти и не изучая нормативные документы. Кроме того, несомненным преимуществом такого способа получения информации является наглядность.

У системы два назначения: основное и вспомогательное.

Основное назначение: интернет-портал продвижения земельных участков, объектов капитального строительства, инвестиционных проектов, предлагаемых органами власти субъектов РФ и (или) органами местного самоуправления для реализации.

Вспомогательное назначение: доступ к информационным ресурсам в области земельно-имущественных и градостроительных отношений (планово-картографические материалы, кадастр, градостроительные регламенты и т. д.).

Основные функции портала:

1. Привлечение инвесторов за счет предоставления им доступа к информации о существующих и проектируемых земельных участках, предлагаемых органом местного самоуправления для продажи с торгов, о территориях, предполагаемых для развития (девелопмента), и иных инвестиционных проектах, о правовом режиме земель, ее кадастровой стоимости, условиях землепользования и застройки.

2. Обеспечение механизма обратной связи между задействованными подразделениями органа местного самоуправления и потенциальными инвесторами на предварительном и последующих этапах инвестиционного процесса: изучение спроса на проектируемые и планируемые к продаже земельные участки, возможность направления заявок на участие в торгах или запросов на получение дополнительной информации и т. д.

Дополнительные функции портала, позволяющие предоставить пользователям портала различные сервисы:

1. Возможность размещения информации частными правообладателями земельных участков, выставленных на продажу или планируемых к застройке с привлечением частных инвестиций.

2. Обеспечение механизмов для доступа пользователей портала к иным порталам государственных и муниципальных услуг (запрос сведений государственного кадастра недвижимости, сведений единого государственного реестра

прав, подача жалобы на нарушение земельного или природоохранного законодательства и т. д.).

3. Размещение на портале возможностей для заказа частных услуг в области земельных отношений: вызов кадастрового инженера с целью проведения межевания земельного участка, вызов инженерно-геодезической компании (создание крупномасштабных планов земельных участков), создание 3D-моделей местности и т. д.

Заказчиками системы могут быть: органы государственной власти субъектов РФ, органы местного самоуправления, корпорации развития и агентства инвестиционного развития, управляющие компании «зон опережающего развития».

Пользователями системы могут быть потенциальные компании-инвесторы, консалтинговые компании, строительные компании, агентства недвижимости, частные продавцы и покупатели земельных участков и объектов недвижимости, любые иные заинтересованные лица, а также кадастровые инженеры.

«ГИС инвестора Новосибирск» – наиболее полный и комплексный интернет-ресурс, специализированный для рынка земли и недвижимости. Вся размещаемая информация структурирована и согласована. Также геопортал имеет удобный интерфейс и различные вспомогательные сервисы (рис. 2).

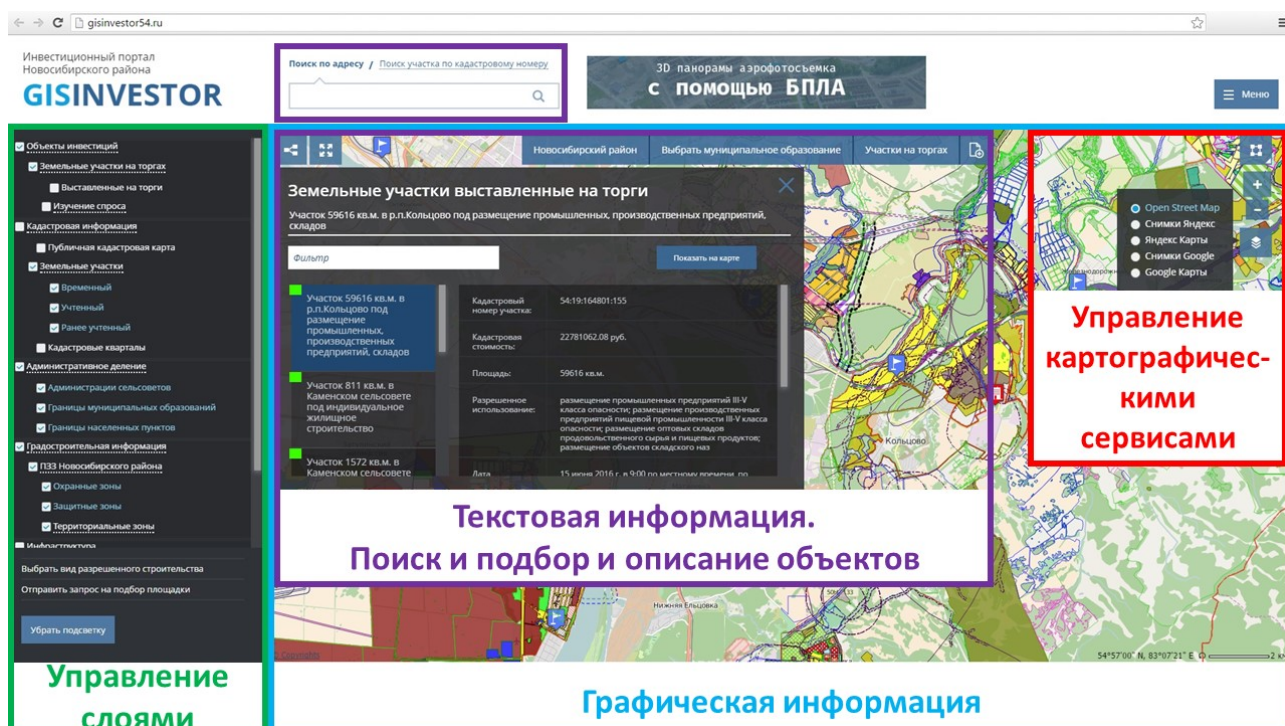


Рис. 2. Интерфейс «ГИС инвестора Новосибирск»

Система объединяет различные данные, поступающие из органов местного самоуправления муниципального района; органов местного самоуправления сельских поселений; территориальных органов и подведомственных учреждений Росреестра; Правительства Новосибирской области; предприятий, эксплуа-

тирующих объекты, подлежащие охране. Все эти данные актуальны и постоянно обновляются.

Пути коммерциализации системы:

- изготовление геопортала под заказ органа государственной власти, местного самоуправления, корпорации развития;
- плата за размещение информации о частных инвестиционных проектах;
- возможность выполнения дополнительных услуг: топосъемка, кадастровые работы, 3D-лазерное сканирование и т. д. и (или) получение агентских процентов.

Инвестор из любой точки мира получает:

- информацию о муниципальном образовании в удобном и наглядном представлении;
- информацию о предлагаемых объектах инвестиций или инвестиционных проектах;
- полный комплекс необходимой сопутствующей информации:
- мультимасштабная картографическая основа;
- кадастровые сведения о земельных участках;
- градостроительный режим территории;
- действующие ограничения и обременения;
- инженерные коммуникации, дорожно-транспортная инфраструктура;
- финансовая инфраструктура, промышленность, бизнес;
- экология, демография и т. д.;
- доступ к муниципальным и государственным услугам;
- интерактивные сервисы: подача заявлений, запросов и т. д.;

Муниципалитет получает:

- эффективный инструмент маркетинга муниципального образования;
- наглядное представление информации об объектах инвестиций;
- механизм коммуникаций с потенциальными инвесторами.

Состав информации на портале:

1. Цифровая растровая картографическая основа (космические снимки).
2. Цифровая векторная картографическая основа (топографическая карта масштаба 1 : 25 000).
3. Специализированные карты и схемы (сельскохозяйственные карты (масштабов 1 : 10 000–1 : 25 000), проекты перераспределения земель, планы населенных пунктов масштабов 1 : 500–1 : 5 000, ортофотопланы масштаба 1 : 2 000, топографические планы и т. д.);
4. Слои кадастровой информации:
 - земельные участки + земли государственной собственности;
 - кадастровое деление;
 - установленные на местности границы населенных пунктов и муниципальных образований;
 - зоны с особым режимом использования земель (охранные зоны).

5. Кадастровая оценка земель + ставки по налогообложению.
6. Градостроительная документация:
 - схема территориального планирования муниципального района;
 - правила землепользования и застройки сельских поселений (схемы + градостроительные регламенты);
 - красные линии застройки.
7. Информация о территориях, не предназначенных для развития (застройки):
 - нарушенные земли;
 - особо охраняемые земли;
 - охранные зоны и зоны с особым режимом использования земель;
 - лесной фонд.
8. Проектируемые земельные участки, предназначенные для продажи с торгов.
9. Земельные участки, выставленные органами местного самоуправления на продажу с торгов.
10. Территории, приоритетные для развития (с предварительным согласованием места размещения объектов).
11. Земельные участки, находящиеся в частной собственности, выставленные на продажу или предлагаемые к застройке.
12. Схемы и планы застройки территории.

Пользователи в системе имеют возможность дополнительно просматривать необходимые фрагменты на космоснимках. Разработана технология мониторинга данных на картографических сервисах, которая позволяет просматривать выбранный фрагмент карты на сторонних картографических онлайн-сервисах:

- OpenStreetMap;
- Снимки Яндекс;
- Яндекс.Карты;
- Снимки Google;
- Google Карты;
- Публичная кадастровая карта.

В любой момент пользователь может сделать выбор в пользу нужного картографического сервиса, и ему будут предоставлены данные со сторонних карт.

При создании геопортала «ГИС инвестора Новосибирск» были созданы метрические модели с использованием геоинформационных технологий, а также определены метрические параметры территорий [14].

Все слои идентифицированы и данные интегрированы в систему координат Новосибирской области (НСО).

Также особенностью геопортала «ГИС инвестора Новосибирск» является его интеграция с единым геоинформационным пространством НСО [15, 16]. На сегодняшний день создана единая пространственная геодезическая основа на территории НСО в виде навигационной инфраструктуры с помощью систем глобального позиционирования ГЛОНАСС/GPS [17, 18].

Экономический эффект геопортала заключается в следующем.

1. Через портал можно будет увидеть конкретные места и условия для вложения средств и приложения сил как для инвесторов, так и для предпринимателей (внешних и местных) – соответственно, активизируется развитие экономики в муниципальных районах.

2. Повысится инвестиционная привлекательность территории Новосибирской области в целом и отдельных территорий в частности.

3. Консолидирование на одном ресурсе различных сведений и представление их в простом, понятном виде на карте позволит легче понять географию экономики региона, легче ориентироваться, проще и быстрее принимать решения о вхождении в предлагаемые проекты и инвестировании в территорию.

4. Через портал возможно показать на карте точки роста (географическое положение).

Все это позволит использовать систему руководителями районов, городов области, руководителями министерств Правительства Новосибирской области в качестве рабочего действенного инструмента для принятия и корректировки принимаемых решений во всех областях социально-экономического развития Новосибирской области.

В результате функционирования «ГИС инвестора Новосибирск» повышается эффективность взаимодействия исполнительных органов государственной власти и бизнеса в области инвестиций на рынке недвижимости Новосибирска.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гаврилова В. В., Гречищев А. В., Лубнин Д. С. Пространственная основа геопорталов // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2011. – № 2. – С. 53–56.
2. Карпик А. П. Системная связь устойчивого развития территорий с его геодезическим информационным обеспечением // Вестник СГГА. – 2010. – Вып. 1 (12). – С. 53–59.
3. Карпик А. П., Осипов А. Г., Мурзинцев П. П. Управление территорией в геоинформационном дискурсе : монография. – Новосибирск : СГГА, 2010. – 280 с.
4. Карпик А. П. Анализ состояния и проблемы геоинформационного обеспечения территорий // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2014. – № 4/С. – С. 3–7.
5. Карпик А. П. Основные принципы формирования геодезического информационного пространства // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2013. – № 4/С. – С. 73–76.
6. 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.
7. Карпик А. П., Ветошкин Д. Н., Архипенко О. П. Совершенствование модели ведения государственного кадастра недвижимости в России // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 3 (23). – С. 53–59.
8. Карпик А. П. Современное состояние и проблемы геоинформационного обеспечения территорий // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Пленарное заседание : сб. материалов (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск : СГГА, 2012. – С. 3–8.
9. Карпик К. А., Портнов А. М. Геопортальные решения в сфере предоставления услуг государственного кадастра недвижимости // Вестник СГГА. – 2010. – Вып. 2 (13). – С. 46–49.

10. Цуцурин В. Д., Шайтура С. В. Технологии создания сетевых геоинформационных ресурсов Черноморского побережья Болгарии // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2015. – № 3. – С. 85–90.
11. Струков Д. Р. Развитие рынка геоинформационных систем инвестора в России // Управление развитием территории. – 2010. – № 3. – С. 76–80 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gisa.ru/69934.html>.
12. Краснова В. А. Регулирование инвестиционной деятельности в Санкт-Петербурге // Вопросы экономики и управления. – 2015. – № 1. – С. 73–77.
13. Горобцов С. Р., Подрядчикова Е. Д. Сравнительный анализ современного российского опыта геопортальных решений для целей муниципального управления // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014. X Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 8–18 апреля 2014 г.). – Новосибирск : СГГА, 2014. Т. 2. – С. 135–141.
14. Обиденко В. И. Принципиальные подходы к разработке технологии определения метрических параметров территории Российской // 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. 24–33.
15. Карпик А. П., Лисицкий Д. В. Основные принципы формирования единого геоинформационного пространства территорий // ГЕО-Сибирь-2011. VII Междунар. научн. конгр. : Пленарное заседание : сб. материалов (Новосибирск, 19–29 апреля 2011 г.). – Новосибирск : СГГА, 2011. – С. 19–24.
16. Карпик А. П. Методологические и технологические основы геоинформационного обеспечения территорий : монография. – Новосибирск : СГГА, 2004. – 260 с.
17. Лисицкий Д. В., Кацко С. Ю. Технологическая платформа «Единое геоинформационное пространство» – основа социально-экономического развития территорий // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2015. – № 5/С. – С. 250–256.
18. Методологические принципы системы точной спутниковой навигации подвижных объектов с использованием наземной инфраструктуры ГЛОНАСС / А. П. Карпик, И. Г. Ганагина, Д. Н. Голдобин, Н. С. Косарев // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2014. – № 5. – С. 69–74.

Получено 11.08.2016

© С. Р. Горобцов, 2016

APPLICATION OF «GIS-INVESTOR» SYSTEM FOR MUNICIPAL LAND RESOURCE MANAGEMENT

Sergey R. Gorobtsov

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Novosibirsk, Russia, 10 Plakhotnogo St., Ph. D. student, tel. (913)471-55-67, e-mail: sergey@gorobtsov.com

One of the most important challenges, facing public authorities and local governments, is the creation of favorable conditions for economic growth and improvement of the population's life quality. Geoportal technologies are one of the advanced tools for operational decision-making at all levels of the in-country management. After all, geoinformation is the basis for efficient territory management. The article presents the designed investment portal “GIS investor for Novosibirsk”, describes its technologies and features important to investors. Under the development of the portal,

investment opportunities of the region, its IT-infrastructure and wish of the authorities to make the region one of the most attractive for investment among other regions of the Russian Federation were taken into consideration.

Key words: GIS-investor, geoportal, geoportal technologies, geoinformation, ISD, web portal, geospatial data, land resources, investments, real property, real estate market.

REFERENCES

1. Gavrilova, V. V., Grechishhev, A. V., & Lubnin, D. S. (2011). Spatial basis of geoportals. *Izvestija vuzov "Geodezija i ajerofotos'emka" [Izvestia Vuzov "Geodesy and Aerophotography"]*, 2, 53–56 [in Russian].
2. Karpik, A. P. System link of stable area development and its geodetic dataware. (2010). *Vestnik SSGA [Vestnik SSGA]*, 1(12), 53–59 [in Russian]
3. Karpik, A. P., Osipov, A. G., & Murzintsev, P. P. (2010). *Upravlenie territoriei v geoinformatsionnom diskurse [Territory management in geoinformation discourse]*. Novosibirsk: SSGA [in Russian].
4. Karpik, A. P. (2014). Current state and problems of territories GIS support. *Izvestija vuzov "Geodezija i ajerofotos'emka" [Izvestia Vuzov "Geodesy and Aerophotography"]*, 4/C, 3–7 [in Russian].
5. Karpik, A. P. (2013). Main principles of geodetic information environment formation. *Izvestija vuzov "Geodezija i ajerofotos'emka" [Izvestia Vuzov "Geodesy and Aerophotography"]*, 4/C, 73–76 [in Russian].
6. Karpik, A. P., & Khoroshilov, V. S. (2012). The essence of territories geoinformation environment as a uniform basis for state property cadastre development. *Izvestija vuzov "Geodezija i ajerofotos'emka" [Izvestia Vuzov "Geodesy and Aerophotography"]*, 2/1, 134–136 [in Russian].
7. Karpik, A. P., Vetoshkin, D. N., & Arkhipenko, O. P. (2013). Improvement of state property cadastre maintenance model in Russia. *Vestnik SSGA [Vestnik SSGA]*, 3(23), 53–59 [in Russian].
8. Karpik, A. P. (2012). Current state and problems of territories GIS support. In *Sbornik materialov Interekspo GEO-Sibir'-2012: Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii: Plenarnoe zasedanie. [Proceedings of Interexpo GEO-Siberia-2012: Plenary session]*. (pp. 3–8). Novosibirsk: SSGA [in Russian].
9. Karpik, K. A., & Portnov, A. M. (2010). Geoportal decisions in the sphere of the state real estate cadastre services. *Vestnik SSGA [Vestnik SSGA]*, 2(13), 46–49 [in Russian]
10. Tsuturin, V. D., & Shaytura, S. V. (2015). Technologies for creating geoinformational resources for places of Bulgarian Black sea coast. *Izvestija vuzov "Geodezija i ajerofotos'emka" [Izvestia Vuzov "Geodesy and Aerophotography"]*, 3, 85–90 [in Russian]
11. Strukov, D. R. (2010). Razvitie rynka geoinformacionnyh sistem investora v Rossii [Development Investor geoinformation systems market in Russia]. *Upravlenie razvitiem territorii [Development Management Area]*, 3, 76–80. Retrieved from at: <http://www.gisa.ru/69934.html> [in Russian]
12. Krasnova, V. A. (2015). Regulirovanie investicionnoj dejatel'nosti v Sankt-Peterburge [Regulation of investment activities in St. Petersburg]. *Voprosy ekonomiki i upravlenija [Issues of Economics and Management]*, 1, 73–77 [in Russian]
13. Gorobtsov, S. R., & Podryadchikova, E. D. (2014). Comparative analysis of modern Russian experience geoportal decisions for municipal management. In *Sbornik materialov Interekspo GEO-Sibir'-2014: Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii: T. 2. Ekonomicheskoe razvitie Sibiri i Dal'nego Vostoka. Ekonomika prirodnopol'zovaniia, zemleustroistvo, lesoustroistvo, upravlenii e nedvizhimost'iu [Proceedings of Interexpo GEO-Siberia-2014: International Scientific Conference: Vol. 2. Economic Development of Siberia and the Far East. Environmental Economics, Land*

Management, Forestry Management and Property Management] (pp. 135–141). Novosibirsk: SGGGA [in Russian].

14. Obidenko, V. I. (2012). Development of the technologies for determining Russian Federation territory metric characteristics: principal approaches. In *Sbornik materialov Interekspo GEO-Sibir'-2012: Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii: T. 1 « Geodezija, geoinformatika, kartografija, markshejderija» [Proceedings of Interexpo GEO-Siberia-2012: International Scientific Conference: Vol. 1. Geodesy, Geoinformatics, Cartography, Mine Survey]* (pp. 24–33). Novosibirsk: SGGGA [in Russian].

15. Karpik, A. P., & Lisitzky, D. V. (2011). General principles of a unique geoinformation field of territories development. In *Sbornik materialov GEO-Sibir'-2011: Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii: Plenarnoe zasedanie. [Proceedings of GEO-Siberia-2011: Plenary session]* (pp. 19–24). Novosibirsk: SGGGA [in Russian].

16. Karpik, A. P. (2004). *Metodologicheskie i tehnologicheskie osnovy geoinformacionnogo obespechenija territorij [Methodological and technological bases of geoinformation support areas]*. Novosibirsk: SSGA [in Russian].

17. Lisitzky, D. V., & Katsko, S. Yu. (2015). Technological platform «integrated geoinformational field» – the basis of social and economic development of territories. *Izvestija vuzov "Geodezija i ajerofotos'emka" [Izvestia Vuzov "Geodesy and Aerophotography"]*, 5/C, 250–256 [in Russian].

18. Karpik, A. P., Ganagina, I. G., Goldobin, D. N., & Kosarev, N. S. (2014). Methodological basics of the system of accurate satellite navigation system for moving objects with the use of ground GLONASS infrastructure. *Izvestija vuzov "Geodezija i ajerofotos'emka" [Izvestia Vuzov "Geodesy and Aerophotography"]*, 5, 69–74 [in Russian].

Received 11.08.2016

© S. R. Gorobtsov, 2016

УДК 528.4

ОСОБЕННОСТИ КАДАСТРОВОГО УЧЕТА МНОГОКОНТУРНЫХ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ

Виктор Николаевич Ключниченко

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры кадастра и территориального планирования, тел. (913)450-94-57, e-mail: kimirs@yandex.ru

Николай Владимирович Каверин

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, аспирант, тел. (923)157-17-56, e-mail: nvkaverin@mail.ru

Согласно ст. 11.9 Земельного кодекса, земельные участки не должны пересекать границы муниципальных образований, населенных пунктов и территориальных зон. Вместе с тем, в границах Российской Федерации расположены различного рода объекты, площадь или протяженность которых нарушает указанные требования Земельного кодекса. Такие земельные участки ранее назывались едиными землепользованиями, но в настоящее время они получили новое название – многоконтурные земельные участки.

В соответствии с требованиями Российского законодательства и приказом Министерства экономического развития № 412 в редакции от 12 ноября 2015 г., на каждый земельный участок подготавливается один межевой план. При этом такие земельные участки, как правило, располагаются в границах одного кадастрового квартала. Однако соблюдение данного условия невозможно при постановке на государственный кадастровый учет земельных участков, занятых площадными или линейными объектами, значительных по размерам или протяженности.

Решение вопросов постановки на кадастровый учет указанных выше объектов, согласно действующему до 1 января 2017 г. приказу Министерства экономического развития от 4 апреля 2011 г. № 144 «Об утверждении порядка кадастрового деления территории Российской Федерации и порядка присвоения объектам недвижимости кадастровых номеров», осуществляется в условном кадастровом квартале, границы которого могут совпадать с границами нескольких кадастровых районов или даже кадастровых округов. При этом процесс подготовки межевых планов для указанных земельных участков отождествляется с процессом формирования межевых планов на обычные земельные участки.

В данной статье приводится обоснование необходимости подготовки материалов для постановки на государственный кадастровый учет многоконтурных земельных участков в каждом субъекте Федерации, поскольку для одного кадастрового инженера такой объем работ за ограниченный промежуток времени выполнить практически невозможно. Кроме того, в каждом субъекте Федерации установлена своя система координат, что требует дополнительных работ по стыковке объекта в зонах перекрытия.

Ключевые слова: земельный участок, единое землепользование, многоконтурный земельный участок, смежные земельные участки, государственный кадастровый учет, способы образования земельных участков, кадастровые работы, межевой план.

Государственным кадастровым учетом, согласно действующему до 1 января 2017 г. Федеральному закону № 221, признаются действия уполномоченного органа по внесению сведений о недвижимом имуществе, которые подтверждают его существование с характеристиками, позволяющими однозначно иденти-

фицировать это имущество, или устанавливают факт прекращения его существования [1].

Земельный участок как объект права собственности и иных, предусмотренных Земельным кодексом прав на землю, является недвижимой вещью, которая представляет собой часть земной поверхности с характеристиками, позволяющими индивидуализировать ее. Кроме обычных земельных участков, соответствующих требованиям действующего законодательства, имеют место ранее учтенные земельные участки, которые выходят за пределы одного кадастрового квартала. Такие земельные участки назывались ранее «единые землепользования». На рис. 1 показано такое землепользование, сформированное из семи несмежных земельных участков [2, 3].

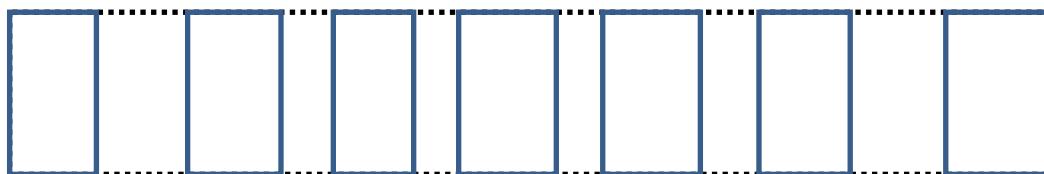


Рис. 1. Общий вид единого землепользования, состоящего из несмежных земельных участков

Из рисунка становится понятно, что подобные земельные участки могут быть образованы, например, из множества отдельных лесных массивов или опор линии электропередачи. В некоторых зарубежных странах такие участки оформляются сервитутами и это позволяет более бережно использовать, например, земли лесного фонда [4]. Российское законодательство интенсивно совершенствуется и единым землепользованиям присвоено новое название – многоконтурные земельные участки, понятие которых дано в письме Министерства экономического развития № 266 [5]. Согласно этому письму, многоконтурным земельным участком (МЗУ) является часть земной поверхности, границы которой определены в соответствии с действующим законодательством и представляют собой несколько замкнутых контуров, которые могут отделяться друг от друга иными земельными участками или землями. Из определения следует, что отдельные контуры многоконтурного земельного участка не имеют общих границ, что противоречит требованиям Земельного кодекса, поскольку земельные участки могут образовываться только из смежных земельных участков [6, 7].

В письме от 22 декабря 2009 г. № 22409-ИМ/Д23 отмечено, что многоконтурный земельный участок может не иметь общих характерных точек границ, что также противоречит пункту 11.6 Земельного кодекса, поскольку объединение возможно только для земельных участков, которые имеют хотя бы одну смежную характерную точку [8]. Кроме того, многоконтурный земельный участок не должен пересекать границы муниципальных образований. Вместе с тем,

нормативные документы не дают пояснений, каким образом проходит граница самого многоконтурного земельного участка. В разъяснительных письмах Министерства экономического развития отмечено, что площадь многоконтурных земельных участков равна сумме площадей входящих в него контуров. При этом применение термина «контур» более подходит для измерения линейных величин, а не для площадных [9–11]. В открытой печати имеются публикации, в которых отмечается, что нет смысла вводить МЗУ и понятие контуров, поскольку каждый контур может быть оформлен сервитутом. В этом случае правообладатели объектов, расположенных на территории нескольких субъектов Федерации, могли бы оформлять сервитутом отдельные части недвижимого имущества без привлечения понятия «многоконтурный земельный участок». Варианты решения подобных проблем неоднократно размещались на сайтах Интернет [12]. С учетом имеющихся разработок различных авторов состав объектов, для постановки на учет которых формируются многоконтурные земельные участки, можно представить следующим образом (рис. 2).

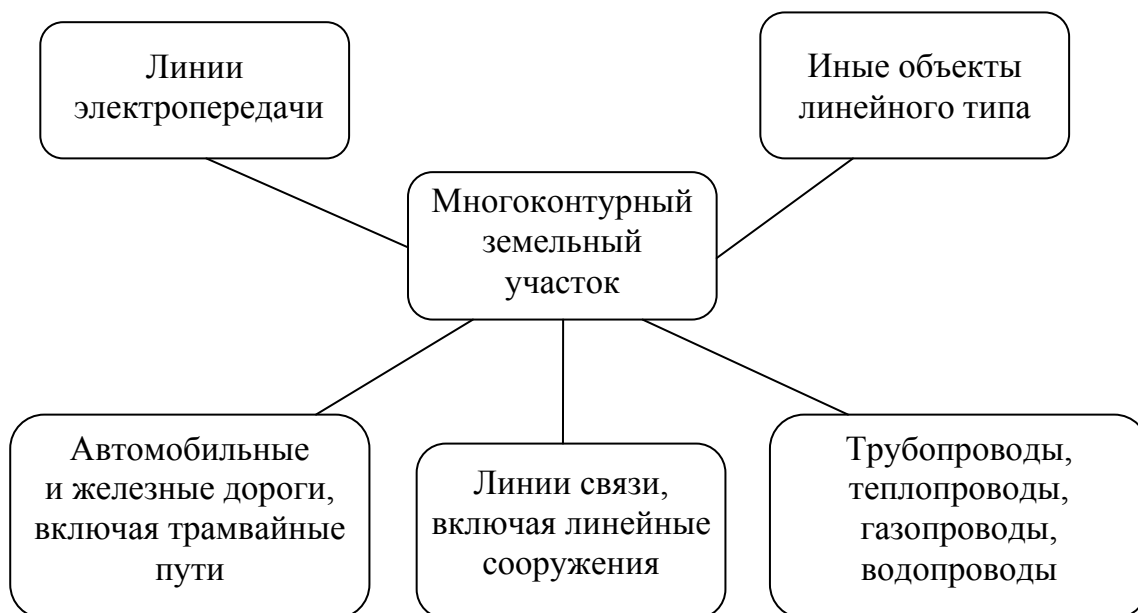


Рис. 2. Состав объектов, для учета которых формируются многоконтурные земельные участки

Из рис. 2 следует, что объектов недвижимости, для размещения которых создаются многоконтурные земельные участки, множество. Точную площадь, занимаемую такими земельными участками, указать практически невозможно, поэтому необходимо изыскивать варианты по учету подобных объектов с минимальными затратами денежных средств и трудовых ресурсов. Один из таких путей предложен Федеральным законом от 23.06.2014 № 171 «О внесении изменений в Земельный кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации». Глава V.6 этого закона регламентирует

порядок использования земель (земельных участков), находящихся в государственной или муниципальной собственности, без предоставления земельных участков. Постановлением Правительства Российской Федерации от 03.12.2014 № 1300 «Об утверждении перечня видов объектов, размещение которых может осуществляться на землях или земельных участках, находящихся в государственной или муниципальной собственности, без предоставления земельных участков и установления сервитутов» установлен перечень объектов, размещение которых может осуществляться в соответствии с нормативно-правовыми актами субъектов Российской Федерации.

На территории Российской Федерации расположены земельные участки, поставленные на кадастровый учет до вступления в силу Федерального закона от 24 июля 2007 г. № 221 «О государственном кадастре недвижимости». Земельные участки, которые были учтены до принятия указанного закона, называются ранее учтенными. Несмотря на то, что сведения об этих земельных участках внесены в кадастр, их границы сформированы по графическому материалу без межевания. Поэтому местоположение границ ранее учтенных земельных участков, к которым относятся единые землепользования, необходимо уточнить в процессе кадастровых работ с целью внесения изменений в сведения кадастра, включая их наименование и кадастровый номер.

В зарубежной практике участки под опорами воздушных линий передачи электроэнергии оформляются сервитутом без изменения категории земель и правового статуса земельных участков. Это также подтверждает Гражданский кодекс, согласно ст. 273 которого земельные участки под опорами линий электропередачи не имеют своей судьбы и следуют судьбе опор [13]. Такая практика вполне приемлема на территории Российской Федерации, однако она не находит применения, хотя данные вопросы многократно обсуждались широким кругом специалистов.

Понятие многоконтурного земельного участка не подтверждено законодательно, что, естественно, порождает множественность толкования этого термина. В геодезии под контуром понимается внешнее очертание какого-либо объекта, то есть это линейная мера. Однако применительно к многоконтурным земельным участкам контур приобретает статус площади. В Интернете имеются публикации, в которых под многоконтурным земельным участком понимается земельный участок, предназначенный для размещения единого технологического комплекса, принадлежащего физическому или юридическому лицу или группе лиц. Иными словами, под многоконтурным земельным участком следует понимать земельный участок, предоставленный физическому или юридическому лицу, сформированный из совокупности несмежных контуров, предназначенных для размещения площадного (линейного) объекта единого функционального назначения в границах одного или нескольких кадастровых кварталов, кадастровых районов или кадастровых округов. Государственный кадастровый учет многоконтурного земельного участка осуществляется в обычном кадастровом квартале, а также в условном, границы которого совпадают с гра-

ницами кадастрового района или кадастрового округа. Для того, чтобы поставить на государственный кадастровый учет многоконтурный земельный участок, нужно представить в кадастровое ведомство заявление и единый межевой план, составленный по межевым планам по каждому кадастровому округу, в границах которого он расположен.

В соответствии с действующим законодательством, для постановки на государственный кадастровый учет обычных земельных участков кадастровый инженер подготавливает один межевой план. Применительно к многоконтурному земельному участку возникают серьезные проблемы, сущность которых заключается в том, что один кадастровый инженер не может оперативно выполнить межевание, например, линии электропередачи, которая располагается на территории нескольких субъектов Федерации. Кроме того, в каждом субъекте Федерации принята своя система координат. Одним из вариантов решения указанной проблемы является формирование межевых планов по количеству субъектов Федерации. При этом постановка на государственный кадастровый учет многоконтурного земельного участка должна осуществляться в каждом субъекте Федерации с учетом зон перекрытия, а государственная регистрация прав на него по материалам кадастрового учета может проводиться в любом субъекте Федерации по желанию владельца многоконтурного земельного участка [14–16].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. О государственном кадастре недвижимости : федеральный закон от 24.07.2007 № 221-ФЗ в ред. 2016 г. [Электронный ресурс]. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
2. Киселев С. Что скрывается за «многоконтурными земельными участками». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.yandex.ru/>.
3. О государственном кадастровом учете земельных участков, занятых опорами линий электропередачи : письмо Министерства экономического развития Российской Федерации от 17.10.2011 г. № 22780-ИМ/Д23 [Электронный ресурс]. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
4. Жарников В. Б., Бочарова А. А. Основные показатели рационального использования земель лесного фонда // Вестник СГГА. – 2012. – Вып. 4 (20). – С. 80–86.
5. О многоконтурных земельных участках : письмо Минэкономразвития РФ от 16.01.2009 № 266–ИМ/Д23 [Электронный ресурс]. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
6. Земельный кодекс Российской Федерации в ред. 2015 г. [Электронный ресурс]. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
7. О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в части государственной регистрации прав и государственного кадастрового учета объектов недвижимости : федеральный закон от 23.07.2013 № 250-ФЗ [Электронный ресурс]. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
8. Особенности подготовки документов, необходимых для осуществления государственного кадастрового учета многоконтурных земельных участков, осуществления такого учета и предоставления сведений государственного кадастра недвижимости о многоконтурных земельных участках : письмо от 22 декабря 2009 г. № 22409-ИМ/Д23 [Электронный ресурс]. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

9. Антонович К. М., Москвин В. Н., Ключниченко В. Н. К вопросу о многоконтурных земельных участках // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2013. – С. 130–132.
10. Ожегов С. И., Шведова Н. Ю. Толковый словарь русского языка. – 2-е изд. испр. и доп. – М. : АЗЪ, 1994. – 928 с.
11. ГОСТ 22268-76. Геодезия. Термины и определения. – М. : Государственный комитет стандартов Совета Министров СССР от 21 декабря 1976 года № 2791. – 15 с.
12. Алакоз В. В. Государственный кадастр недвижимости – основные проблемы и перспективы развития [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.racz.ru/gkn_probl.html
13. Гражданский кодекс Российской Федерации. Ч. 1. – Новосибирск : Сиб. университетское изд-во, 2013. – 473 с.
14. О государственной регистрации недвижимости : федеральный закон от 13 июля 2015 г. № 218-ФЗ [Электронный ресурс]. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
15. О государственной регистрации прав на недвижимое имущество и сделок с ним : федеральный закон от 21.07.1997 № 122-ФЗ (ред. от 21.12.2013) [Электронный ресурс]. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
16. Simpson, S. Land Law and Registration. Retrieved from: <http://www.landadmin.co.uk/LandLawRegistration.htm>

Получено 22.06.2016

© В. Н. Ключниченко, Н. В. Каверин, 2016

FEATURES OF CADASTRAL REGISTRATION MULTI-LOOP LAND

Viktor N. Klyushnichenko

Siberian State University Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10. Plakhotnogo St., Ph.D., Associate Professor, Department of Cadastre and Territorial Planning, tel. (913)450-94-57, e-mail: kimirs@yandex.ru

Nikolay V. Kaverin

Siberian State University Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10. Plakhotnogo St., Ph. D. student, tel. (923)157-17-56, e-mail: nvkaverin@mail.ru

According to Art. 11.9 of the Land Code, land must not cross the boundaries of municipalities, towns and regional areas. However, in the Russian Federation border are different kinds of objects, area or length of which violate the specified requirements of the Land Code. Such land formerly known as uniform land use, but at the moment they got a new name - multiloop land.

According to the requirements of Russian legislation and the order of the Ministry of Economic Development number 412 for each land boundary plan prepared by one. However, such land, as a rule, are located within the boundaries of one cadastral quarter. However, compliance with this requirement is impossible for state cadastral registration of land plots occupied by areal or linear objects of considerable size.

Addressing topographic surveys of the above objects, according to the order of the Ministry of economic development of the number 144, is carried out in the conventional cadastral quarter, the boundaries of which may coincide with the boundaries of several cadastral districts or cadastral districts. The process of preparation of survey plans for the said land is identified with the process of formation of survey plans in the conventional plots.

This article provides the rationale for the preparation of materials for state cadastral registration of land plots meshed in each subject of the federation, because for one cadastral engineer is al-

most impossible. In addition, in each subject of the Federation established its own system of coordinates, which requires additional work on the docking facility in the areas of overlap.

Key words: land, common land, multicontour land adjacent to land, cadastral registration, methods for the formation of land cadastral works, survey plans.

REFERENCES

1. Federal Law of July 24, 2007 No 221-FZ. *O gosudarstvennom kadastre nedvizhimosti [On state real estate cadastre]*. Retrieved from ConsultantPlus database [in Russian].
2. Kiselev, S. (n. d.). *Chto skryvaetsya za "mnogokonturnymi zemel'nyimi uchastkami" [What is behind the "multiple-circuit land"]*. Retrieved from <http://www.yandex.ru/> [in Russian].
3. Letter of the Ministry of Economic Development RF of October 17, 2011 No 22780-IM/D23. *O vnesenii izmeneniy v otdel'nye zakonodatel'nye akty Rossiyskoy Federatsii v chasti gosudarstvennoy registratsii prav i gosudarstvennogo kadaastrovogo ucheta ob"ektov nedvizhimosti [About the state cadastral registration of land plots occupied by pylons]*. Retrieved from ConsultantPlus online database [in Russian].
4. Zharnikov, V. B., & Bocharova, A. A. (2012). Basic indicators of rational use of forest land. *Vestnik SSGA [Vestnik SSGA]*, 4(20), 80–86 [in Russian].
5. Letter of the Ministry of Economic Development RF of January 16, 2009 No 266-MI/D23. *O mnogokonturnykh zemel'nykh uchastkakh [On multiple-plots]*. Retrieved from online ConsultantPlus database [in Russian].
6. *Zemel'nyy kodeks Rossiyskoy Federatsii [Land Code of the Russian Federation]*. (2014). Novosibirsk: Siberian University Publ. [in Russian].
7. Federal Law of July 23, 2013 No 250-FZ. *O vnesenii izmeneniy v otdel'nye zakonodatel'nye akty Rossiyskoy Federatsii v chasti gosudarstvennoy registratsii prav i gosudarstvennogo kadaastrovogo ucheta ob"ektov nedvizhimostii [On amendments to certain legislative acts of the Russian Federation regarding the state registration of rights and state cadastral registration of real estate]*. Retrieved from ConsultantPlus online database [in Russian].
8. Letter of the Ministry of Economic Development RF of December 22, 2009 No 22409-IM/D23. *Osobennosti podgotovki dokumentov, neobkhodimyykh dlya osushchestvleniya gosudarstvennogo kadaastrovogo ucheta mnogokonturnykh zemel'nykh uchastkov, osushchestvleniya takogo ucheta i predostavleniya svedeniy gosudarstvennogo kadastra nedvizhimosti o mnogokonturnykh zemel'nykh uchastkakh [Features of preparation of documents necessary for the implementation of state cadastral registration of multiple-land, the implementation of the accounting and state real estate cadastre information about multiple-plots]*. Retrieved from ConsultantPlus online database [in Russian].
9. Antonovich, K. M., Moskvina, V. N., & Klyushnichenko, V. N. (2013). On the issue of multiple-land. *Izvestiya Vuzov. Geodeziya i Aerofotos"emka [Izvestiya Vuzov. Geodesy and Aerophotography]*, 4/S, 130–132 [in Russian].
10. Ozhegov, S. I., & Shvedova, N. Y. (1994). *Tolkovyy slovar' russkogo yazyka [Dictionary of Russian language]* (2nd ed.). Moscow: AZ"" [in Russian].
11. Standarts SSSR. (December 21, 1976). *GOST 22268-76. Geodeziya. Terminy i opredeleniya [GOST 22268-76. Geodesy. Terms and Definitions]*, No 2791. Moscow: Council of Ministers of the Standards [in Russian].
12. Alakoz, V. V. (n. d.). *State cadastre of real estate - the main problems and prospects of development [Gosudarstvennyy kadastr nedvizhimosti – osnovnye problemy i perspektivy razvitiya]*. Retrieved from http://www.racz.ru/gkn_probl.html.
13. *Grazhdanskiy kodeks Rossiyskoy Federatsii [Civil Code of the Russian Federation]*. (2013). Novosibirsk: Siberian University Publ. [in Russian].

14. Federal Law of July 13, 2015 No 218-FZ. *O gosudarstvennoy registratsii nedvizhimost [On state registration of real estate]*. Retrieved from ConsultantPlus online database [in Russian].

15. Federal Law of June 23, 2014 No 171-FZ (ed. December 29, 2015). *O gosudarstvennoy registratsii prav na nedvizhimoe imushchestvo i sdelok s nim [On state registration of rights to immovable property and transactions with it]*. Retrieved from ConsultantPlus online database [in Russian].

16. Simpson, S. (n. d.). *Land Law and Registration*. Retrieved from: <http://www.landadmin.co.uk/LandLawRegistration.htm>.

Received 22.06.2016

© V. N. Klyushnichenko, N. V. Kaverin, 2016

УДК 332.2 : 332.3

МЕТОД АНАЛИЗА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ (НА ПРИМЕРЕ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ)

Михаил Абрамович Креймер

ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Пархоменко, 7, кандидат экономических наук, ведущий научный сотрудник научного отдела, тел. (383)343-34-01, e-mail: m.kreimer@ya.ru

Актуальность темы публикации продиктована тем, что в новых градостроительных условиях с 2004 года об эффективности территориального планирования стали задумываться с 2013 года после принятия методических рекомендаций по разработке схем. Поэтому в eLIBRARY.RU (РИНЦ) нет зарегистрированных публикаций об экономической эффективности территориального планирования. Строительство является экономически затратным, т. е. сверхпроектным и необходимым как биогеохимическая деятельность. Для проведения оценки обоснованы материалы и методы, приведены результаты анализа и их обсуждение. Дан пример анализа эффективности территориального планирования в Новосибирской области. Аргументированы выводы о роли территориального планирования для преодоления географического детерминизма и построения экологического каркаса на основе категорий землепользования. Социальный каркас возможен в каждом отдельно взятом районе, а на всей территории субъекта Федерации, без выделения других уровней управления – экономический каркас.

Ключевые слова: схема территориального планирования, экономическая эффективность, разрез, каркас, субъект Федерации, бюджет, качество среды обитания, географический детерминизм.

Актуальность

В качестве теоретической основы можно рассматривать работы о социально-экономической эффективности новой техники [1] и природоохранных мероприятий [2] в связи с природообразовательными проектами в СССР. Е. Г. Ясин указывал на отсутствие сбалансированности и низкую эффективность в хозяйственной системе СССР в обосновании радикальных реформ [3, с. 176]. А. И. Ноткин уже в 1953 г. писал: «Существует большая неясность по вопросу о том, что такое экономическая эффективность капитальных вложений при социализме» [4, с. 5]. На такой теоретической основе в РФ стали заниматься инвестиционной деятельностью и территориальным планированием. Среди лауреатов Нобелевской премии Морисом Алле рассмотрены условия эффективности в экономике. В 11 главе им приводится следующее значение теории максимальной эффективности: «... как состояния, при котором индекс предпочтения какого-либо центра принятия решений максимален при данной величине остальных индексов, является общим, независимо от параметров экономического, социального или политического порядка, вводимых в функции предпочтения» [5, с. 183–184].

До принятия действующей редакции Градостроительного кодекса РФ от 29.12.2004 № 190-ФЗ, в ред. от 30.12.2015¹ (далее по тексту – ГрК190), определившего приоритеты территориального планирования (далее по тексту – ТП), инвестиционная деятельность осуществлялась в интересах капитального строительства и достижения экономических результатов, которые оценивались по следующим нормативно-методическим документам:

– О порядке проведения проверки инвестиционных проектов на предмет эффективности использования средств федерального бюджета, направляемых на капитальные вложения. Постановление Правительства РФ от 12.08.2008 № 590 (ред. от 25.09.2014);

– Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов. Утверждены Министерством экономики РФ, Министерством финансов РФ, Государственным комитетом РФ по строительной, архитектурной и жилищной политике № ВК 477 от 21.06.1999 г.;

– Об утверждении Методики расчета показателей и применения критериев эффективности региональных инвестиционных проектов, претендующих на получение государственной поддержки за счет бюджетных ассигнований Инвестиционного фонда Российской Федерации. Приказ Министерства регионального развития РФ от 30 октября 2009 г. № 493.

С учетом экономических условий реализации проекта под эффективностью инвестиционного проекта понималась категория, «отражающая соответствие проекта целям и интересам участников проекта». Определяющим в оценке по методическим рекомендациям от 21.06.1999 № ВК 477 является «Финансовая реализуемость инвестиционного проекта – обеспечение такой структуры денежных потоков, при которой на каждом шаге расчета имеется достаточное количество денег для осуществления проекта...». Эти цели могут быть нарушены при несовпадении инвестиционного процесса с требованиями ГрК190.

Территориальное планирование, включающее зонирование, планировку, проектирование, в совокупности со строительством (ремонт, реконструкцией) зданий и сооружений относится к градостроительной деятельности (ст. 1, п. 1 ГрК190). В интересах оценки экономической эффективности деятельности человека (общества) на территории необходимо рассматривать градостроительную деятельность как некоторую часть (долю, звено) биогеохимической функции человека. Только такое определение приближает к пониманию устойчивого развития (ст. 1, п. 3, ГрК190) и необходимости капитальных вложений (ст. 1, пп. 10, 13, 14 и 14.2, ГрК190). Если бы развитие территории не сопровождалось созданием зон «с особыми условиями использования территорий ...» (ст. 1, п. 4; ст. 10, п. 5; ст. 14, п. 4, ГрК190), то градостроительная деятельность не нуждалась бы в ориентации на экономические интересы государства и представление их в виде трех схем ТП.

¹ Все нормативно-правовые документы, использованные на момент написания статьи, взяты из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

Развитие территории осуществляется в целях получения прибыли посредством размещения капитала или капитализации экономических отношений. При этом бюджетный процесс приводит к социальному результату в основном для населения, а финансовый (банковский) процесс через кредиты приводит к получению ссудного процента. Инвестиции могут быть прибыльными, с учетом обстоятельств времени, или убыточными с потерей инвестиционного капитала. При этом обязательная подготовка документов градостроительной деятельности (ст. 9, ГрК190) остается выгодной, тем более, если она осуществляется за счет бюджетных ассигнований (ст. 1, п. 16; ст. 9, п. 5; ст. 26, ГрК190).

Анализ экономической эффективности ТП направлен на оценку условий достижения проектных решений в инвестиционной деятельности, предусмотренной Федеральными законами «Об инвестиционной деятельности в РСФСР». (Закон РСФСР от 26.06.1991 № 1488-1 в ред. от 19.07.2011 г. и «Об инвестиционной деятельности в Российской Федерации, осуществляемой в форме капитальных вложений».) Федеральный закон от 25.02.1999 № 39-ФЗ в ред. от 28.12.2013 г.: «Инвестиционная деятельность – это вложение инвестиций, или инвестирование, и совокупность практических действий по реализации инвестиций» (ст. 1, ФЗ № 1488-1), которую обязаны осуществлять в соответствии с градостроительными документами. Федеральные законы и принимаемые в соответствии с ними иные нормативные правовые акты, а также нормативные правовые акты субъектов РФ и муниципальные правовые акты «содержащие нормы, регулирующие отношения в области градостроительной деятельности, не могут противоречить» Градостроительному кодексу (ст. 3, ГрК190).

Жизнь человека в своей элементной основе состоит из потребления различных химических элементов в интересах метаболизма организма и построения производительных сил государства. В. И. Вернадский в истории минералов земной коры выделял три рода миграции химических элементов: «1-го рода – для микроскопических одноклеточных и микробов ... биогенную миграцию атомов 2-го рода – для многоклеточных» [6, с. 279] и «психозойскую эру, когда человек овладел новой биогенной миграцией атомов 3-го, идущей под влиянием его жизни, воли и разума в окружающей среде» [6, с. 280]. Капитальные вложения преимущественно направляются на добычу полезных ископаемых, строительство производственных объектов для получения полезной продукции и товаров с новыми потребительскими свойствами. Наряду с развитой социальной и производственной инфраструктурой они способны сделать инвестиции рентабельными.

Миграция атомов, сведенная в пять биогеохимических функций, по В. И. Вернадскому [6, с. 253–254], создает единые методологические основы для построения устойчивого развития. Внешние средовые (I. газовые, II. концентрационные, III. окислительно-восстановительные) функции и внутренние (IV. биохимические) функции организма не должны быть ограничены (изменены, искажены) V. биогеохимической функцией человека. В этой классификации отражаются интересы семи категорий землепользования и принципы законода-

тельства о градостроительной деятельности (ст. 2, ГрК190): обеспечение устойчивого развития, требований охраны окружающей среды и экологической безопасности; обеспечение сбалансированного учета всех факторов при осуществлении градостроительной деятельности, интересы инвалидов, ответственность трех уровней власти за обеспечение благоприятных условий жизнедеятельности человека.

В. И. Вернадский предложил «естественную» геохимическую классификацию химических элементов в земной коре [7, с. 39], которая объясняет формирование различных общественно-экономических формаций по добыче определенных природных ресурсов и может служить моделью прогнозирования капитальных вложений. Циклические химические элементы (2×10^{19} тонн в земной коре) включают наибольшее число ресурсных моделей природопользования с различной экономической эффективностью общественного труда. Расслоение и неоднородность государств приводит к торговле и доминированию финансовых институтов над ресурсными циклами с использованием благородных металлов (10^{12}). Эти противоречия актуализируют добычу и применение других групп химических элементов в интересах прогресса и обороны, по В. И. Вернадскому – это рассеянные (10^{16}), радиоактивные (10^{15}) и элементы редких земель (10^{16}). Освоение всех химических элементов земной коры, как предусмотрено эволюцией живого, в результате биогеохимической деятельности человека (V) составляет основу технологических укладов цивилизации.

Капитальные вложения – это создание научно-технических и социально-экономических условий для добычи и использования нового сырья в технологиях, материалах и продукции, обеспечивающих прогрессивные инженерные возможности и длительный срок их эксплуатации. Также происходит увеличение добычи и применения благородных (инертных) газов (10^{14}).

Рост и развитие популяции людей, как параметры устойчивого развития, достигаются за счет использования новых химических элементов и создания на их основе продуктов с лучшими потребительскими свойствами. Увеличение срока использования средств производства, средств труда и предметов быта приводит к экономии финансовых средств для будущих поколений и расширению границ социальной жизни. Таким образом у будущих поколений создаются предпосылки создавать прибавочный продукт, а у государства – отторгать его в виде прибавочной стоимости, не нарушая условия экономического воспроизводства. Однако между настоящим и будущим не отрегулированы механизмы управления финансами, которые всегда являются едиными, несчетными и дефицитными. В текущее время всегда есть соблазн достичь большего за счет прошлых вложений в человеческий капитал и капитальное строительство.

В приведенных градостроительных и инвестиционных федеральных законах не рассматриваются сущности получения дохода, материального (духовного) блага, являющиеся носителем прибавочной стоимости, в которой заинтересованы потребители (покупатели), как меновой стоимости. Только в такой товарной последовательности «возникает» прибыль и условия рентабельности

инвестирования. Поэтому в основной части статьи приведены материал и методы, используемые при установлении роли ТП в формировании товарной последовательности от дохода до прибавочной стоимости. По результатам дискуссии устанавливаются факторы, снижающие экономическую эффективность, но создающие социально-гигиенический эффект здоровой среды обитания. Возможности самозащиты экологии, как окружающей среды, безразмерны и едва ли могут быть оценены в интересах профилактики риска техногенных и природных катастроф [8, 9].

1. Материалы и методы

1.1. Для анализа экономической эффективности ТП субъекта Федерации использовались следующие статистические и периодические данные: Бюллетень «Основные статистические показатели по 490 муниципальным образованиям Новосибирской области», подготовленный отделом государственной статистики в г. Новосибирске; Статистические материалы Министерства здравоохранения Новосибирской области; Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Новосибирской области в 2014 году»; Доклад о состоянии и использовании земель Новосибирской области в 2013 г.; Нормативная цена за квадратный метр земельных участков в составе земель сельскохозяйственного назначения на территории Новосибирской области, утверждена постановлением Правительства Новосибирской области от 18.11.2014 № 449-п; Стратегия социально-экономического развития Новосибирской области на период до 2015 г., утверждена постановлением Губернатора Новосибирской области от 03.12.2007 № 474; Отчет исполнения консолидированного бюджета Новосибирской 2014 г. В приведенных документах частично представлены данные для расчета национального рейтинга состояния инвестиционного климата в субъектах РФ (Распоряжение Правительства РФ от 11.04.2016 № 642-р).

По этим планам и отчетам, оценкам и прогнозам была составлена база данных в разрезе административно-территориального деления Новосибирской области (далее по тексту – НСО). Такое построение базы данных не противоречит пункту 1.4. «Исходные данные и материалы для подготовки проекта», приведенные в «Методических рекомендациях по подготовке проектов схем территориального планирования субъектов РФ», приказ Минрегиона России от 19.04.2013 № 169 (далее по тексту МР169).

1.2. Целью настоящих исследований является изучение (постижение) методов, на основании которых достигается выполнение пункта МР169: «1.2.1. Подготовка документов территориального планирования субъектов Российской Федерации осуществляется на основании стратегий и программ социально-экономического развития субъектов Российской Федерации, на основе решений органов государственной власти и иных главных распорядителей средств бюджетов, предусматривающих создание объектов регионального значения, с уче-

том других программ, реализуемых за счет бюджетных средств. Подготовка указанных документов территориального планирования осуществляется также на основании стратегий и программ развития отдельных отраслей экономики, инвестиционных программ субъектов естественных монополий». Важность создания методологии подтверждается замечанием в МР169 п. «2.1. Этапы подготовки Концепции: в Градостроительном кодексе Российской Федерации отсутствуют научно-исследовательские работы в области территориального планирования. Однако научно-исследовательский блок в составе проекта Схемы территориального планирования либо самостоятельная научно-исследовательская работа («Концепция пространственной организации территории»), предваряющая подготовку Схемы, целесообразна, особенно в случае отсутствия Схем развития и размещения производительных сил субъекта РФ».

1.3. Объект и предмет исследования сосредотачивается в Схемах ТП (федерального, субъектов Федерации и на муниципальном уровне), которые «... являются инструментами реализации документов стратегического социально-экономического развития субъектов Российской Федерации и разрабатываются в целях устойчивого развития территорий субъектов Российской Федерации путем развития инженерной, транспортной, социальной инфраструктур, обеспечения безопасных и благоприятных условий жизнедеятельности человека, охраны и рационального использования природных ресурсов в интересах настоящего и будущих поколений» (п. 1.2.4 МР169). Приведенные положения касаются науки о капитальном строительстве и эффективности капитальных вложений, широко использовавшейся в СССР, проводившей грандиозные новостройки по освоению ресурсов и простор страны. К сожалению, капитальное строительство на 20-летнюю перспективу уменьшает финансовые средства на эксплуатационные расходы и приводит к снижению эффективности бюджетного процесса в ежегодной экономической и социальной жизни общества. Экономическое и социальное развитие с использованием Схем ТП без учета научно-практического опыта истории родины, в которой природно-климатические условия остаются неизменными, может привести к нерациональному природопользованию и не окупаемым инвестиционным проектам.

1.4. Для анализа и оценки современного состояния и использования территории, в разделе 2.2 рассматриваемых МР169 предлагается 7 пунктов, которые частично учитывают виды работ по охране и рациональному использованию территории и ресурсов, определяемые российскими кодексами и федеральными законами. При разработке документов территориального и экономического планирования необходимо использовать те документы, в которых отражена сложившаяся эффективная практика, контролируемая надзорными органами.

1.4.1. Разработка интегральных карт, как предусмотрено в п. 2.2.2 МР169, отражающих наложение всех категорий землепользования с образованием «... территорий, подверженных риску возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, территорий, подверженных затоплению, зон с особыми условиями использования территории, территорий с особым приро-

доохранном режиме ...», имеет несовершенное методическое сопровождение, а именно: а) отличается от географических (преимущественно рельефных) карт; б) дает новые представления о немасштабных биогеохимических закономерностях, отличающихся от тематических карт; в) не используется при ведении экологического, социально-гигиенического и других видов мониторинга. Интегральная карта является документом, содержащим прогноз, который нуждается в подтверждении и мониторинге возникающих изменений, образуемых природными процессами и природопользованием. Регистрируемые колебания могут быть предметом кадастровой оценки в единицах, благодаря которым можно определять компенсационные издержки общества и расходы на создание экологических средств труда.

1.4.2. Кадастр, как геодезическая сеть, не связанный с природно-климатическими закономерностями и природопользованием, в понимании пятой биогеохимической функции, не может иметь стоимостной оценки. Декуманус максимум и кардо максимум не способствовали экономической стабилизации, а, возможно, ускорили политические преобразования в Римской империи, на основании сведений кадастра. Владение недвижимостью скоротечно и возможно, если есть финансовые средства на поддержание этого имущества в надлежащем состоянии.

У человека на руках может быть столько денег, сколько ему необходимо для обмена с другими производителями товаров и услуг. Понимание стоимости ближе к труду человека, средствам производства и средствам труда. Экологические средства труда – это вода и воздух, которые участвуют в технологических процессах и в этой части ограничивают другие виды деятельности на рассматриваемой территории. Пятая биогеохимическая функция является планетарной, а не экономической, но формирует имущественные интересы, которую можно облагать налогами. Таким образом, формируется судьба земли (юридическое понятие из римского права), как пятая «наследуемая и историческая» функция, регулирующая социально-экономическое расслоение общества.

1.4.3. Для оценки состояния природно-ресурсного комплекса (п. 2.2.6 МР169) и территорий, ценных в экологическом аспекте (п. 2.2.7. МР169), необходимы критерии. О критериях в содержательном смысле приведено в п. 4.8.3: «.. устойчивое развитие территории должно базироваться на критериях устойчивого развития территории ... » в развитии статьи 4 Градостроительного кодекса и 4.8.5 «Критериями оптимальности выбранного варианта размещения объекта регионального значения являются: не противоречие формируемому планировочному каркасу планируемой территории, соблюдение принципов устойчивого развития территории и положительное влияние объекта на комплексное развитие территории субъекта Российской Федерации» МР169. Устойчивое развитие территории в Градостроительном кодексе, как понятие, дается в ст. 1, и в принципах законодательства о градостроительной деятельности (ст. 2, ГрК190), а сфера применения – в статьях: общие положения о документах ТП (ст. 9, ГрК190), совместная подготовка проектов документов ТП (ст. 27

ГрК190), правила землепользования и застройки (ст. 30, ГрК190), назначение и виды документации по планировке территории (ст. 41, ГрК190).

1.4.4. Главное направление развития Схемы ТП (п. 2.3 МР169) «... обеспечивается формированием системы каркасов территории на основе сбалансированного учета фундаментальных внешних условий и ограничений развития территории: ...» (п. 2.3.6 МР169). Предлагаемая характеристика экономического каркаса в МР169 п.п. 2.3.6–2.3.9 и 4.5.5 содержит некоторые элементы отраслевого разреза народнохозяйственного плана, принятого в СССР, как средства производства. Предлагаемая характеристика социального каркаса в МР169 п. 2.3.6–2.3.7 и 4.5.6 также содержит некоторые элементы территориального разреза народнохозяйственного плана, принятого в СССР, как средства труда. Предлагаемая характеристика экологического каркаса в МР169 п. 2.3.6, 2.3.7, 2.3.9, 4.5.4, 4.5.7 и 4.7.2 содержит некоторые элементы экологического разреза народнохозяйственного плана, который стал формироваться в СССР как совокупность мер по охране природы и рациональному использованию природных ресурсов.

1.4.5. Выбор ключевого понятия между разрезом или каркасом необходимо осуществлять с учетом практики ГОЭЛРО (далее – Государственным плановым комитетом СССР), сформировавшим народнохозяйственные разрезы, и содержанием геоэкологического подхода в природопользовании. Посредством разрезов планировалась народнохозяйственная деятельность в интересах непродуцирующей территориальной экономики и охраны окружающей среды. О достижениях такого метода управления можно судить по оценке деятельности Госплана СССР и принимаемых мерах Центрального комитета КПСС и Совета Министров СССР. Именно к началу перестройки в СССР Госплан СССР и союзных республик проводили весь научный прогноз т. е. территориальное социально-экономическое планирование. Народнохозяйственные разрезы, осуществляемые Госпланом, имели правоприменительную практику и способствовали проведению единой государственной политики, в отличие от каркасов, которые играют роль только в территориальном планировании [10].

1.5. Каркасы или народнохозяйственные разрезы, отнесенные к категориям землепользования, формируют основу для нормирования в области охраны окружающей среды (глава V Федерального закона об охране окружающей среды от 10.01.2002, № 7-ФЗ, в ред. от 29.12.2015). Государственное регулирование воздействия хозяйственной деятельности, допустимое в пределах земель промышленности и сельскохозяйственного назначения (экономический каркас) в виде нормативов допустимых выбросов и сбросов веществ и микроорганизмов, образования отходов производства и потребления и лимитов на их размещение, допустимых физических воздействий (количество тепла, уровни шума, вибрации, ионизирующего излучения, напряженности электромагнитных полей и иных физических воздействий), допустимого изъятия компонентов природной среды, допустимой антропогенной нагрузки на окружающую среду (ст. 22, 7-ФЗ) направлено на охрану окружающей среды, представленной в виде особо

охраняемых природных территорий и земель водного и лесного фонда (экологический каркас). Нормирование допустимого воздействия на землях населенных пунктов (социальный каркас) достигается на основе санитарно-эпидемиологического нормирования [11].

2. Результаты и обсуждение

2.1. В качестве результатов исследования и обсуждения выступают оценки модели экономического и социального развития субъекта Федерации, которая строится по следующим нормативно-методическим документам, достигшим определенной зрелости к 2016 г.:

– Об административно-территориальном устройстве Новосибирской области. Закон Новосибирской области от 16.03.2006 № 4-ОЗ в ред. на 10.12.2012 г.;

– Положение о комиссии по подготовке проектов правил землепользования и застройки поселений, входящих в состав Новосибирской агломерации Новосибирской области. Утверждено приказом Министерства строительства Новосибирской области 14.03.2016 г., № 55;

– Закон Новосибирской области от 18.12.2015 № 24-ОЗ «О планировании социально-экономического развития Новосибирской области» (принят постановлением Законодательного Собрания Новосибирской области от 17.12.2015 № 24-ЗС;

– Закон Новосибирской области «О бюджетном процессе в Новосибирской области» от 07.10.2011 № 112-ОЗ (с изменениями на 18.12.2015);

– Постановление Правительства Новосибирской области от 15.12.2015 № 449-п «О государственной программе Новосибирской области "Развитие институтов региональной политики Новосибирской области на 2016–2021 годы"»;

– О Порядке принятия решений о разработке государственных программ Новосибирской области, а также формирования и реализации указанных программ. Правительство Новосибирской области, Постановление от 28.03.2014 № 125-п (с изменениями на 07.12.2015);

– Закон Новосибирской области «О регулировании градостроительной деятельности в Новосибирской области» от 27.04.2010 № 481-ОЗ (с изменениями на 31.03.2015).

Приведенные основные законы НСО только в пространственной специализации и временной очередности могут привести к декларируемым результатам устойчивого развития популяции людей. Такая устойчивость обеспечивается за счет сукцессий, масштабы которых в пространстве и времени скорее всего останутся неизвестными [12]. Любая убедительная аргументация в интересах одного нормативно-методического документа приводит к дисбалансу и невыполнению общей цели. Доказательством правомерности таких рассуждений являются финансовые кризисы в государстве.

2.2. Результаты анализа и обсуждение должны быть привязаны к принятой в РФ классификации среды обитания человека: а) федеративное устройство

(Конституция РФ), б) категории землепользования (Земельный кодекс), в) административно-территориальное устройство субъекта Федерации (например, закон НСО), г) территориальные и функциональные зоны (Градостроительный кодекс, Федеральный закон о санитарно-эпидемиологическом благополучии населения). В настоящее время, помимо принятой в РФ территориальной классификации, в качестве достижения быстрого успеха предлагаются экономические классификации и создание на их основе: i) особых экономических зон (2005, 116-ФЗ), ii) технопарков в сфере высоких технологий (Распоряжение Правительства РФ, 2006, 328-р), iii) зон территориального развития (2011, 392-ФЗ), iv) территорий опережающего социально-экономического развития (2014, 473-ФЗ), v) агломераций (Концепция социально-экономического развития Ленинградской области на период до 2025 года. Областной закон, 2013, 45-оз) и Схема территориального планирования (Постановление Правительства Новосибирской области, 2014, 186-п) vi) промышленных кластеров и специализированных организаций промышленных кластеров (Постановление Правительства РФ, 2015, 779, vii) стратегий развития макрорегионов (Постановление Правительства РФ, 2015, 822). Адресное финансирование и благоприятный налоговый режим вносят неоднородность в статистическую совокупность, приводящую к асимметричности распределения изучаемых признаков. Такая социально-экономическая статистика ограничивает применение математико-статистических методов анализа, т. е. установления фундаментальных закономерностей как физических процессов. Приведенные суб- и гипернадстройки в административно-территориальном устройстве нарушают эффективность государственного планирования и управления; приводят к искажению (смещению) показателей государственной статистической отчетности. Как правило, крупные политические события приводили к новому укладу административно-территориального деления, являющегося средним выбором из большого числа моделей районирования страны. Происходит поиск фрактальной меры, являющейся настолько универсальной, что, благодаря ей, принятое районирование (кластеризация, зонирование) приводит к точному воздействию норм права, а финансовое воздействие (налоги и субсидии) не разрушает градостроительный участок.

2.3. На землях населенных пунктов применяются различные классификации поселений. Это нарушает сопоставимость результатов проектирования, управления и построения аналитических выводов. Так, на территории НСО выделяют 13 типов поселений. Больше всего населения (71 %) проживает в городских округах (Новосибирск, Бердск, Обь). В то же время поселения, отнесенные к равнозначным по социально-экономической деятельности (деревни, поселки и села), составляют 92 % с общей численностью 569 771 человек (21 %). На территории НСО имеются 52 поселения (станция, железнодорожная станция, железнодорожный разъезд, разъезд), в которых 21 486 человек обслуживают транспортную деятельность.

Система административно-территориального устройства НСО строится на основе категорий (городские и сельские) и видов населенных пунктов, предусмотренных в ст. 5 Закона Новосибирской области (от 16.03.2006 № 4-ОЗ в ред. на 10.12.2012). Для видов выделяют города областного и районного значения, поселки городского типа (рабочие, дачные, курортные поселки); среди сельских населенных пунктов – поселки, деревни, села и иное. Помимо численности и исторически сложившейся хозяйственной деятельности муниципальные образования наделены следующим статусом: сельского поселения, городского поселения, муниципального района или городского округа. Административно-территориальное устройство является системой функционирования «органов государственной власти и органов местного самоуправления», в которой населенный пункт предназначен для организации жизнедеятельности населения. Далее используется классификация и деление на районы области, как часть области, объединяющая экономические интересы населенных пунктов.

Для реализации «каркасного принципа» административно-территориальное деление субъекта Федерации должно строиться на основе обеспечения выполнения законодательных норм о категориях землепользования. К сожалению, в Схеме ТП не обсуждаются участки образования прибавочной стоимости, скорее всего они могут располагаться на землях населенных пунктов.

2.4. Используемые в Схеме ТП показатели приведены в единицах измерения метрической системы, принятой в Постановлении Правительства РФ от 31.10.2009 № 879. Такое метрологическое положение важно для установления и понимания закономерностей на физическом уровне. Показатели в метрической системе единиц эквивалентны и в совокупности сводимы к системе координат «пространство и время», т. е. сводимы к биогеохимической функции. При управлении экономическими и социальными процессами на основе материальных процессов вещества и энергии важно, чтобы они были пропорциональны (соразмерны, метрологически эквиваленты) стоимости труда и здоровью человека. Отсутствие здоровья исключает человека из списка экономически активного населения. Трудовая теория стоимости является базовой в формировании основных финансовых потоков и развития теории предельной полезности, теории издержек и информационной теории стоимости. Градостроительный успех может быть масштабным, а экономически – не выразительным, т. е. не содержать условия образования прибавочной стоимости.

2.5. Экономический каркас. Площадь НСО составляет $1,8 \times 10^{11} \text{ м}^2$. Экономический каркас формируют земли промышленности, энергетики, транспорта, связи, радиовещания, телевидения, информатики, земли для обеспечения космической деятельности, земли обороны, безопасности и земли иного специального назначения ($1,2 \times 10^9 \text{ м}^2$) и земли сельскохозяйственного назначения ($1,1 \times 10^{11} \text{ м}^2$). В общем балансе природопользования земли промышленности ... не превышают 0,7 %, а земли сельскохозяйственного назначения занимают 2/3 площадей НСО.

2.5.1. Экономический каркас формируется на основе пятой биогеохимической функции и включает следующие характеристики сукцессии [13, табл. 3]. Развитие и эволюция носят исторический и неравномерный характер по отдельным административно-территориальным образованиям. Поток энергии возрастающий, не всегда пропорциональный интересам человека и окружающей среды. Помимо пищевых цепей, создаются ресурсные, технологические, производственно-экономические и финансовые. Структура пространственно-временного разнообразия складывается интенсификацией естественного плодородия за счет монокультур и технологий планетарного, клеточного и атомарного масштаба. Круговороты питательных элементов увеличивают миграции атомов 1-го рода созданием техногенных ресурсных циклов и миграцией атомов 3-го рода. Для управления применяются технико-экономические критерии. Упорядоченность процесса развития связана с изменениями в технологии и видах перевода энергии из одних форм в другие (атом, химия, механика). Для контроля экономического каркаса сукцессии применяется показатель валового внутреннего продукта. Критерием стабилизации экономического каркаса сукцессии выступает производительность труда.

2.5.2. Пятую биогеохимическую функцию характеризуют следующие экономические показатели. Численность населения, с учетом миграции, в том числе по полу и возрасту, т. е. экономически активное. Численность работников на конец года и средняя за год. Средняя численность работников и фонд начисленной заработной платы за год по отраслям. Отгружено товаров, выполнено услуг собственными силами по фактическим видам деятельности. Число хозяйств по экономическим видам деятельности, включая характеристику производственных мощностей, сельскохозяйственных площадей, постоянных и временных работников. Валовый сбор и урожайность зерновых и зернобобовых сельхозкультур. Инвестиции в основной капитал, в том числе по отраслям. Финансовый результат и выручка. Налоги на прибыль, товары, работы и услуги. Налог на имущество и доходы физических лиц. Платежи за пользование природными ресурсами и негативное воздействие на окружающую среду. Из консолидированного бюджета субъекта РФ и территориального государственного внебюджетного фонда финансируется национальная экономика.

2.5.3. Экономический каркас формируется за счет инвестиционной деятельности по причине неравномерности распространения полезных ископаемых и природных ресурсов для осуществления производственной деятельности. Отношения по выравниванию экономических различий достигаются на основании стоимости, из которой посредством выделения меновой стоимости можно получать прибавочную стоимость, оставляя человеку вознаграждение за труд. «Заработная плата (оплата труда работника) – вознаграждение за труд в зависимости от квалификации работника, сложности, количества, качества и условий выполняемой работы ..., компенсационные ... стимулирующие выплаты ...» (ст. 129 Трудового кодекса РФ от 30.12.2001, № 197-ФЗ на 30.12.2015).

В рыночной экономике следует руководствоваться нулевой гипотезой между ресурсами производства и прибылью от реализации при изучении статистической закономерности. Альтернативная гипотеза позволяет руководствоваться математико-статистической закономерностью о действии плановой и регулируемой экономики.

2.6. Социальный каркас. Социальный каркас формируют земли населенных пунктов ($2,7 \times 10^9 \text{ м}^2$). Таким образом, районы НСО, сельсоветы и поселения различного градостроительного деления занимают 1,5 % от общей площади. Градостроительные регламенты 249 744 земельных участков в 31 населенном пункте НСО должны соответствовать санитарно-эпидемиологическим требованиям федерального закона.

2.6.1. Социальный каркас формируется на основе первых четырех биогеохимических функций биосферы. В то же время он отличается от экологического каркаса благодаря пятой биогеохимической функции и включает следующие характеристики сукцессии [13, табл. 2]. В развитии и эволюции среды обитания человека отсутствуют модели интеграции исторического времени с геологическим. Поэтому экологические закономерности не применимы для управления в населенных пунктах. Историческое время проявляется в сохранении преемственности материальной культуры в виде выбранных моделей градостроительного устройства, духовной культуры, строительных и санитарных правил и норм. Благодаря росту энерговооруженности увеличивается миграция атомов 2-го рода для создания благоприятной среды жизнедеятельности. Поэтому поток энергии должен быть пропорционален численности населения. Пищевые цепи не замкнутые. Отходы производства и жизнедеятельности захораниваются, что влечет экономические затраты и использование территории. Структура пространственно-временного разнообразия снижается до уровня санитарно-гигиенических нормативов. Человечество постоянно изолируется как от стихийных природных бедствий, так и некомфортных, но естественных природных условий. Круговорот питательных элементов увеличивается миграцией атомов 1-го рода для расширенного воспроизводства населения. Управление осуществляется по гигиеническим и культурологическим критериям при увеличении миграции атомов 1-го и 2-го рода. Гармония между биосферой и техносферой достигается на основе санитарно-гигиенических принципов нормирования. Упорядоченность процесса социального развития достигается адаптивным поведением населения. Для контроля социального каркаса сукцессии применяются показатели здоровья при переходе от онтогенеза к филогенезу и, наоборот, при наследовании защитно-приспособительных и адаптационных свойств. Критерием стабилизации социального каркаса сукцессии выступают санитарно-гигиенические принципы гармонии между биосферой и техносферой. Социальный каркас формируется средствами труда, определяющими содержание общественно-экономической формации.

2.6.2. Пятую биогеохимическую функцию характеризуют следующие социальные показатели Демографические показатели естественного движения населения. Аборты, перинатальная и младенческая смертность. Заболеваемость, инвалидность, временная утрата трудоспособности. Заболеваемость и смертность от туберкулеза и злокачественных новообразований. Заболеваемость инфекционными и паразитарными заболеваниями. Площадь муниципальных районов, городских округов и поселений. Показатели качества среды обитания по гигиеническим нормам. Из консолидированного бюджета субъекта РФ и территориального государственного внебюджетного фонда финансируются расходы на жилищно-коммунальное хозяйство, на образование, на здравоохранение, на социальную политику.

2.6.3. Социальный каркас формируется за счет инвестиционной деятельности в освоение и развитие пространства и в человеческий капитал. Для этого наряду с территориальным планированием по ГрК190 с 2015 г. предусмотрена разработка и утверждение пространственного развития РФ, мониторинг и контроль за его реализацией. Таким образом, Постановлением Правительства РФ от 20.08.2015 № 870 произошло возвращение к разработке «предложений о совершенствовании системы расселения на территории РФ и приоритетных направлениях размещения производительных сил на территории РФ». Для будущих поколений модели расселения и размещения производительных сил формируют расходную и доходную часть бюджета.

2.7. Экологический каркас формируют земли водного фонда ($6,0 \times 10^9 \text{ м}^2$), земли лесного фонда ($4,6 \times 10^{10} \text{ м}^2$) и земли особо охраняемых территорий и объектов ($2,4 \times 10^7 \text{ м}^2$). Таким образом, доля земель, отнесенных к биосферным закономерностям, составляет 29,2 %. На данных категориях земель не должны происходить биогеохимические процессы, создаваемые человеком. Градостроительные регламенты 306 776 земельных участков в 30 районах НСО должны соответствовать требованиям категорий землепользования.

2.7.1. Экологический каркас формируется на основе первых четырех биогеохимических функций биосферы. Однако их множество отражает эволюцию биосферы и может рассматриваться как биогеохимические принципы В. И. Вернадского [6, с. 298, 301]:

1. Биогенная миграция атомов химических элементов в биосфере всегда стремится к максимальному своему проявлению.

2. Эволюция видов в ходе геологического времени, приводящая к созданию форм жизни, устойчивых в биосфере, идет в направлении, увеличивающем биогенную миграцию атомов биосферы.

3. В течение всего геологического времени, с криптозооя, заселение планеты должно было быть максимально возможным для всего живого вещества, которое тогда существовало.

Экологический каркас включает следующие характеристики сукцессии [13, табл. 1]. Развитие и эволюция протекают в геологическое время, в течение которого изменение видов идет в направлении, увеличивающем биогенную ми-

грацию атомов биосферы (1-й принцип В. И. Вернадского) и создание устойчивых форм жизни (2-й принцип). Поток энергии максимальный, определяемый солнечно-земными связями. Пищевые цепи замкнутые, без образования опасных отходов жизнедеятельности. Структура пространственно-временного разнообразия формируется биогенной миграцией атомов химических элементов в биосфере. Круговороты питательных элементов по В. И. Вернадскому: на основе газовых, концентрационных, окислительно-восстановительных и биохимических функций. Сбор и удаление отходов жизнедеятельности биосферы на основе круговорота воды. Управление (кибернетика) через сохранение генетического фонда биосферы, как планетарного явления. Упорядоченность процесса развития связана с изменениями во времени видовой структуры и протекающих в сообществе процессов. Сукцессия контролируется сообществом в параметрах свойств физической (природно-климатической) среды. Стабилизация по Ю. Одуму определяется максимальным количеством биомассы на единицу энергии и максимальным количеством симбиотических связей между организмами. Экономическое регулирование отсутствует из-за избыточности ресурсов не в количественном, а в качественном отношении, а также из-за большого многообразия природных процессов, образующих биогеохимический круговорот химических элементов. За прошедшие 541 млн. лет после криптозоы, протяжённостью 4,1 млрд. лет, возможно, были экологические конфликты между различными формами жизни, в пределах «максимально возможного для всего живого вещества» массы. С формированием пятой биогеохимической функции к экологическим конфликтам добавились техногенные, регулируемые экономическими методами в интересах человека.

2.7.2. Из консолидированного бюджета субъекта РФ и территориального государственного внебюджетного фонда финансируются мероприятия по охране окружающей среды. Проводится оценка состояния орошаемых и осушаемых земель. В обстоятельствах меняющихся природно-климатических условий и биологической активности вредных насекомых и полезных промысловых биологических объектов, возрастающем негативном техногенном воздействии, снижении иммунитета человека, активизации инфекционных и паразитарных заболеваний в течение жизни двух и более поколений доминирующей задачей становится «новая» модель объединения экономического, социального и экологического каркасов.

2.7.3. Методические рекомендации по составлению схемы землеустройства административного района (утвержденные Госкомземом РСФСР 18.06.1991) были направлены на инвентаризацию сложившегося землепользования в интересах наиболее важной и большой категории землепользования – земли сельскохозяйственного назначения. Сейчас эти задачи решает правительственная комиссия по вопросам агропромышленного комплекса и устойчивого развития сельских территорий на основании «Положения о Правительственной комиссии по вопросам агропромышленного комплекса и устойчивого развития сельских территорий» (Постановление Правительства РФ от 10.06.2016 № 524). Другие

категории также важны, но по масштабам локальны (земли промышленности, населенных пунктов и особо охраняемых природных территорий) или малоуправляемы (земли лесного и водного фонда).

Г. С. Розенберг [14], в учении о структуре биосферы, анализирует правило «трех третей», как «стратегическое соотношение условий для экологии человека (на глобальном, региональном и локальном уровнях): треть территории должна быть занята заповедной дикой природой (ЗТ); треть – допускать ограниченное хозяйственное использование (ОТ) с сохранением естественного ландшафта; треть – подвергаться окультуриванию (агрэкосистемы, дороги, города, карьеры и пр. – РТ)». Для различных природно-климатических зон соотношение ЗТ : ОТ : РТ = 1 : 1 : 1 может отличаться исходя из сложившихся категорий землепользования. К ЗТ необходимо отнести особо охраняемые природные территории и земли водного и лесного фонда, к ОТ – земли населенных пунктов, в некоторых случаях включающие другие категории земель, а к РТ – земли сельскохозяйственного назначения и промышленности. Стратегическое соотношение следует рассматривать как «Нормирование в области охраны окружающей среды», глава V Федерального закона от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» (ред. от 29.12.2015).

3. Анализ эффективности территориального планирования в Новосибирской области

Для построения Метода оценки экономической эффективности ТП использовались характеристики НСО, приведенные в п.1.1 настоящей статьи. Показатели эффективности НСО (таблица), при реализации социально-экономических стратегий по категориям землепользования, приведены в виде удельных показателей (1, 5, 6, 8 и 11), отражающих созданный и накопленный потенциал; долей (3, 7, 9 и 10), отражающих синергетику административно-территориального деления; и коэффициентов (2, 4, 12 и 13), отражающих возможности планирования и управления. Математические значения приведены в экспоненциальной форме $N \times 10^n$, где n принимает значения от -4 до +4. Степень n отражает устойчивый и достигнутый уровень изучаемого признака, а число N – статистические условия измерения и вычисления. Поэтому в таблице для 30 районов НСО и 13 показателей приведены степени n . Для нулевой степени (10^0) значение изучаемого признака по N находится в диапазоне 1–9. Минимум и максимум приведены в фактических единицах, полученных при расчете и характеризуют размах. Анализ фактических данных позволяет выявить следующие фрактальные закономерности ТП с 1937 г. субъекта Федерации, образованного путем деления Западносибирского края на Новосибирскую область и Алтайский край.

Таблица

Показатели экономической эффективности
территориального планирования в Новосибирской области

Показатели	1	2	3	4	5	6
минимум, в ед.	0,006	0,001	0,2	0,5	122	23 093
максимум, в ед.	0,4	0,05	0,9	12	3 164	60 786
Баганский	-2	-3	-1	0	2	4
Барабинский	-2	-3	-1	-1	2	4
Болотнинский	-2	-2	-1	0	2	4
Венгеровский	-2	-3	-1	0	2	4
Доволенский	-2	-2	-1	0	2	4
Здвинский	-2	-3	-1	0	2	4
Искитимский	-1	-2	-1	0	3	4
Карасукский	-1	-2	-1	-1	2	4
Каргатский	-2	-3	-1	0	2	4
Колыванский	-2	-3	-1	0	2	4
Коченевский	-2	-2	-1	0	3	4
Кочковский	-2	-2	-1	0	2	4
Краснозерский	-2	-2	-1	0	2	4
Куйбышевский	-2	-3	-1	0	2	4
Купинский	-2	-2	-1	0	2	4
Кыштовский	-3	-3	-1	-1	2	4
Маслянинский	-2	-2	-1	0	2	4
Мошковский	-1	-2	-1	-1	2	4
Новосибирский	-1	-2	-1	0	03	4
Ордынский	-2	-2	-1	0	2	4
Северный	-3	-3	-1	1	3	4
Сузунский	-2	-2	-1	0	2	4
Татарский	-2	-2	-1	0	2	4
Тогучинский	-2	-2	-1	0	2	4
Убинский	-2	-3	-1	-1	2	4
Усть-Таркский	-2	-3	-1	0	2	4
Чановский	-2	-2	-1	0	2	4
Черепановский	-1	-2	-1	0	2	4
Чистоозерный	-2	-3	-1	0	2	4
Чулымский	-2	-3	-1	-1	2	4

Окончание таблицы 1

Показатели	7	8	9	10	11	12	13
минимум, в ед.	0,001	10 016	0,49	0,03	0,009	0,000 2	0
максимум, в ед.	0,05	141 754	0,65	0,7	193	0,004	6,4
Баганский	-3	4	-1	-2	2	-4	0
Барабинский	-3	5	-1	-1	0	-4	-1
Болотнинский	-2	4	-1	-1	0	-4	-2
Венгеровский	-3	4	-1	-2	-2	-4	-3
Доволенский	-2	4	-1	-2	1	-4	0
Здвинский	-3	4	-1	-1	0	-4	-1
Искитимский	-2	4	-1	-1	1	-3	0
Карасукский	-2	4	-1	-2	1	-4	0
Каргатский	-3	4	-1	-1	1	-4	0
Колыванский	-3	4	-1	-1		-4	
Коченевский	-2	4	-1	-2		-3	
Кочковский	-2	4	-1	-2	0	-4	-1
Краснозерский	-2	4	-1	-2	1	-4	-1
Куйбышевский	-3	4	-1	-1		-4	
Купинский	-2	4	-1	-1	0	-4	-1
Кыштовский	-3	4	-1	-1	-1	-4	0
Маслянинский	-2	4	-1	-1	-1	-4	-1
Мошковский	-2	4	-1	-1	1	-4	0
Новосибирский	-2	4	-1	-1	1	-3	0
Ордынский	-2	4	-1	-1	1	-4	0
Северный	-3	4	-1	-1	-3	-3	-3
Сузунский	-2	4	-1	-1		-3	
Татарский	-2	4	-1	-2		-4	
Тогучинский	-2	4	-1	-1	1	-4	0
Убинский	-3	4	-1	-1	-1	-4	0
Усть-Таркский	-3	4	-1	-2		-4	
Чановский	-2	4	-1	-1		-4	
Черепановский	-2	4	-1	-2	1	-3	-1
Чистоозерный	-3	4	-1	-1	0	-4	0
Чулымский	-3	4	-1	-1	0	-4	-1

3.1. Показатели по оценке преодоления географического детерминизма

1. Плотность заселения [чел. на га] = (Численность населения на 1 января 2015 г., человек) / (Сведения о количестве и площадях муниципальных районов и городских округов Новосибирской области в 2013 г., площадь, га). В 5 из

30 районах НСО потенциал в виде проживающего населения составляет 10^{-1} чел./га и в 2 районах 10^{-3} . В остальных 23 районах он составляет 10^{-2} .

2. Доминирующий способ преодоления географического детерминизма [безразмер] = (Площадь земель населенных пунктов, га) / (Площадь земель промышленности и сельскохозяйственного назначения, га). Во всех районах НСО доминируют категории земель сельскохозяйственного назначения в преодолении географического детерминизма относительно земель населенных пунктов с коэффициентами 10^{-2} .

3.2. Показатели эффективности формирования экономического каркаса (каркаса)

3. Формирование экономического каркаса [безразмер] = (Площадь земель промышленности и сельскохозяйственного назначения, га) / (Сведения о количестве и площадях муниципальных районов и городских округов Новосибирской области в 2013 г., га). Во всех районах НСО доля экономического каркаса находится на уровне 10^{-1} .

4. Производительность на основе финансовой обеспеченности [безразмер] = (Выручка (нетто) от продажи товаров, продукции, работ, услуг (без НДС, акцизов и аналогичных обязательных платежей) в 2014 г., тыс. рублей) / (Фонд начисленной заработной платы, тыс. рублей в 2014 г.). В 6 районах НСО производительность в экономическом измерении достигает 10^{-1} , а в Северном районе 10^1 . В остальных 23 районах от 1 до 7 тыс. рублей на тысячу начисленной заработной платы.

5. Производительность на основе трудовой деятельности [тыс. руб. на чел.] = (Выручка (нетто) от продажи товаров, продукции, работ, услуг (без НДС, акцизов и аналогичных обязательных платежей) в 2014, тыс. рублей) / (средняя численность работников человек январь-декабрь 2014 г). Коллективный труд «приносит» выручку во всех районах НСО порядка 10^2 и только лишь в Коченевском, Новосибирском, Искитимском и Северном районах 10^3 рублей на работника.

6. Обеспеченность бюджетных поступлений [руб. на чел.] = (Исполнено консолидированный бюджет субъекта РФ и территориального государственного внебюджетного фонда, рублей) / (Численность населения на 1 января 2015 года). Обеспеченность доходной части бюджета во всех районах находится на уровне 10^4 рублей на жителя.

3.3. Показатели эффективности формирования социального каркаса (каркаса)

7. Формирование социального каркаса [безразмер] = (Площадь земель населенных пунктов, га) / (Сведения о количестве и площадях муниципальных районов и городских округов Новосибирской области в 2013 г., га). 13 районов НСО включают социальный каркас размерностью 10^{-3} и остальные 17 районов с размерностью 10^{-2} .

8. Содержание земель населенных пунктов [руб. на га] = (Жилищно-коммунальное хозяйство. Исполнено консолидированный бюджет субъекта РФ и территориального государственного внебюджетного фонда, рублей) / (Площадь земель населенных пунктов, га). Содержание земель населенных пунктов в расходах бюджетов всех районов на жилищно-коммунальное хозяйство находится на уровне 10^4 рублей на га.

9. Развитие человеческого капитала [безразмер] = (Образование. Исполнено консолидированный бюджет субъекта РФ и территориального государственного внебюджетного фонда; Социальная политика. Исполнено консолидированный бюджет субъекта РФ и территориального государственного внебюджетного фонда, рублей) / (Исполнено консолидированный бюджет субъекта РФ и территориального государственного внебюджетного фонда, рублей). Развитие человеческого капитала в расходах бюджетов всех районов находится на уровне 10^{-1} .

3.4. Показатели эффективности формирования экологического каркаса (каркаса)

10. Формирование экологического каркаса [безразмер] = (Площадь земель водного и лесного фонда и особо охраняемых территорий и объектов, га) / (Сведения о количестве и площадях муниципальных районов и городских округов Новосибирской области в 2013 г., га). В 10 районах из 30 экологический каркас составляет 10^{-2} , а в остальных 10^{-1} от общей площади НСО.

11. Содержание земель экологического каркаса [руб. на га] = (Охрана окружающей среды. Исполнено консолидированный бюджет субъекта РФ и территориального государственного внебюджетного фонда, рублей) / (Площадь земель водного и лесного фонда и особо охраняемых территорий и объектов, га). В 7 районах отсутствовали расходы на содержание экологического каркаса. В 5 районах они составили менее 1 рубля, а в остальных 18 более одного рубля, в том числе в Баганском районе 193 на 1 га.

12. Оценка воздействия на окружающую среду в денежном выражении [безразмер] = (Платежи при пользовании природными ресурсами. Исполнено консолидированный бюджет субъекта РФ и территориального государственного внебюджетного фонда, рублей) / (Доходы бюджета. Итого исполнено консолидированный бюджет субъекта РФ и территориального государственного внебюджетного фонда, рублей). Экологические платежи в 24 районах НСО составили 10^{-4} , а в 6 районах – 10^{-3} , что свидетельствует о незначительной экономической составляющей в бюджетном процессе, если рассматривать платежи как оценку воздействия негативных источников на окружающую среду.

13. Эффективность управления экономическими методами в охране окружающей среды [безразмер] = (Охрана окружающей среды. Исполнено консолидированный бюджет субъекта РФ и территориального государственного внебюджетного фонда, рублей) / (Платежи при пользовании природными ресурсами. Исполнено консолидированный бюджет субъекта РФ и территориального

государственного внебюджетного фонда, рублей). В 7 районах НСО в 2014 г. отсутствовали бюджетные расходы на охрану окружающей среды. В 11 районах такие расходы были ниже экологических платежей за природопользование. В остальных 12 районах они превышали платежи, например, в Баганском районе до 6 раз. Таким образом, экологический каркас не формирует экономическое управление и эффективность инвестиций.

Выводы

1. Целью ТП является преодоление географического детерминизма. Для этого необходим опыт поколений по выживанию на территории, отличающейся от Эйкумены (от греч. oikumene – обитаемая земля), и энергетические средства для перемещения в пространстве со скоростью, чтобы приблизить другу к другу часовые пояса.

2. Район субъекта Федерации формирует социальный каркас Схемы ТП, состоящей из образования (школа, техникум) здравоохранения (поликлиники, больницы, родильные дома, диспансеры), социальной политики (культура, спорт, материальная помощь неимущим) на землях населенных пунктов.

3. Субъект Федерации (область, край, республика) формирует экономический каркас посредством интеграции всех базовых отраслей субъекта.

4. Категории землепользования формируют экологический каркас, характерный для используемого ландшафта природно-территориального комплекса.

5. В Схеме ТП субъекта Федерации по достигнутым результатам природопользования и природоохранной деятельности должны устанавливаться допустимые соотношения между категориями землепользования в интересах устойчивого развития.

Таким образом, формируются три инвестиционных эффекта с различной эффективностью во времени. Экономическая эффективность будет зависеть от умения будущих поколений распорядиться капитальным строительством. Социальная эффективность будет зависеть от принятых институтов распределения общих благ и доступности различной социальной и медицинской помощи. Экологическая эффективность (если такая существует), скорее всего, будет выражаться в сохранении природных благ для поглощения следующей цивилизацией. В Схеме ТП допустимо каркасное мышление. В итоговом документе ТП должны содержаться обоснования народнохозяйственных разрезов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Критерии и показатели социально-экономической эффективности новой техники / Отв. ред. М. А. Виленский. – М. : Наука, 1982 – 248 с.
2. Эффективность природоохранных мероприятий / Под ред. Т. С. Хачатурова и К. В. Папенова. – М. : МГУ, 1990. – 224 с.
3. Ясин Е. Г. Хозяйственные системы и радикальные реформы. – М. : Экономика, 1989. – 319 с.

4. Ноткин А. И. Вопросы эффективности и интенсификации общественного производства. – М. : Наука, 1986. – 304 с.
5. Алле М. Условия эффективности в экономике. – М. : Научно-издательский центр «Наука для общества», 1998. – 304 с.
6. Вернадский В. И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. – М. : Наука, 2001. – 376 с.
7. Вернадский В. И. Очерки геохимии. 7-е (4-е русское) издание. – М. : Наука, 1983. – 422 с.
8. Креймер М. А. Экономическое и территориальное планирование по законам биогеохимической деятельности и в пределах санитарно-эпидемиологических требований // Вестник СГУГиТ. – 2014. – Вып. 2 (26). – С. 77–93.
9. Креймер М. А. Экономические и территориальное планирование по законам биогеохимической деятельности и в пределах санитарно-эпидемиологических требований // Вестник СГУГиТ. – 2014. – Вып. 3 (27). – С. 146–163.
10. Креймер М. А. Экономические задачи территориального планирования и экологическое обоснование судьбы земли // Вестник СГУГиТ. – 2012. – Вып. 3 (19). – С. 78–88.
11. Креймер М. А. Принципы построения региональных нормативов градостроительного проектирования // Вестник СГУГиТ. – 2013. – Вып. 3 (23). – С. 60–76.
12. Креймер М. А. Интеграция экологической сукцессии и категорий землепользования в совершенствовании освоения природных ресурсов и сохранения среды обитания человека // ГЕО-Сибирь-2010. VI Междунар. научн. конгр. : Пленарное заседание : сб. материалов (Новосибирск, 19–29 апреля 2010 г.). – Новосибирск : СГГА, 2010. – С. 90–96.
13. Креймер М. А. Гармонизация природопользования и природоохранной деятельности // Вестник СГУГиТ. – 2013. – Вып. 2 (22). – С. 61–77.
14. Розенберг Г. С. О структуре учения о биосфере // Биосфера. – 2009. – № 1. – С. 15–24.

Получено 28.06.2016

© М. А. Креймер, 2016

METHOD OF ECONOMIC EFFECTIVENESS OF TERRESTRIAL PLANNING (ON THE EXAMPLE OF NOVOSIBIRSK REGION)

Mikhail A. Krejmer

Novosibirsk Research Institute of Hygiene, Rospotrebnadzor, 630108, Russia, Novosibirsk, 7 Parkhomenko St., Ph. D., Leading Researcher, tel. (383)343-34-01, e-mail: m.kreimer@ya.ru

The relevance of the publication of topics dictated by the fact that in the new conditions of urban development since 2004 on the effectiveness of territorial planning began to reflect in 2013 after the adoption of guidelines for the development schemes. Therefore eLIBRARY.RU (RISC) No registered publications about the economic efficiency of land use planning. Construction is economically costly, ie beyond the design and necessary as the biogeochemical activity. To assess the grounded materials and methods, results of analysis and discussion. An example of the analysis of the effectiveness of territorial planning in the Novosibirsk region. Founded conclusions about the role of spatial planning in order to overcome geographical determinism and the construction of ecological framework on the basis of land-use categories. Social frame is possible in each individual area, and the entire territory of the Federation, without isolation of other levels of government - economic framework.

Key words: scheme of territorial planning, cost efficiency, section, framework, territorial subject of the federation, budget, quality of habitat, geographical determinism.

REFERENCES

1. Kriterii i pokazateli sotsial'no-ekonomicheskoy effektivnosti novoy tekhniki [*Criteria and indicators of socio-economic efficiency of the new technology*]. (1982). Moscow: Nauka [in Russian]
2. Effektivnost' prirodookhrannykh meropriyatiy [*The effectiveness of environmental protection measures*]. (1990). Moscow: MGU [in Russian]
3. Yasin, E. G. (1989). Khozyaystvennye sistemy i radikal'nye reform [*Business systems and radical reforms*]. Moscow: Ekonomika [in Russian]
4. Notkin, A. I. (1986). Voprosy effektivnosti i intensivifikatsii obshchestvennogo proizvodstva [*Questions of efficiency and intensification of social production*]. Moscow: Nauka [in Russian]
5. Alle, M. (1998). Usloviya effektivnosti v ekonomike [*The Terms and Conditions of efficiency in the economy*] – Moscow: Scientific Publishing Center “Nauka dlya obshchestva” [in Russian].
6. Vernadsky, V. I. (2001). *Khimicheskoe stroenie biosfery Zemli i ee okruzeniya* [*The chemical structure of the Earth's biosphere and its environment*]. Moscow: Nauka [in Russian].
7. Vernadsky, V. I. (1983). *Ocherki geokhimii* [*Essays on Geochemistry*] (7th ed., 4th Russian). Moscow: Nauka [in Russian].
8. Kreymer, M. A. (2014). Economic and territorial planning by laws of bio-geo-chemical activities according to sanitary-and-epidemiologic requirements. *Vestnik SGUGiT* [*Vestnik SSUGT*], 2(26), 77–93 [in Russian].
9. Kreymer, M. A. (2014). Economic and territorial planning by laws of bio-geo-chemical activities according to sanitary-and-epidemiologic requirements. *Vestnik SGUGiT* [*Vestnik SSUGT*], 3(31), 146–163 [in Russian].
10. Kreymer, M. A. (2012). Economic tasks of territorial planning and ecological reasons for destiny of the earth. *Vestnik SGUGiT* [*Vestnik SSUGT*], 3(19), 78–88 [in Russian].
11. Kreymer, M. A. (2013). Regional standards of urban designing: principles of development. *Vestnik SGUGiT* [*Vestnik SSUGT*], 3(23), 60–76 [in Russian].
12. Kreymer, M. A. (2010). Integration of ecological succession and land use categories in the improvement of natural resources and preservation of the human environment. In *Sbornik materialov Interekspo GEO-Sibir'-2010: Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii: Plenarnoe zasedanie* [*Proceedings of Interexpo GEO-Siberia-2010: International Scientific Conference: Plenary session*] (pp. 90–96). Novosibirsk: SGUGIT [in Russian].
13. Kreymer, M. A. (2013). Harmonization of nature management and protection. *Vestnik SGUGiT* [*Vestnik SSUGT*], 2(22), 61–77 [in Russian].
14. Rosenberg, G. S. (2009). Structure teachings of the biosphere. *Biosfera* [*Biosphere*], 1, 15–24 [in Russian].

Received 28.06.2016

© M. A. Kreymer, 2016

УДК 528.44

МЕТОДИКА УЧЕТА ОБЪЕКТОВ НЕДВИЖИМОСТИ, УТРАТИВШИХ СТАТУС ЗАЩИТНОГО СООРУЖЕНИЯ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ

Екатерина Алексеевна Гавриленко

ГКУ НСО «Центр ГО, ЧС и ПБ Новосибирской области», 630007, Россия, г. Новосибирск, ул. Советская, 4а, специалист гражданской обороны отдела инженерно-технических мероприятий и медицинской защиты, тел. (833)231-11-86, e-mail: mchs@nso.ru

В настоящее время немногие авторы занимаются вопросами ведения кадастра защитных сооружений гражданской обороны. Списание защитного сооружения гражданской обороны – это долгий, затратный и трудоемкий процесс. Он включает в себя работу большого количества учреждений, организаций и специалистов. Статья рассматривает методику списания защитных сооружений гражданской обороны. Методика представляет собой последовательно сменяющиеся этапы. В статье описаны и рассмотрены документы, требующиеся на каждом этапе. Основным документом, на основании которого происходит списание защитного сооружения, – это Инструкция государственного комитета Российской Федерации по управлению государственным имуществом от 5 ноября 1996 г. № АР-13/7746. Методика списания защитного сооружения гражданской обороны представлена в виде схемы, разработанной автором. Схема применима для работы специалистов и может использоваться при обучении молодых сотрудников.

Ключевые слова: земли промышленности и иного специального назначения, защитные сооружения гражданской обороны, инвентаризация защитных сооружений гражданской обороны, кадастр недвижимости земель иного специального назначения.

Словарь С. И. Ожегова дает определение понятию «учет» следующим образом: «установление наличия, количества путем подсчетов». В данной статье понятие «учет» включает в себя определение, данное Федеральным законом от 24 июля 2007 г. № 221-ФЗ «О государственном кадастре недвижимости» – осуществление деятельности в связи с образованием или созданием, прекращением существования либо изменением уникальных характеристик объекта недвижимости [1].

Глава 16 статьи 87 Земельного кодекса Российской Федерации называет землями промышленности, энергетики, транспорта, связи, радиовещания, телевидения, информатики, землями для обеспечения космической деятельности, землями обороны, безопасности и землями иного специального назначения, которые расположены за границами населенных пунктов и используются или предназначены для обеспечения деятельности организаций и эксплуатации объектов промышленности, энергетики, транспорта, связи, радиовещания, телевидения, информатики, объектов для обеспечения космической деятельности, объектов обороны и безопасности, осуществления иных специальных задач и права на которые возникли у участников земельных отношений [2]. Согласно государственному стандарту Российской Федерации, защитное сооружение – инженерное сооружение, предназначенное для укрытия людей, техники и имущества от опасностей, возникающих в результате последствий аварий или катастроф на потенциально опасных объектах [3] либо стихийных бедствий в районах размещения этих объектов, а также от воздействия современных средств поражения [4]. За-

щитные сооружения, согласно [5], – это фортификационные сооружения для защиты личного состава войск, военной техники, материальных запасов населения от средств поражения. В настоящее время единственной методикой ведения кадастра защитных сооружений является проведение инвентаризации защитных сооружений гражданской обороны [6]. Учет защитных сооружений гражданской обороны ведется в территориальных управлениях МЧС России в Журнале учета защитных сооружений [7]. Порядок ведения учета защитных сооружений свойств, пришедших в негодность в результате утраты защитных свойств, регламентируется инструкцией государственного комитета Российской Федерации по управлению государственным имуществом от 5 ноября 1996 г. № АР-13/7746 [8].

Инструкция определяет условия изменения порядка учета защитных сооружений независимо от форм собственности [9].

Рассмотрим случаи, в которых защитное сооружение может быть списано с учета.

1. Защитное сооружение утратило расчетные защитные свойства основных ограждающих и несущих строительных конструкций вследствие физического износа, аварий и стихийных бедствий, то есть пришло в негодность [10].

2. Защитное сооружение утрачивает свой статус в связи со строительством, расширением, реконструкцией, техническим переоснащением организаций или их отдельных зданий и сооружений. Данное изменение происходит при невозможности восстановить или при технической или экономической нецелесообразности сооружения [11]. В данном случае подразумевается, что сооружения не могут быть использованы для защиты укрываемых или переданы в установленном порядке другим организациям. При этом в техническом плане переоснащения предусматривается восполнение фонда защитных сооружений гражданской обороны [12].

Важнейшим документом, согласно которому выносится решение об утрате защитным сооружением гражданской обороны своего статуса, является заключение о состоянии защитного сооружения гражданской обороны [13]. Проектная организация, разработавшая проектно-сметную документацию защитного сооружения, или организация, имеющая лицензию на проведение таких работ, проводит определение прочностных характеристик основных ограждающих и несущих строительных конструкций [8].

Решение выносится на основании результатов его визуального осмотра, технических испытаний элементов строительных конструкций неразрушающими методами контроля, инженерных расчетов. Следующим шагом является согласование руководителем соответствующего органа государственной власти Российской Федерации или соответствующего субъекта [14].

Создается комиссия для определения невозможности проведения восстановительного ремонта и оформления необходимой документации, включающая следующих лиц:

1) главного инженера, заместителя руководителя, который является председателем комиссии;

- 2) ответственных за сохранность защитного сооружения лиц;
- 3) представитель органа местного самоуправления или же органа исполнительной власти, уполномоченного решать задачи гражданской обороны;
- 4) представителя территориального комитета по управлению государственным имуществом;
- 5) представителя организации-эксперта, выдающей заключение о состоянии защитного сооружения.

Рассмотрим методику, согласно которой комиссией проводится списание защитного сооружения гражданской обороны.

Работа предусматривает следующие этапы.

1. Осмотр защитного сооружения гражданской обороны. Процесс происходит с использованием необходимой технической документации, в частности, паспорта защитного сооружения, заключения организации о состоянии, журнала результатов проверок состояния защитного сооружения, актов приемки выполненных работ текущих и капитальных ремонтов, данных бухгалтерского учета. Собранные материалы устанавливают целесообразность списания и его дальнейшего использования.

2. Установление причин утраты защитным сооружением свойств (физический износ, аварии, стихийные бедствия, реконструкция предприятий и др.).

3. Определение степени физического износа основных ограждающих и несущих строительных конструкций, оборудования систем жизнеобеспечения, защитных устройств.

4. Установление лиц, по вине которых сооружение преждевременно пришло в негодность и привлечение их к ответственности. К примеру, при затоплении сооружения грунтовыми или паводковыми водами устанавливают и изучают причины затопления, устанавливают своевременность принятых мер ответственным представителем.

5. Определение возможности использования отдельного оборудования, узлов, агрегатов и материалов защитного сооружения, утратившего свойства и производят их оценку.

6. По результатам работы комиссией составляется акт об утрате защитным сооружением своего статуса. Форма установлена инструкцией государственного комитета Российской Федерации по управлению государственным имуществом 5 ноября 1996 г. № АР-13/7746 (Приложение № 1) [7].

К акту прикладываются следующие документы:

а) заключение организации о состоянии защитного сооружения с технико-экономическим обоснованием нецелесообразности его восстановления. Данный вывод должен быть подтвержден инженерными расчетами;

б) рекомендации по дальнейшему использованию сооружения, утратившего статус защитного сооружения гражданской обороны. Это может быть перевод в группу противорадиационных укрытий, усиленных укрытий или использование только в хозяйственных целях, разборка сооружения;

в) заключение об агрессивности грунтовых вод, изменении их уровня в случае, если таковые имеются на месте расположения сооружения;

г) в случае несогласия отдельных членов комиссии с общим заключением их особое мнение также вносится в акт;

д) копия акта об аварии или стихийном бедствии, приведших в негодность защитное сооружение гражданской обороны, подписанного председателем комиссии и утвержденного руководителем исполнительного органа субъекта Российской Федерации.

Данную информацию можно представить в следующей таблице.

Таблица

Документы, прилагаемые к акту об утрате защитным сооружением своего статуса и утверждающие их лица или организации

Документ	Лицо или организация, утверждающая документ
Заключение организации о состоянии защитного сооружения с технико-экономическим обоснованием нецелесообразности его восстановления	Проектная организация, разработавшая проектно-сметную документацию защитного сооружения, или организация, имеющая лицензию на проведение таких работ
Рекомендации по дальнейшему использованию сооружения, утратившего статус защитного сооружения гражданской обороны	Руководитель организации – собственника защитного сооружения
Заключение об агрессивности грунтовых вод, изменении их уровня в случае, если таковые имеются на месте расположения сооружения	Проектная организация, разработавшая проектно-сметную документацию защитного сооружения, или организация, имеющая лицензию на проведение таких работ
Особое мнение членов комиссии	Председатель комиссии
Копия акта об аварии или стихийном бедствии, приведших в негодность защитное сооружение гражданской обороны	Руководитель исполнительного органа субъекта Российской Федерации

7. Весь пакет документов, включая акт, представляется на утверждение организации – владельцу сооружения. Кроме того, пакет дублируется для руководителя соответствующего федерального органа государственной власти или субъекта Российской Федерации.

Документы о списании убежищ II, III и IV классов согласуются в МЧС России. Решение о списании убежищ V класса и противорадиационных укрытий принимается в соответствующих региональных центрах по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий [4]. В результате акт о списании утверждается руководителем соответствующей организации [8].

8. Акт формируется в пяти экземплярах:
- первый экземпляр представляется в МЧС России;
 - второй экземпляр – в утверждающий орган;
 - третий экземпляр – в орган, ответственный по делам гражданской обороны субъекта Российской Федерации, где располагается защитное сооружение гражданской обороны;
 - четвертый экземпляр – в территориальный комитет по управлению государственным имуществом;
 - пятый экземпляр – владельцу или собственнику защитного сооружения, утратившего статус [6].

Представим данную информацию в виде схемы (рис. 1).



Рис. 1. Механизм взаимодействия органов власти при формировании акта об утрате защитным сооружением своего статуса

9. Учет сооружений, утративших статус защитного сооружения гражданской обороны, ведется в специально предусмотренном журнале защитных сооружений гражданской обороны. Форма ведения журнала разрабатывается согласно Приложению 2 Инструкцией государственного комитета Российской Федерации по управлению государственным имуществом 5 ноября 1996 г. № АР-13/7746. Далее, объект недвижимости может использоваться собственником. После утраты статуса защитного сооружения гражданской обороны, процесс учета объекта недвижимости не имеет какой-либо специфики. Списание защитного сооружения гражданской обороны – достаточно трудоемкий и финансово затратный процесс.

Кроме того, он требует достаточного количества времени и участия большого числа организаций. Для упрощения работы комиссии предлагается использовать разработанную схему.

Рассмотрим схему «Этапы работы комиссии» (рис. 2).



Рис. 2. Этапы работы комиссии

Мы рассмотрели процесс ведения учета объектов недвижимости, утративших статус защитных сооружений гражданской обороны, в результате чего была разработана предложенная схема. Данная схема применима при работе с защитными сооружениями любого вида собственности и призвана облегчить работу специалистов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аврунев Е. И., Жарников В. Б. Инвентаризация земель города Новосибирска // ГЕО-Сибирь-2006. Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 24–28 апреля 2006 г.). – Новосибирск : СГГА, 2006. Т. 2, ч. 2. – С. 3–5.
2. Земельный кодекс Российской Федерации от 25.10.2001 № 136-ФЗ (ред. от 21.07.2014) [Электронный ресурс]. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
3. Hampe E. Strategie der zivilen Verteidigung. – Frankfurt a. M. : R. Eisenschmidt Verlag, 1956.
4. Harwell M. A., Hutchinson T. C. Ecological and Agricultural Effects: Vol. II // Environmental Consequences of Nuclear War. – New York : Wiley, 1985.
5. Плехов А. М., Шапкин С. Г. Словарь военных терминов. – М. : Воениздат, 1988. – 214 с.
6. Веселкова Е. А., Соловьева Ю. Ю. Вопросы управления специализированными объектами недвижимости, находящимися в федеральной собственности // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Глобальные процессы в региональном измерении: опыт истории и современность» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск : СГГА, 2013. Т. 1. – С. 242–245.
7. О порядке списания с учета пришедших в негодность защитных сооружений гражданской обороны : инструкция государственного комитета Российской Федерации по управлению государственным имуществом от 5 ноября 1996 г. № АР-13/7746 [Электронный ресурс]. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
8. Об утверждении и введении в действие Правил эксплуатации защитных сооружений гражданской обороны (зарегистрировано в Минюсте РФ 25.03.2003 N 4317) : приказ МЧС РФ от 15.12.2002 № 583 (ред. от 09.08.2010) [Электронный ресурс]. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
9. О государственной регистрации права собственности : федеральный закон от 21.07.1997 г. № 122-ФЗ [Электронный ресурс]. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
10. СНиП 3.01.04-87. Приемка в эксплуатацию законченных строительством объектов. Основные положения [Электронный ресурс]. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
11. СНиП II-11-77. Защитные сооружения гражданской обороны [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://dikipedia.ru/document/5063722>.
12. О порядке создания убежищ и иных объектов гражданской обороны : постановление Правительства РФ от 29 ноября 1999 г. № 1309 [Электронный ресурс]. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
13. Методические рекомендации по проведению инвентаризации защитных сооружений гражданской обороны в Российской Федерации от 17 мая 2013 г. № 2-7-87-5-14 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.citymurmansk.ru/img/all/111_utverzhdayu.doc.
14. Об утверждении положения о порядке использования объектов и имущества гражданской обороны приватизированными предприятиями, учреждениями и организациями : постановление правительства Российской Федерации от 23 апреля 1994 г. № 359 [Электронный ресурс]. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

Получено 05.04.2016

© Е. А. Гавриленко, 2016

THE REGISTRATION METHOD OF REAL ESTATE OBJECTS HAVING LOST THE CIVIL DEFENSE CONSTRUCTION STATUS

Ekaterina A. Gavrilenko

GKU NSO «Centre for Activities in the Field of Civil Defense, Emergencies and Fire Safety of the Novosibirsk Region», 630007, Russia, Novosibirsk, 4a Sovetskaja St., Specialist of Civil Defense in Engineering Measures and Medical Defense Department, tel. (833)231-11-86, e-mail: mchs@nso.ru

The topic of the article is considered by a number of authors. There are not so many authors who deal with questions of civil defense construction cadastre. The retirement of defense construction is a long, cost- and labour-consuming process. It includes the work of a big number of institutions, organizations and specialists. The article considers the retirement method of civil defense constructions. The method represents consequently changing steps. The article describes and considers the documents required on each step. The main document, which is the base of retirement process of defense construction is the Instruction of State Committee of the Russian Federation on State Real Estate Management November 5 1996 № AP-13/7746. The retirement method of civil defense constructions is presented in the view of scheme, designed by the author. The scheme is applicable to the work of specialists and can be used as a manual for treating newcomers.

Key words: lands of industry and other special purpose, civil defense constructions, civil defense constructions inventory, real estate cadastre of special purpose lands.

REFERENCES

1. Federal Law of October 25, 2001 No 136-FZ (ed. July 21, 2014). *Zemel'nyy kodeks Rossiyskoy Federatsii [Land Code of the Russian Federation]*. Retrieved from ConsultantPlus online database [in Russian].
2. Hampe, E. (1956). *Strategie der zivilen Verteidigung*. Frankfurt a. M.: R. Eisenschmidt Verlag.
3. Harwell, M. A., & Hutchinson, T. C. (1985). Ecological and Agricultural Effects: Vol. II. In *Environmental Consequences of Nuclear War*. New York: Wiley.
4. Plekhov, A. M., & Shapkin, S. G. (1988). *Slovar' voennykh terminov [Dictionary of Military Terms]*. Moscow: Military Publ. [in Russian].
5. Veselkova, E. A., & Solovyov, Y. Y. (2014). Management issues specialized real property located in federal property. *Sbornik materialov GEO-Sibir'-2014: Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii: T. 6. Global'nye protsessy v regional'nom izmerenii: opyt istorii i sovremennost' [Proceedings of Interexpo GEO-Siberia-2014: International Scientific Conference: Vol. 6. Global processes in the regional dimension: Experience the history and the present]* (pp. 28–32). Novosibirsk: SSGA [in Russian].
6. Instructions of the State Committee RF for State Property Management of November 5, 1996 No AR-13/7746. *O poryadke spisaniya s ucheta prishedshikh v negodnost' zashchitnykh sooruzheniy grazh-danskoj oborony [On the order of cancellation of the registration of degraded civil defense structures]*. Retrieved from ConsultantPlus online database [in Russian].
7. Avrunev, E. I., & Zharnikov, V. B. (2006). Inventory of land in Novosibirsk. *Sbornik materialov GEO-Sibir'-2006: T. 2, ch. 2. [Proceedings of GEO-Siberia-2016: Vol. 6, Part 2]* (pp. 3–5). Novosibirsk: SSGA [in Russian].
8. Order of the Ministry of Emergencies of December 15, 2002 No 583 (ed. August 09, 2010). *Ob utverzhdenii i vvedenii v deystvie Pravil ekspluatatsii zashchitnykh sooruzheniy grazhdanskoj oborony [On approval and enactment of the operation of the Rules of civil defense structures]*. Retrieved from ConsultantPlus online database [in Russian].

9. Federal Law of July 21, 1997 No 122-FZ. *O gosudarstvennoy registratsii prava sobstvennosti [On state registration of property rights]*. Retrieved from ConsultantPlus online database [in Russian].

10. *SNiP 3.01.04-87. Priemka v ekspluatatsiyu zakonchennykh stroitel'stvom ob"ektov. Osnovnye polozheniya [SNIP 3.01.04-87. The acceptance of the completed construction projects. Basic provisions]*. Retrieved from ConsultantPlus online database [in Russian].

11. *SNiP II-11-77. Zashchitnye sooruzheniya grazhdanskoy oborony [SNIP II-11-77. Civil defense structures]*. Retrieved from <http://dokipedia.ru/document/5063722> [in Russian].

12. Regulation of Government RF of November 29, 1999, No 1309. *O poryadke sozdaniya ubezhishch i inykh ob"ektov grazhdanskoy oborony [On the order of the creation of shelters and other objects of civil defense]*. Retrieved from ConsultantPlus online database [in Russian].

13. *Metodicheskie rekomendatsii po provedeniyu inventarizatsii zashchitnykh sooruzheniy grazhdanskoy oborony v Rossiyskoy Federatsii [Guidelines for the inventory protection of civil defense facilities in the Russian Federation]* of May 17, 2013 No 2-7-87-5-14. Retrieved from www.citymurmansk.ru/img/all/111_utverzhdayu.doc [in Russian].

14. *Ob utverzhenii polozheniya o poryadke ispol'zovaniya ob"ektov i imushchestva grazhdanskoy oborony privatizirovannymi predpriyatiyami, uchrezhdeniyami i organizatsiyami [On Approval of the Regulations on the use of facilities and civil defense property privatized enterprises, institutions and organizations]*. Regulation of Government RF No 359, April 23, 1994 [in Russian]. Retrieved from ConsultantPlus online database [in Russian].

Recieved 05.04.2016

© E. A. Gavrilenko, 2016

УДК 528.44

**О НЕКОТОРЫХ РЕЗУЛЬТАТАХ ВЕРИФИКАЦИИ ДАННЫХ,
ПОЛУЧЕННЫХ В ПРОЦЕССЕ ИНТЕГРАЦИИ ГОСУДАРСТВЕННОГО КАДАСТРА
НЕДВИЖИМОСТИ И ЕДИНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО РЕЕСТРА ПРАВ
НА НЕДВИЖИМОЕ ИМУЩЕСТВО И СДЕЛОК С НИМ,
И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ НАЛОГООБЛОЖЕНИЯ**

Валерия Владимировна Вылегжанина

Управление Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии по Новосибирской области, 630091, г. Новосибирск, ул. Державина, 28, главный специалист-эксперт отдела правового обеспечения, тел. (383)227-10-76, e-mail: pravo@uy.nsk.su

Выполнено исследование процедуры верификации данных, полученных в процессе интеграции государственного кадастра недвижимости и Единого государственного реестра прав на недвижимое имущество и сделок с ним, выгружаемых в информационную базу данных налоговых органов, в рамках взаимодействия Росреестра и Федеральной налоговой службы Российской Федерации во исполнение налоговой политики, проводимой на территории Российской Федерации, с обозначением основных ошибок, возникающих при указанной процедуре. С учетом опыта зарубежных стран по проведению государственной политики в сфере ведения и оформления прав на недвижимость, с последующим исчислением и взиманием налогов с объектов недвижимого имущества, подготовлены предложения по упрощению указанных процедур, с учетом внесения соответствующих изменений в действующие законодательные акты Российской Федерации.

Ключевые слова: недвижимое имущество, учет недвижимости, верификация, форматно-логический контроль, налоги, сторнирование, территориальный информационный ресурс, федеральный информационный ресурс.

С 1 января 2017 г. вступает в силу Федеральный закон от 13.07.2015 № 218-ФЗ «О государственной регистрации недвижимости» (далее – Закон).

Согласно указанному Закону, будут преобразованы в единую систему учета и регистрации кадастровый учет недвижимости и государственная регистрация прав на нее [1].

Реализация задачи по осуществлению процедуры слияния в единую базу данных двух самостоятельных учетных систем, таких как государственная регистрация прав на недвижимость и база данных, включающая в себя описательные характеристики объектов недвижимости, взаимосвязи (дом – земля, помещение – здание и т. п.), [2–4] стала логическим следствием развития института собственности на территории Российской Федерации.

Учитывая опыт иностранных государств в применении и развитии новейших технологий в области кадастрового учета и регистрации прав на объекты недвижимости, можно уверенно заявлять, что процесс объединения государственного кадастра недвижимости (ГКН) и Единого государственного реестра прав на недвижимое имущество и сделок с ним (ЕГРП) является объективной необходимостью, обусловленной мировыми инновациями, применяемыми в сфере учета недвижимости.

При этом процесс учета объектов недвижимости должен быть тесно взаимосвязан с выбором методов и средств измерений при выполнении кадастровых работ в отношении данных объектов [5].

Участники экономической деятельности и субъекты государственного управления с каждым днем предъявляют все более высокие требования к качеству и доступности услуг в сфере оформления прав на недвижимость [6].

Согласно указанному Закону, Единый государственный реестр недвижимости будут составлять сведения об объектах недвижимости (кадастр недвижимости), реестр прав, их ограничений и обременений в отношении недвижимого имущества (реестр прав на недвижимость), а также реестр границ.

Реализация Закона была бы невозможна без разработки и выполнения ряда законодательных актов, принятых Правительством Российской Федерации, и подзаконных актов реализуемых исполнительными органами государственной власти в сфере государственной регистрации прав и налогообложения, а также без применения «облачных технологий» в информационно-техническом обеспечении соответствующих без данных [7].

Указанные процессы были определены Министерством экономического развития Российской Федерации в концепции, предусматривающей формирование единой системы на уровне Российской Федерации, которая включала бы в себя и кадастровый учет объектов недвижимости, и государственную регистрацию прав относительно указанных объектов, а также подготовку законодательной базы, обеспечивающей процедуру формирования и развития вышеназванной системы [8].

В последние годы Правительством Российской Федерации уделяется особое внимание процессу учета объектов недвижимости, государственной регистрации прав на объекты недвижимости, а также исчислению и последующему взиманию налогов с собственников этих объектов.

Были приняты следующие основные правовые акты Правительством Российской Федерации, а также нормативные документы органами исполнительной власти в развитие указанной концепции.

В 2010 г. Росреестром был разработан и утвержден порядок формирования территориальными органами Росреестра территориальных информационных ресурсов (ТИР), содержащих сведения Единого государственного реестра прав на недвижимое имущество и сделок с ним и государственного кадастра недвижимости. Указанные сведения из ТИРа, в свою очередь, должны выгружаться в Федеральный информационный ресурс (ФИР), аккумулирующий все сведения об объектах недвижимости на территории Российской Федерации [9].

Согласно данному порядку, территориальными органами Росреестра проводится работа по формированию ТИР, представляющего собой результат слияния данных ЕГРП и ГКН.

Необходимо отметить, что с 2012 г. в Росреестре проводятся масштабные мероприятия по гармонизации сведений ЕГРП и ГКН, а также последующему исправлению ошибок. Указанные мероприятия направлены на обеспечение повышения качества информационных ресурсов Росреестра.

В рамках проводимой в Российской Федерации политики налогообложения в отношении объектов недвижимости в 2010 г. было также подписано соглашение, которое включает в себя совместную работу, в том числе по информационному обмену между Федеральной службой государственной регистрации, кадастра и картографии и Федеральной налоговой службой [10].

Данным соглашением предлагалось осуществлять взаимодействие по следующим основным направлениям:

- согласование правовой позиции в обоснование проектов законодательных и других правовых актов, а также нормативных документов по организации и дальнейшему координированию совместной работы;

- выработка и внедрение предложений по улучшению порядка, обеспечивающего соблюдение закона при выполнении учета недвижимости и государственной регистрации прав на недвижимое имущество и сделок с ним, при осуществлении учета недвижимости и в области налогообложения имущественными налогами;

- согласование технической документации и справочной информации с целью приведения к единообразию процесса сопоставления объектов недвижимости и их правообладателей;

- выработка совместных инструкций и иных документов для последующей реализации требований к созданию и развитию системы взаимного сотрудничества органов Росреестра и Федеральной налоговой службы;

- создание с помощью инновационных технологий новых информационных ресурсов.

Согласно указанному соглашению, сведения из ГИР о зарегистрированных правах на указанные объекты, сделках с ними и лицах, являющихся их правообладателями, передаются Росреестром по форме, утвержденной Федеральной налоговой службой России (ФНС) [10].

В целях реализации соглашения был издан совместный приказ Росреестра и Федеральной налоговой службы Российской Федерации, который и закрепил порядок (далее – Порядок) обмена данными в электронном виде о зарегистрированных правах на недвижимое имущество и сделках с ним, а также о правообладателях и об объектах недвижимого имущества [11].

Помимо необходимости передачи сведений об объектах недвижимости в соответствующие налоговые органы, данным приказом предусмотрены общие требования к организации обмена сведениями и к программно-техническим средствам, срокам передачи сведений, а также составу передаваемых сведений.

В соответствии с требованиями Порядка сведения, которые подлежат передаче, должны удовлетворять требованиям форматно-логического контроля (ФЛК).

Указанные сведения могут передаваться, в том числе на электронных носителях с приложением реестра в двух экземплярах за подписью руководителя (заместителя руководителя) Управления Росреестра или Управления ФНС России.

Управления ФНС России осуществляют ФЛК сведений и по взаимнообратной связи направляют протокол обработки.

Принятыми считаются только те сведения, которые прошли ФЛК согласно протоколу обработки.

Не прошедшие ФЛК сведения проходят процедуру исправления ошибок, после которой в течение 10 рабочих дней со дня поступления указанного протокола обработки передаются повторно Управлениями Росреестра в Управления ФНС России [11].

Требования формата для данной процедуры утверждены приказом ФНС России с приложением XSD схемы к нему. В случае обнаружения в файле ошибки в сведениях по объекту недвижимости или в сведениях документального характера, принимаются только корректные данные, которые могут составлять часть сведений об объектах недвижимого имущества или указанных документах [12].

Этим же приказом утверждена форма, порядок ее заполнения и формат сведений о зарегистрированных правах на недвижимое имущество и сделках с ним, правообладателях недвижимого имущества и об объектах недвижимого имущества.

Форма состоит из листов, содержащих реквизиты (строки), подлежащие заполнению территориальным органом Росреестра, осуществляющим ведение ГКН и ЕГРП на территории соответствующего субъекта Российской Федерации [12].

В табл. 1 поименованы листы и необходимые сведения, входящие в состав указанной формы.

Таблица 1

Листы	Сведения
Титульный лист	Данные о представляемых сведениях, дата и подпись должностного лица
Лист «А»	Сведения о земельном участке
Лист «Б»	Сведения о недвижимом имуществе (за исключением земельных участков) (сведения о здании (сооружении))
Лист «В»	Сведения о жилом (нежилом) помещении и прочих составляющих здания (сооружения)
Лист «Г»	Сведения о правообладателе (предыдущем правообладателе) – организации
Лист «Д»	Сведения о правообладателе (предыдущем правообладателе) – физическом лице
Лист «Е»	Сведения об обременении права собственности в связи с заключением концессионного соглашения (сведения о концессионере – российской или иностранной организации)
Лист «Ж»	Сведения о концессионере – физическом лице (индивидуальном предпринимателе)
Лист «З»	Сведения об обременении права собственности в связи с заключением договора аренды (сведения об арендаторе – организации)
Лист «И»	Сведения об арендаторе – физическом лице

При взаимодействии в рамках указанного Порядка с территориальными налоговыми органами Управление Росреестра по Новосибирской области обмен сведениями производит в электронном виде.

На рисунке отображена схема электронного обмена информацией при формировании территориального и федерального информационных ресурсов на территории Новосибирской области.

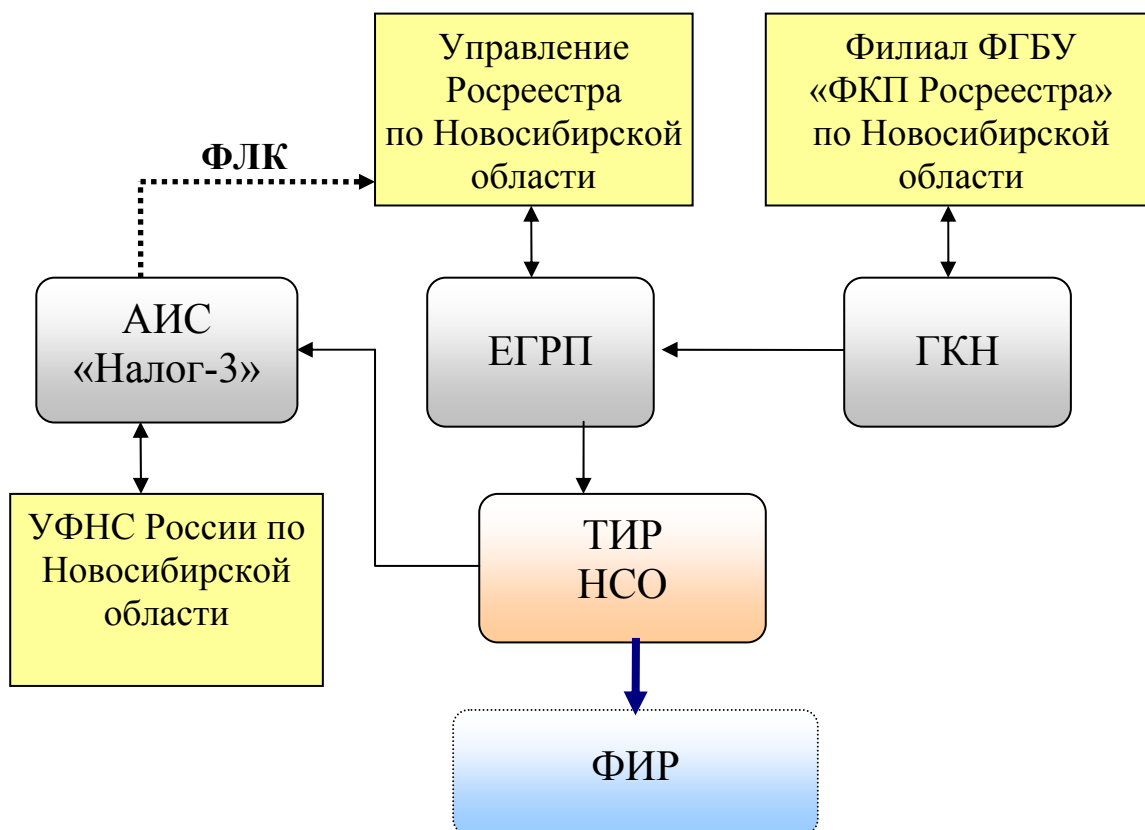


Рис. Схема электронного обмена информацией при формировании территориального и федерального информационных ресурсов на территории Новосибирской области

В процессе выгрузки данных в электронном виде из ЕГРП в базу данных налоговых органов, расположенных, в частности, на территории Новосибирской области, иногда происходит искажение информации [12].

Указанные ошибки обусловлены несоответствием между фактической выгружаемой информацией из ТИР и требованиями налоговых органов к данной информации.

В табл. 2 приведены наиболее частые ошибки, встречающиеся при выгрузке данных из ТИР в электронном виде, полученные путем статистического отбора данных с внутреннего информационного ресурса Управления Росреестра по Новосибирской области [13].

Таблица 2

Статус ФЛК	Исходные данные	Объект	Нормализованный КН	Вид сведений	Ошибка
Не прошел ФЛК (1)	ЕГРП/ГКН	Здание / Сооружение	54:35:000000:00000	01	Серия и номер документа не соответствуют шаблону
Не прошел ФЛК (1)	ЕГРП/ГКН	Помещение	54:35:000000:00000	08	Сумма ДоляПраваЧ / ДоляПраваЗ не может быть > 1
Не прошел ФЛК (2)	ЕГРП/ГКН	Здание / Сооружение	54:35:000000:00000	08	Не указана дата начала аренды
Не прошел ФЛК (2)	ЕГРП/ГКН	Здание / Сооружение	54:35:000000:00000	08	Не указана продолжительность аренды. Реквизит обязателен при отсутствии даты окончания аренды
Не прошел ФЛК (2)	ЕГРП/ГКН	Здание / Сооружение	54:35:000000:00000	08	Не указан правоустанавливающий документ
Не прошел ФЛК (1)	ЕГРП/ГКН	Здание / Сооружение	54:35:000000:00000	08	Не указана цена сделки при наличии договора купли-продажи

Таким образом, из таблицы видно, что искажение информации происходит как в отношении описательных характеристик объектов недвижимости, так и в отношении описания существа правоустанавливающих документов.

В феврале 2015 г. состоялось заседание круглого стола в Совете Федерации Федерального Собрания Российской Федерации на тему налогообложения недвижимости, где было отмечено, что без регистрации и надлежащего оформления объектов недвижимости невозможен процесс точного и справедливого исчисления налогов [14].

С января 2014 г. действует положение Налогового кодекса о налоге на имущество в отношении объектов, согласно которому налог с 2015 г. взимается с их кадастровой стоимости [15].

Управлением ФНС России по Новосибирской области также отмечалось, что процесс исчисления налога полностью автоматизирован. Основная задача для налогового органа – это получение корректных и актуальных данных от регистрирующего органа [16].

По данным Росреестра, работа по гармонизации (сопоставлению) данных ГКН и ЕГРП практически завершена [14]. Тем не менее, верификация указанных данных продолжается по настоящее время. Выявление и устранение имеющихся противоречий и ошибок – одна из важнейших задач, поставленных перед Росреестром Правительством Российской Федерации.

Если обратиться к опыту зарубежных стран, например Дании, по вопросу ведения и оформления прав на недвижимость, с последующим исчислением и взиманием налогов с объектов недвижимого имущества, то можно отметить следующие интересные аспекты в налоговой политике данной страны.

В Дании ведутся четыре основных реестра прав на недвижимость, которые попадают под компетенцию разных органов:

- кадастровый реестр;
- реестр земли (Земельная книга);
- реестр зданий и жилых зданий;
- реестр оценки имущества [17].

В состав Министерства налогообложения Дании входят несколько структурных подразделений, основными из которых являются Центральная таможенная и налоговая администрация.

Центральная таможенная и налоговая администрации занимаются курированием вопросов, связанных, в том числе, с проверкой правильности начислений по налогам и контролем за полнотой и своевременностью уплаты налогов и сборов, а также осуществлением зачетов и возвратов излишне уплаченных сумм налогов и сборов. Администрирование налогоплательщиков осуществляется путем доступа специалистов региональных управлений к единому информационному ресурсу [18].

При исчислении и последующем взыскании налогов на объекты недвижимости, применяемых в отношении физических лиц, в частности, на территории Новосибирской области, в результате искажения информации при выгрузке данных из ЕГРП, а также имеющихся устаревших данных в распоряжении налоговых органов происходит неверное исчисление налогов. Более того, на практике встречаются случаи, когда субъектам налогообложения приходят уведомления из налоговых органов о взыскании платежей за объекты недвижимости, которые находятся в собственности иных физических лиц.

Указанные разночтения возможно устранить путем сторнирования данных в случае обращения физического лица в налоговый орган, который, в свою очередь, должен повторно запросить соответствующую информацию в Росреестре [19].

Таким образом, для устранения указанных ошибок и разночтений в информации, предоставляемой Росреестром налоговым органам, прозрачности информации, с точки зрения точности и своевременного обновления, необходимо предоставить прямой доступ налоговым органам к информационному ресурсу, содержащему сведения об объектах недвижимости и государственной регистрации прав на недвижимое имущество и сделок с ним.

Для выполнения указанных процедур, на наш взгляд, необходимо на законодательном уровне внести изменения в статью 31 Налогового кодекса Россий-

ской Федерации о наделении налоговых органов соответствующими полномочиями, а также внести изменения в иные законодательные акты Российской Федерации, регулирующие правоотношения между субъектами, участвующими в процессе государственной регистрации прав на недвижимое имущество и сделок с ним и последующего взимания налогов с объектов недвижимого имущества [20].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. О государственной регистрации недвижимости : федеральный закон от 13.07.2015 № 218-ФЗ (не вступил в законную силу) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://base.garant.ru/71129192>.
2. Луговская Л. Н. Совершенствование технологии государственной регистрации прав с использованием возможностей многофункционального центра // Вестник СГГА. – 2012. – Вып. 3 (19). – С. 62–68.
3. Митрофанова Н. О., Сухарникова Я. В. Повышение качества и доступности государственных услуг в сфере государственного кадастрового учета и государственной регистрации прав на недвижимое имущество и сделок с ним на территории Новосибирской области // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 2 (22). – С. 44–52.
4. Карпик А. П., Ветошкин Д. Н., Архипенко О. П. Совершенствование модели ведения государственного кадастра недвижимости // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 3 (23). – С. 53–59.
5. О выборе методов и средств измерений при выполнении кадастровых работ в отношении земельных участков / А. И. Каленицкий, Е. И. Аврунев, И. А. Гиниятов, Д. Ю. Терентьев // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2014. – № 4/С. – С. 139–143.
6. Об утверждении плана мероприятий («дорожной карты»). Повышение качества государственных услуг в сфере государственного кадастрового учета недвижимого имущества и государственной регистрации прав на недвижимое имущество и сделок с ним : распоряжение Правительства РФ от 01.12.2012 № 2236-р // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2012. – № 50 (Ч. IV). – Ст. 7088.
7. Ивчатова Н. С. Правовые основы создания единой учетно-регистрационной системы в Российской Федерации // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014. X Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 8–18 апреля 2014 г.). – Новосибирск : СГГА, 2014. Т. 2. – С. 18 – 27.
8. Концепция создания единой федеральной системы в сфере государственной регистрации прав на недвижимость и государственного кадастрового учета недвижимости, плана подготовки проектов нормативных правовых актов, обеспечивающих создание и развитие единой федеральной системы в сфере государственной регистрации прав на недвижимость и государственного кадастрового учета недвижимости и плана реализации мероприятий по созданию единой федеральной системы в сфере государственной регистрации прав на недвижимость и государственного кадастрового учета недвижимости : приказ Министерства экономического развития Российской Федерации от 18.12.2009 № 534 [Электронный ресурс]. – Доступ из справ.-правовой системы «Гарант».
9. О формировании информационных ресурсов, содержащих сведения Единого государственного реестра прав на недвижимое имущество и сделок с ним и государственного кадастра недвижимости : приказ Росреестра от 05.05.2010 № П/219 [Электронный ресурс]. – Доступ из справ.-правовой системы «Гарант».
10. Соглашение о взаимодействии и взаимном информационном обмене Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии и Федеральной налоговой

службы от 03.09.2010 № ММВ-27-11/9/37 [Электронный ресурс]. – Доступ из справ.-правовой системы «Гарант».

11. Об утверждении Порядка обмена сведениями в электронном виде о зарегистрированных правах на недвижимое имущество (в том числе земельные участки) и сделках с ним, правообладателях недвижимого имущества и об объектах недвижимого имущества : приказ Росреестра от 12.08.2011 № П/302, ФНС РФ № ММВ-7-11/495@ [Электронный ресурс]. – Доступ из справ.-правовой системы «Гарант».

12. Об утверждении формы, порядка ее заполнения и формата сведений о зарегистрированных правах на недвижимое имущество (в том числе земельные участки) и сделках с ним, правообладателях недвижимого имущества и об объектах недвижимого имущества : приказ ФНС России от 13.01.2011г. № ММВ-7-11/11@ [Электронный ресурс]. – Доступ из справ.-правовой системы «Гарант».

13. Протоколы ФЛК по выгрузке в ФНС от 15.07.2014, 30.09.2014, 03.02.2015.

14. Материалы круглого стола в Совете Федерации на тему налогообложения недвижимости [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://rosreestr.ru/site/press/news/rukovoditel-rosreestra-prinyal-uchastie-v-kruglom-stole-v-sovete-federatsii-na-temu-nalogooblozheniya/>.

15. О внесении изменений в статью 12 части первой и главу 30 части второй Налогового кодекса Российской Федерации : федеральный закон от 02.11.13 г. № 307-ФЗ [Электронный ресурс]. – Доступ из справ.-правовой системы «Гарант».

16. Все о новостройках – 2015. – № 8 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.vseon.com/issues/2015/item/vsyo-o-novostrojках-8-135-avgust-2015.html>.

17. Jantien Stoter, Esben Munk Sørensen, Lars Bodum. 3D Registration of Real Property in Denmark. // The International Federation of Surveyors (FIG), FIG Working Week 2004. Retrieved from www.fig.net, 2004.

18. Международная консалтинговая корпорация Gostev & G [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.gostew.ru/>.

19. Фомичева Л. П. Исправляем ошибки как профессионалы [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://buh.ru/articles/documents/13601/>.

20. Налоговый кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.garant.ru/doc/main/?yclid=555524418371062785>.

Получено 08.06.2016

© В. В. Вылегжанина, 2016

OF SOME RESULTS OF DATA VERIFICATION OBTAINED IN INTEGRATION PROCESS OF STATE CADASTRE AND UNIFIED STATE REGISTER OF RIGHTS ON REAL ESTATE AND DEALS WITH IT AND THEIR USE FOR TAXATION PURPOSES

Valerija V. Vylegzhanina

Federal Service of State Registration, Cadastre and Cartography for Novosibirsk region, 630091, Russia, Novosibirsk, 28 Derzhavina St., Chief Expert of Law Department, tel. (383)227-10-76, e-mail: pravo@uy.nsk.su

The work represents the analysis of verification procedure of data, obtained in the process of integration of State Real Estate Cadastre and United State Register of rights on real estate and real estate business, downloaded into information database of tax authority, in the process of interaction between Rosreestr and Federal Tax Service of the Russian Federation in fulfillment of tax policy, provided on the territory of the Russian Federation, with notification of main mistakes occurred in

mentioned procedure. Taking into account the experience of foreign states in state policy in the sphere of real estate rights registration, with further calculation and levying of real estate taxes, were prepared the proposals for simplifying the mentioned procedures, with making corresponding changes in legal acts of the Russian Federation.

Key words: real estate, real estate registration, verification, format-logical control, taxes, revising entry, territorial information resource, federal information resource.

REFERENCES

1. Federal Law of July 13, 2015 No 218-FZ. *O gosudarstvennoy registratsii nedvizhimost' [On state registration of real estate]*. Retrieved from <http://base.garant.ru/71129192> [in Russian].
2. Lugovskaya, L. N. (2012). Improvement of technology of the state registration of the rights with use of possibilities of the multipurpose center. *Vestnik SSGA [Vestnik SSGA]*, 3(19), 62–68 [in Russian].
3. Mitrofanova, N. O., & Sukharnikova Ya., V. (2013). Improvement of quality and availability of state services in state cadastral registration and state registration of real property rights in Novosibirsk region. *Vestnik SSGA [Vestnik SSGA]*, 2(22), 44–52 [in Russian].
4. Karpik, A. P., Vetoshkin, D. N., Arkhipenko, O. P. (2013). Improvement of state property cadastre maintenance model in Russia. *Vestnik SSGA [Vestnik SSGA]*, 3(23), 53–59 [in Russian].
5. Kalenitski, A., Avrunev, E., Giniyatov, I., & Terentiev, D. (2014). About choose methods and means of measurements at cadastral works in the case of land plots. *Izvestiya vuzov. Geodeziya i aerofotos"emka [Izvestia Vuzov. Geodesy and Aerophotography]*, 4/S, 139–143 [in Russian].
6. On approval of the action plan ("Roadmap") Improving the quality of public services in the field of state cadastral registration of real estate and state registration of rights to immovable property and transactions with it. Order of Government RF No 2236-г, December 01, 2012. *Sobranie zakonodatel'stva Rossiyskoy Federatsii [Assembly of the Russian Federation]*, No 50, Part IV, Art. 7088 (2012) [in Russian].
7. Ivchatova, N. S. (2014). The legal framework of a unified registration systems in the Russian Federation. *Sbornik materialov Interexpo GEO-Sibir'-2012: Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii: T. 2. Ekonomicheskoe razvitie Sibiri i Dal'nego Vostoka. Ekonomika prirodnopol'zovaniya, zemleustroystvo, lesoustroystvo, upravlenie nedvizhimost'yu [Proceedings of Interexpo GEO-Siberia-2012: International Scientific Conference: Vol. 2. Economic development of Siberia and Far East. Environmental Economics. Land Management, Forestry Management and Property Management]* (pp. 18–27). Novosibirsk: SSGA [in Russian].
8. Order of the Ministry of Economic Development RF of December 18, 2009 No 534. *Kontseptsiya sozdaniya edinoy federal'noy sistemy v sfere gosudarstvennoy registratsii prav na nedvizhimost' i gosudarstvennogo kadastravogo ucheta nedvizhimosti, plana podgotovki projektov normativnykh pravovykh aktov, obespechivayushchikh sozdanie i razvitie edinoy federal'noy sistemy v sfere gosudarstvennoy registratsii prav na nedvizhimost' i gosudarstvennogo kadastravogo ucheta nedvizhimosti i plana realizatsii meropriyatij po sozdaniyu edinoy federal'noy sistemy v sfere gosudarstvennoy registratsii prav na nedvizhimost' i gosudarstvennogo kadastravogo ucheta nedvizhimosti [The concept of a unified federal system in the sphere of state registration of rights to real estate and state cadastral registration of real estate, the plan of preparation of draft regulations to ensure the creation and development of a unified federal system in the sphere of state registration of rights to real estate and state cadastral registration of real estate and plan the implementation of activities to create a unified federal system in the sphere of state registration of rights to real estate and state cadastral registration of real estate]*. Retrieved from Garant online database [in Russian].
9. Order of the Federal Service for State Registration, Cadastre and Cartography of May 05, 2010 No P/219. *O formirovaniy informatsionnykh resursov, soderzhashchikh svedeniya Edinogo gosudarstvennogo reestra prav na nedvizhimoe imushchestvo i sdelok s nim i gosudarstvennogo*

kadastra nedvizhimosti [On the formation of the information resources that contain information of the Unified State Register of rights to immovable property and transactions with it and state real estate cadastre]. Retrieved from Garant online database [in Russian].

10. *Soglasenie o vzaimodeystvii i vzaimnom informatsionnom obmene Federal'noy sluzhby gosudarstvennoy registratsii, kadastra i kartografii i Federal'noy nalogovoy sluzhby [Agreement on cooperation and mutual exchange of information Federal Service for State Registration, Cadastre and Cartography and the Federal Tax Service]* of September 03, 2010 No MMV-27-11/9/37. Retrieved from Garant online database [in Russian].

11. Order of the Federal Service for State Registration, Cadastre and Cartography of August 12, 2011 No P/302. *Ob utverzhdenii Poryadka obmena svedeniyami v elektronnom vide o zaregistrirovannykh pravakh na nedvizhimoe imushchestvo (v tom chisle zemel'nye uchastki) i sdelkakh s nim, pravoobladatelyakh nedvizhimogo imushchestva i ob ob"ektakh nedvizhimogo imushchestva [On approval of the registered rights to the electronic information in the form of exchange of the immovable property (including land) and transactions with them, the rights holders of immovable property and on the real estate objects]*. Retrieved from Garant online database [in Russian].

12. Order of the Federal Tax Service of Russia of January 13, 2011 No MMV-7-11/11@. *Ob utverzhdenii formy, poryadka ee zapolneniya i formata Svedeniy o zaregistrirovannykh pravakh na nedvizhimoe imushchestvo (v tom chisle zemel'nye uchastki) i sdelkakh s nim, pravoobladatelyakh nedvizhimogo imushchestva i ob ob"ektakh nedvizhimogo imushchestva [Approval of the form, the order of its filling and data format of the registered rights to real estate (including land) and transactions with them, right holders and real estate of real estate objects]*. Retrieved from Garant online database [in Russian].

13. *Protokoly FLK po vygruzke v FNS ot 15.07.2014, 30.09.2014, 03.02.2015 [Protocols of FLC unloading in the Federal Tax Service, dated July 15, 2014, September 30, 2014, March 02, 2015]* [in Russian].

14. *Materialy kruglogo stola v Sovete Federatsii na temu nalogooblozheniya nedvizhimosti [Proceedings of the Round Table in the Federation Council on the Subject of Real Estate Taxation]*. (n. d.). Retrieved from <https://rosreestr.ru/site/press/news/rukovoditel-rosreestra-prinyal-uchastie-v-kruglom-stole-v-sovete-federatsii-na-temu-nalogooblozheniya/> [in Russian].

15. Federal Law of November 11, 2013 No 307-FZ. *O vnesenii izmeneniy v stat'yu 12 chasti pervoy i glavu 30 chasti vtoroy Nalogovogo kodeksa Rossiyskoy Federatsii [Amendments to Article 12 of the first part and the second part of chapter 30 of the Tax Code of the Russian Federation]*. Retrieved from Garant online database [in Russian].

16. *Vse o novostroykakh [All of the new buildings]*. (2015). Retrieved from <http://www.vseon.com/issues/2015/item/vsyo-o-novostroykah-8-135-avgust-2015.html> [in Russian].

17. Jantien Stoter, Esben Munk Sørensen, & Lars Bodum. (2004). 3D Registration of Real Property in Denmark. *The International Federation of Surveyors (FIG), FIG Working Week 2004*. Retrieved from www.fig.net.

18. *Mezhdunarodnaya konsaltingovaya korporatsiya Gostev & G [International Consulting Corporation Gostev & G]*. (n. d.). Retrieved from <http://www.gostew.ru/> [in Russian].

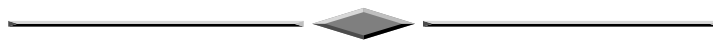
19. Fomicheva, L. P. *Ispravlyaem oshibki kak professionaly [Bug fixes as professionals]*. (n. d.). Retrieved from <http://buh.ru/articles/documents/13601/> [in Russian].

20. *Nalogovyy kodeks Rossiyskoy Federatsii [The Tax Code of the Russian Federation]*. (n. d.). Retrieved from <http://www.garant.ru/doc/main/?yclid=555524418371062785> [in Russian].

Received 08.06.2016

© V. V. Vylegzhanina, 2016

ОПТИКА, ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ И КОМПЛЕКСЫ



УДК 620.179.13

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ ДЕТАЛЕЙ ОПТИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ

Георгий Алексеевич Куриленко

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20, доктор технических наук, профессор кафедры прочности летательных аппаратов, тел. (383)346-17-77, e-mail: teormech@ngs.ru

Валерик Сергеевич Айрапетян

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, доктор технических наук, заведующий кафедрой специальных устройств и технологий, тел. (383)361-07-31, e-mail: v.s.ayrapetyan@ssga.ru

Характеристики статической трещиностойкости традиционно определяются при испытаниях стандартных образцов с начальными надрезами по диаграмме « $P-V$ », где P – приложенное усилие, V – расхождение берегов надреза. По этой диаграмме определяется характерная точка Q . При нагрузке P_Q , соответствующей этой точке, начинается движение трещины. По этой нагрузке затем рассчитываются характеристики трещиностойкости. При хрупком (упругом) разрушении диаграмма « $P-V$ » в начале движения трещины имеет экстремум (или локальный экстремум), по ординате которого P_Q определяется достаточно точно. При вязком и упруго-вязком разрушении диаграмма « $P-V$ » является монотонно возрастающей функцией и для определения P_Q проводится 5-процентная секущая, не учитывающая особенности материала, и поэтому P_Q определяется со значительной погрешностью.

Для повышения точности предлагается термографический метод определения характеристик трещиностойкости металлов. Согласно этому методу, строится график зависимости силы P от изменения температуры ΔT за достаточно малый промежуток времени в кончике нанесенного на образец надреза. Этот график затем перестраивается в диаграмму « $P-\Delta S$ », где ΔS – приращение удельной энтропии в кончике надреза, которое рассчитывается через ΔT . Эта термодинамическая диаграмма образует характерную ступеньку в начале движения трещины, по ординате которой можно значительно точнее определить P_Q . Кроме того, термографический метод позволяет упростить технологию подготовки образца к испытаниям, а именно, заменить нанесение усталостной трещины в кончике надреза острым пропилом, что дает существенную экономию времени. Проведенная статистическая обработка и сравнение результатов испытаний образцов из стали 20 по традиционной и термографической методикам показала преимущество термографической методики по точности и трудоемкости.

Ключевые слова: характеристики трещиностойкости, коэффициент интенсивности напряжений (КИН), температура, энтропия, расчетная нагрузка, надрез, пропил, движение трещины.

1. Введение

Оптико-механические приборы, используемые в современной военной технике, могут эксплуатироваться в экстремальных условиях при значительных внешних нагрузках. Поэтому силовые детали этих приборов должны иметь соответствующие прочностные характеристики.

В настоящей работе рассматривается разработанный нами новый термографический метод определения характеристик статической трещиностойкости материалов.

Эти характеристики определяются экспериментально на специальных образцах с заранее созданной трещиной (надрезом). При этом используются или плоские образцы с центральной или краевой трещинами, или цилиндрические образцы с кольцевой трещиной. Перед испытаниями необходимо нарастить надрез усталостной трещиной длиной не менее 1,5 мм.

При стандартных испытаниях [1] строятся диаграммы « $P-V$ », где P – приложенная сила; V – смещение берегов трещины. Целью этих испытаний является фиксация момента страгивания трещины. Этому моменту соответствует расчетная нагрузка P_Q , по которой затем и рассчитываются все необходимые характеристики трещиностойкости.

При хрупком разрушении расчетной нагрузке P_Q соответствует или максимум, или локальный максимум нагрузки, т. е. момент страгивания трещины удается зафиксировать довольно точно. Диаграммы « $P-V$ », соответствующие упруго-вязкому или вязкому разрушению, характеризуются отсутствием локальных максимумов нагрузки, что затрудняет фиксацию расчетной нагрузки. Для этой цели рекомендуется следующее построение – проводят 5-процентную секущую, и расчетная нагрузка P_Q определяется как ордината пересечения этой секущей с кривой « $P-V$ » [1, 2]. Проведением 5-процентной секущей пытаются отделить геометрическую нелинейность, определяющую 2-процентное подрастание трещины, после которого, как считается, начинается движение трещины, от физической нелинейности, связанной с развитием интенсивной пластической деформации в кончике трещины.

Однако при таком традиционном подходе расчетная нагрузка P_Q определяется с недостаточной точностью, поскольку не учитываются индивидуальные особенности испытываемого материала, а также довольно затруднительным является проведение самой 5-процентной секущей. Кроме того, при подготовке образцов к эксперименту требуется нанесение усталостных трещин от вершин надрезов на глубину порядка 0,3 мм, что является достаточно трудоемкой операцией.

2. Цели и методика исследования

Целями проведенного нами исследования было повышение точности определения характеристик трещиностойкости при упруго-вязком и вязком разрушении и снижение трудоемкости при подготовке образцов к эксперименту. Исследования проводились на плоских образцах из стали 20.

Для более точной фиксации расчетной нагрузки мы использовали термографический параметр ΔT – изменение температуры в кончике трещины за достаточно малый промежуток времени. Испытания проводились на шестнадцати плоских образцах (рис. 1) с центральными трещинами нормального отрыва согласно модели I линейной механики разрушения [1, 3–5]. Наряду с построением традиционных диаграмм « $P-V$ », строились диаграммы « $P-\Delta T$ », которые затем перестраивались в диаграммы « $P-\Delta S$ », где ΔS – приращение удельной энтропии в пластической зоне развития трещины. Сопоставлением этих двух термодинамических диаграмм с диаграммой « $P-V$ » устанавливалась корреляционная связь между их характерными точками.

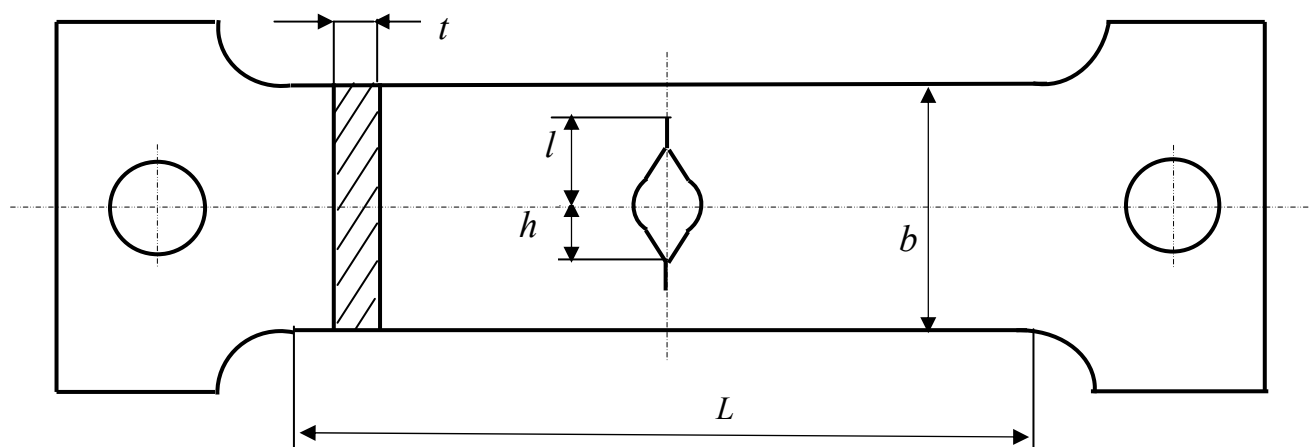


Рис. 1. Образец для испытаний.

$L = 150$ мм, $b = 50$ мм, $t = 9$ мм, $h = 7$ мм, $l = 10$ мм

Размеры образцов были выбраны согласно рекомендациям в [1, 3]. На половине образцов (1-я группа), как этого требует стандартная методика, перед испытаниями от вершины надрезов были наработаны усталостные трещины, а на остальных образцах (2-я группа) усталостные трещины были заменены острыми тонкими пропилами. Усталостная трещина создавалась от исходного надреза при коэффициенте асимметрии цикла нагружения $R = 0,1$.

Характеристики трещиностойкости (вязкости разрушения) определялись по результатам однократных статических испытаний данных образцов на универсальной гидравлической машине УГ-20. Температура в кончике трещины фиксировалась с помощью шведского тепловизора «Aga-750» [6, 7], имеющего чувствительность $0,1^{\circ}\text{C}$ при включенном механизме сканирования. При наблюдении за точкой механизм сканирования отключали, при этом чувствительность тепловизора возрастала на порядок.

На рис. 2 показана схема расположения используемого оборудования при эксперименте.

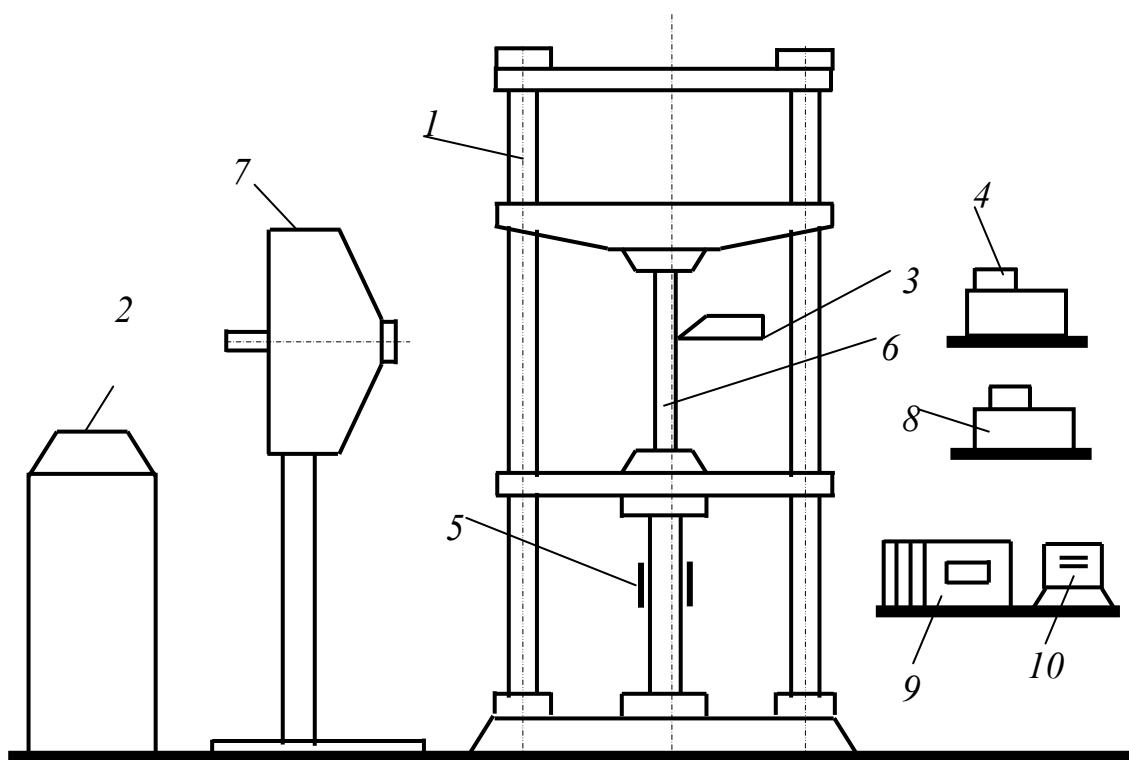


Рис. 2. Схема расположения оборудования при эксперименте:

1 – испытательная машина УГ-20; 2 – пульт управления; 3 – датчик смещения; 4, 8 – двухкоординатные потенциометры «Endim 620.02», используемые для записи диаграмм; 5 – датчик омического сопротивления; 6 – образец; 7 – тепловизор; 9 – тензоусилитель «Топаз 4-01»; 10 – источник питания «Агат-10»

При испытаниях образцов из стали 20 в кончиках трещины происходят упругопластические деформации с образованием большой пластической зоны. В таких случаях в качестве наиболее достоверных характеристик вязкости разрушения принимают: K_{QT} – критический *КИН* для образца данной толщины, K_c^* – условный критический *КИН*, соответствующий квазихрупкому разрушению, δ_c – раскрытие в вершине трещины при максимальной нагрузке P_c .

3. Результаты экспериментов

На рис. 3 для одного из образцов 1-й группы показаны диаграммы « $P-V$ », « $P-\Delta T$ ». Вторая диаграмма затем была перестроена в диаграмму « $P-\Delta S$ » по формуле [8]:

$$\Delta S = c_v \ln \left(\frac{T_2}{T_1} \right).$$

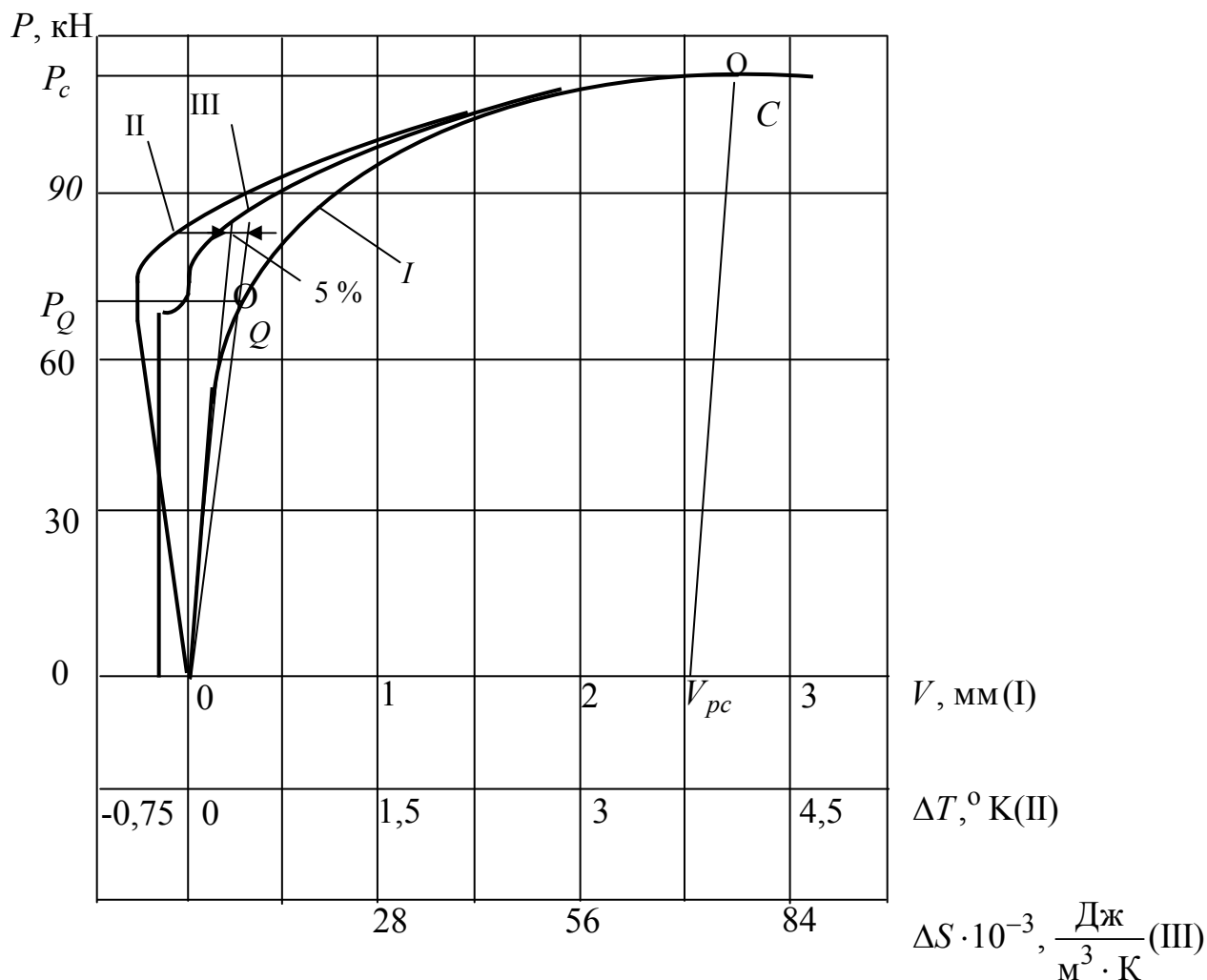


Рис. 3. Диаграммы « P - V »(I), « P - ΔT »(II), « P - ΔS »(III), полученные при испытании образца с усталостной трещиной (1-я группа образцов)

Здесь c_v – удельная теплоемкость материала; T_2 и T_1 – температуры в вершине трещины в конце и начале данного промежутка времени. Следует заметить, что в формуле ΔS – та часть потока произведенной энтропии, которая идет только на нагрев очага повреждаемости, но именно этот поток энтропии и адекватен рассматриваемой задаче, поскольку при пластическом деформировании практически вся энергия переходит в тепло.

На рис. 4 показаны такие же диаграммы, но полученные при испытании образца 2-й группы. Пропилы делались заточенной ножовкой толщиной 0,3 мм. Заметим, что для других испытанных образцов диаграммы обоих типов имеют аналогичный вид.

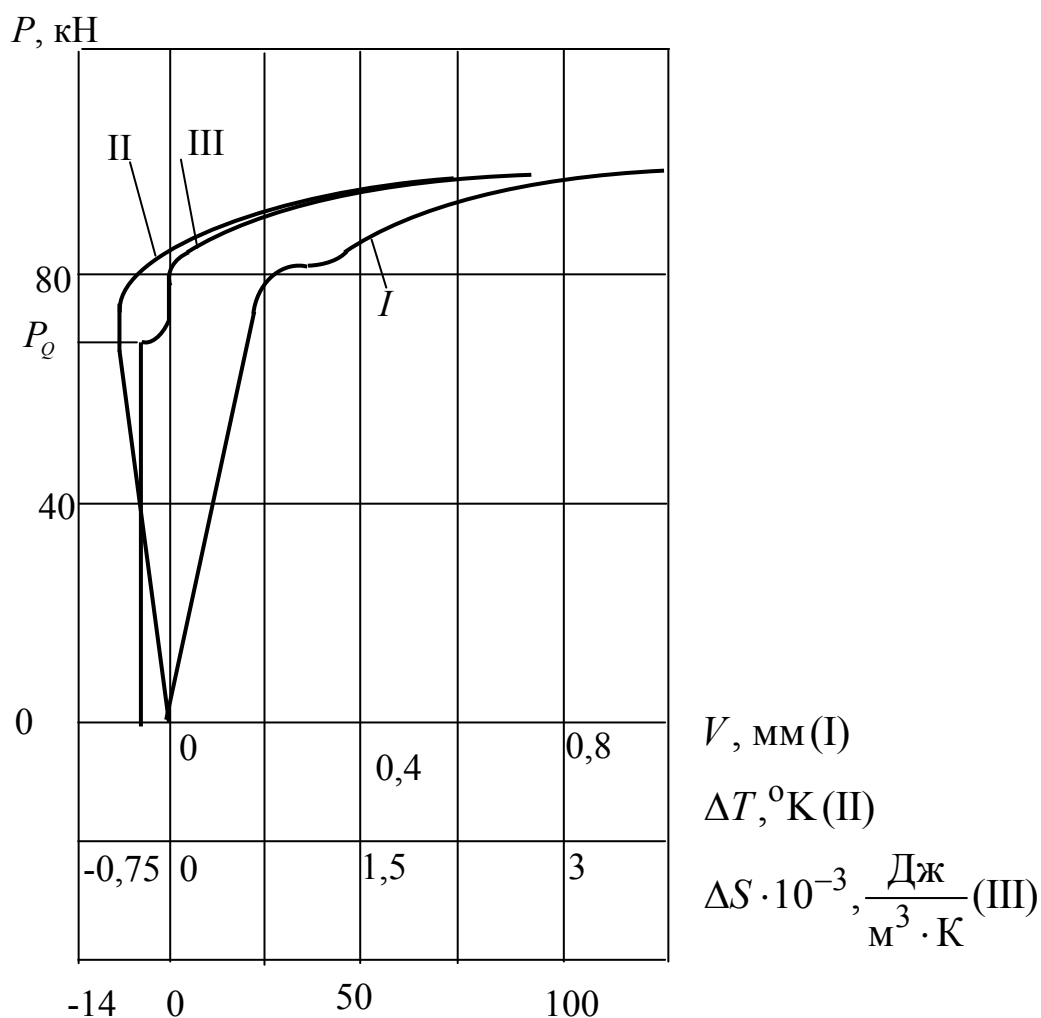


Рис. 4. Диаграммы « $P-V$ »(I), « $P-\Delta T$ »(II), « $P-\Delta S$ »(III), полученные при испытании образца с острым пропилом (2-я группа образцов)

Обсудим полученные результаты. Прежде всего отметим, что диаграмма « $P-V$ » для образцов 2-й группы (см. рис. 4) непригодна для определения характеристик трещиностойкости. Этого, вообще говоря, и следовало ожидать, поскольку у этих образцов не была соблюдена апробированная строго регламентированная технология их подготовки к испытаниям [1, 3] – не нанесена усталостная трещина. А диаграммы « $P-\Delta T$ » и « $P-\Delta S$ » [9] для обеих групп образцов оказались практически идентичными.

Заметим также, что на диаграммах « $P-\Delta T$ » и « $P-\Delta S$ » есть три ярко выраженные зоны [7, 9], имеющие ясный физический смысл: вначале (1-я зона) происходит небольшое понижение температуры, связанное с эффектом Томсона, затем разогрев материала за счет микропластического деформирования компенсирует эффект Томсона и происходит стабилизация температуры (2-я зона) и, наконец, начинается резкое повышение температуры за счет выделения энергии при пластическом деформировании (3-я зона).

И что является очень важным, определенные точки этих диаграмм коррелируют с характерными точками на диаграмме « $P-V$ »: ординаты точки на границе между 1-й и 2-й зонами практически соответствуют ординате точки Q на диаграмме « $P-V$ », а точки C , соответствующие максимальной нагрузке, практически совпадают.

Затем по экспериментально полученным расчетным точкам, взятым из диаграммы « $P-V$ », были определены по стандартной методике все необходимые характеристики трещиностойкости для образцов 1-й группы, а по термодинамической диаграмме « $P-\Delta S$ » – для всех образцов обеих групп.

И в завершение была проведена статистическая обработка рассчитанных параметров, в результате чего были определены доверительные интервалы и среднеквадратические отклонения характеристик трещиностойкости, полученных по диаграммам « $P-V$ » и « $P-\Delta S$ ».

4. Анализ полученных результатов. Выводы

1. Характеристики трещиностойкости довольно точно определяются традиционным способом (по диаграмме « $P-V$ ») при хрупком (упругом) разрушении. При испытаниях образцов из стали 20 наблюдалось вязкое разрушение. Сложная природа явления страгивания трещины при вязком разрушении препятствует прямой его регистрации по диаграмме « $P-V$ ». К. Хеллан [2] отмечает, что традиционная методика определения начала движения трещины путем проведения 5-процентной секущей, не учитывающей индивидуальные особенности детали, является «источником некоторой неуверенности в результатах». Из-за того, что трещина может распространяться внутри материала, невозможно использовать некоторые альтернативные методы, например, оптические. Может оказаться затруднительным сам факт обнаружения разрушения, поскольку поврежденность на фронте трещины растет постепенно, так как происходит рост и слияние микропор. В самой сути традиционного способа заложена погрешность, которая может быть существенной. Поэтому Хеллан и другие исследователи [2, 3, 10–12] предлагают поиск новых экспериментальных методов расчета характеристик трещиностойкости при вязком разрушении. И предлагаемый термографический способ можно рассматривать как шаг в этом направлении.

2. Из рассчитанных доверительных интервалов видно, что характеристики трещиностойкости, рассчитанные по диаграмме « $P-\Delta S$ », лежат кучнее, чем характеристики, рассчитанные по диаграмме « $P-V$ », следовательно, можно предположить, что точность их определения – более высокая. Такой результат можно объяснить тем, что график « $P-\Delta S$ » имеет резко выраженный излом в районе расчетной точки, по которому эту точку легко зафиксировать. Этот излом имеет и четкую физическую интерпретацию – он соответствует началу процесса интенсивного пластического деформирования, который, как отмечается в литературе, а также зафиксировано в наших экспериментах, происходит скачкообраз-

но [1, 3]. Именно в этот момент начинается движение трещины, что и необходимо зафиксировать при испытаниях.

3. Выявленная в процессе проведенных исследований независимость диаграмм « $P-\Delta T$ » и « $P-\Delta S$ » от типа образца дает возможность при подготовке образцов к испытаниям заменить трудоемкий процесс наращивания усталостной трещины довольно простым процессом нанесения острых пропилов от вершины надреза. Этот факт также можно рассматривать как обстоятельство, свидетельствующее о том, что по термодинамическим диаграммам в большей степени определяются именно свойства самого материала.

Можно было бы и дальше продолжить перечень соображений, замечаний и сомнений по использованию термодинамического подхода при испытаниях на статическую трещиностойкость. Но несомненным является то обстоятельство, что при упруго-вязком разрушении в экспериментах с образцами из стали 20 удалось точнее и с существенной экономией времени фиксировать по диаграмме « $P-\Delta S$ » усилие, соответствующее началу движения трещины, по которому затем можно рассчитывать характеристики трещиностойкости [1, 3].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 25.506-85. Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний металлов. Определение характеристик трещиностойкости (вязкости разрушения) при статическом нагружении. – М. : Изд. стандартов, 1985. – 61 с.
2. Хеллан К. Введение в механику разрушения. – М. : Мир, 1988. – 364 с.
3. Ковчик С. В., Морозов Е. М. Механика разрушения и прочность материалов. Справочное пособие : в 4 т. Т. 3. – Киев : Наукова думка, 1988. – 435 с.
4. Махутов Н. А., Макаренко И. В., Макаренко Л. В. Исследование механизма и кинетики разрушения поверхностных разноориентированных полуэллиптических трещин при сложном напряженно-деформированном состоянии с помощью деформационных критериев нелинейной механики разрушения // Проблемы прочности. – 2013. – № 4. – С. 91–97.
5. Романов А. Н. Распространение трещин усталости и единая кривая циклической трещиностойкости конструкционных материалов // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2013. – № 5. – С. 47–57.
6. Куриленко Г. А., Пшеничный А. Б., Труфанова Т. В. Оценка повреждаемости циклически деформируемых деталей с макротрещинами // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 1992. – № 3. – С. 46–49.
7. Куриленко Г. А., Пшеничный А. Б. Способ определения трещиностойкости материалов: а.с. СССР № 1820278, МКИ³ G 01 N 3/00; заявл. 21.03.1990; опубл. 07.06.93, Бюл. № 21. – 14 с.
8. Базаров И. П. Термодинамика. – М. : Высшая школа, 1983. – 344 с.
9. Kurilenko G. A. Quantitative infrared investigations through the intensity of thermal source in the domain of damaging // Proc. of the 4th Intern. Workshop «Advanced Infrared Technology and Applications». – Firenze, 1997. – pp. 177–188.
10. Hello G., Tahar M. B., Roelandt I. M. Analytical determination of coefficients in crack-tip stress expansions for a finite crack in an infinite plane medium // International Journal of Solid and Structures. – 2012. – Vol. 49. – P. 556–566.
11. Ding P., Wang X. Solutions of the second elastic-plastic fracture mechanics parameter in test specimens // Engineering Fracture Mechanics. – 2010. – Vol. 77. – P. 3462–3480.

12. Heat sources, energy storage and dissipation in high-strength steels: experiments and modeling / S. Dumonlin, H. Louche, O. S. Hopperstad, T. Borvik // European Journal of Mechanics A/Solids. – 2010. – Vol. 29. – P. 461–474.

Получено 21.06.2016

© Г. А. Куриленко, В. С. Айрапетян, 2016

DEFINITION CRACK RESISTANCE CHARACTERISTICS OF DETAILS OF OPTICS-MECHANICAL INSTRUMENTS

George A. Kurilenko

Novosibirsk State Technical University, Russia, 630073, Novosibirsk, K. Marx Avenue, 20, D. Sc., Professor, Department of Strength of Aircrafts, tel. (383)346-17-77, e-mail: teormech@ngs.ru.

Valeric S. Ayrapetian

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., D. Sc., Head of the Department of Special Devices and Technologies, tel. (913)462-10 75, e-mail: v.hayr100011@mail.ru.

The aim of traditional tests of samples with initial incisions is to make a diagram " $P-V$ " (P is force stretching the sample & V characterizes the widening of the crack), on which a characteristic point Q is fixed, defining the beginning of crack growth. By force P_Q , corresponding point Q , the characteristics of static crack resistance are calculated. At brittle (elastic) destruction we get diagram, having the maximum or the local loading maximum around the characteristic point Q . In such cases this point is fixed precisely enough, & the characteristics of crack resistance are defined with a great degree of reliability. At plastic & elastic-plastic destruction we get diagram, where the point Q is defined through building a 5 % secant. As many investigators point out, such method may cause considerable error when calculating the characteristics of crack resistance, as the peculiarities of the tested metals are not taken into account.

This problem is solving by building of empiric diagram " $P-\Delta T$ ", where ΔT is increment of the temperature at the top of the crack during a certain short period of time. This diagram, unlike traditional diagram " $P-V$ ", makes it possible to record with more precision the distinctive point Q , defining the beginning of crack growth, because in that time the process of plastic deformation on top of the crack begins. Then an intensive dispersion of heat occurs & temperature curve has a characteristic bending. This bending having a distinct physical interpretation is reliably fixed by standard equipment used for measuring the temperature without a contact.

The point Q is recorded especially clearly by properly step on the diagram " $P-\Delta S$ ", which is built on the basis " $P-\Delta T$ " diagram. The statistics analysis of the crack resistance characteristics, obtained by a traditional method & by the proposed thermographic method, demonstrated that in the latter case these characteristics are defined more precisely.

Key words: crack resistance, stress intensity factor, temperature, entropy, specified load, incision, cut, crack motion.

REFERENCES

1. Standarts Russian Federation. (1985). *GOST 25.506-85. Raschety i ispytaniya na prochnost'. Metody mekhanicheskikh ispytaniy metallov. Opredelenie kharakteristik treshchinostoykosti (vyazkosti razrusheniya) pri staticheskom nagruzenii [State Standard 25.506-85. Calculations and*

tests of strength . *Methods of mechanical testing of metals. Characterization of fracture toughness (toughness) at static nagruzhenii*. Moscow: Standartinform Publ. [in Russian].

2. Khellan, K. (1988). *Vvedenie v mekhaniku razrusheniya [Introduction to fracture mechanics]*. Moscow: Mir [in Russian].

3. Kovchik, S. V., & Morozov E. M. (1988). *Mekhanika razrusheniya i prochnost' materialov [Fracture mechanics and strength of materials]: Vol. 3*. Kiev: Naukova dumka [in Russian].

4. Makhutov, N. A., Makarenko, I. V., & Makarenko, L. V. (2013). Studies on the fracture mechanism and kinetics of randomly oriented surface semi-elliptic cracks at the multiaxial stress-strain state with deformation criteria of nonlinear fracture mechanics. *Problemy prochnosti [Strength of Materials]*, 4, 91–97 [in Russian].

5. Romanov, A. N. (2013). Crack propagation of fatigue and a single curve cyclic crack resistance of structural materials. *Problems of mechanical engineering and reliability [Problemy mashinostroeniya i nadezhnosti mashin]*, 5, 47–57 [in Russian].

6. Kurilenk, G. A., Pshenichnyy, A. B., & Trufanova, T. V. (1992). Evaluation of damage cyclically deformable parts with macrocracks. *Tekhnicheskaya diagnostika i nerazrushayushchiy kontrol' [Technical diagnostics and non-destructive testing]*, 3, 46–49 [in Russian].

7. Kurilenko, G. A., & Pshenichny, A. B. (1993). *Patent a. s. SSSR No 1820278, MKP³ G 01 N 3/00*. IP SSSR [in Russian].

8. Bazarov, I. P. (1983). *Termodinamika [Thermodynamics]*. Moscow: Vysshaya shkola [in Russian].

9. Kurilenko, G. A. (1997). Quantitative infrared investigations through the intensity of thermal source in the domain of damaging. *Proc. of the 4th Intern. Workshop "Advanced Infrared Technology and Applications"*, Firenze, pp. 177-188.

10. Hello, G., Tahar, M. B., & Roelandt, I. M. (2012). Analytical determination of coefficients in crack-tip stress expansions for a finite crack in an infinite plane medium. *International Journal of Solid and Structures*, 49, 556-566.

11. Ding, P., & Wang, X. (2010). Solutions of the second elastic-plastic fracture mechanics parameter in test specimens. *Engineering Fracture Mechanics*, 77, 3462–3480.

12. Dumonlin, S., Louche, H., Hopperstad, O. S., & Borvik, T. (2010). Heat sources, energy storage and dissipation in high-strength steels: experiments end modeling. *European Journal of Mechanics A/Solids*, 29, 461-474.

Received 21.06.2016

© G. A. Kurilenko, V. S. Ayrapetian, 2016

ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

УДК 502.7

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗООГУМУСА НА ОСНОВЕ ЛИЧИНОК *MUSCA DOMESTICA* В КАЧЕСТВЕ СОРБЕНТА НЕФТЕПРОДУКТОВ

Валерий Павлович Зайцев

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, доктор химических наук, профессор кафедры экологии и природопользования, тел. (383)361-08-86, e-mail: kaf.ecolog@snga.ru

Мария Викторовна Клименко

Сибирский государственный университет водного транспорта, 630099, Россия, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, инженер кафедры водных изысканий и экологии, тел. (383)211-11-67, e-mail: kvig@nsawt.ru

Ирина Ивановна Бочкарева

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии и природопользования, тел. (383)361-08-86, e-mail: kaf.ecolog@snga.ru

Предложен новый способ использования зоогумуса на основе личинок *Musca Domestica* в качестве сорбента для очистки воды от нефтепродуктов. Экспериментальные исследования сорбционных свойств зоогумуса проводились на модельных растворах, насыщенных нефтепродуктами. Начальная концентрация дизельного топлива и машинного масла в воде составила 29,0 и 16,8 мг/дм³ соответственно. По результатам проведенной работы были построены изотермы адсорбции зоогумусом машинного масла и дизельного топлива. Анализ изотерм показал, что зоогумус по отношению к исследуемым нефтепродуктам обладает положительной адсорбционной активностью. Экспериментально полученные изотермы адсорбции дизельного топлива и машинного масла были промоделированы с помощью классических эмпирических уравнений Ленгмюра и Фрейндлиха. Линейные формы изотерм позволяют получить постоянные параметры уравнений Ленгмюра и Фрейндлиха. Для каждой из представленных зависимостей после обработки были получены величины достоверной аппроксимации. Показано, что зоогумус имеет наибольшую сорбционную активность по отношению к дизельному топливу, чем по отношению к машинному маслу.

Ключевые слова: нефтепродукты, сорбция, зоогумус, очистка.

Развитие топливной энергетики, промышленного производства, транспорта в современном мире сопровождается увеличением добычи нефти и потреблением нефтепродуктов. Нефть и нефтепродукты, попадая в окружающую сре-

ду, оказывают негативное влияние на все компоненты экосистемы. Самыми загрязненными объектами оказываются гидросфера и геосфера [1, 2]. Загрязнение экосистем происходит при добыче нефти, ее переработке, при транспортировке нефти и нефтепродуктов, в результате аварийных разливов и утечки.

Отдельного внимания требует проблема загрязнения гидросферы нефтью и нефтепродуктами. Своевременная и эффективная очистка водных источников от нефтяных загрязнений является основной экологической задачей нефтедобывающих и нефтеперерабатывающих предприятий, железнодорожного, водного и автомобильного транспорта, автозаправочных комплексов и станций.

В последнее время для удаления нефти и нефтепродуктов в воде большое значение приобретают адсорбционные механизмы с применением различных сорбентов. Наиболее перспективными сорбентами для ликвидации нефтяных загрязнений являются природные и органические сорбенты [3]. В связи с этим были исследованы возможности использования зоогумуса в качестве нового сорбирующего материала нефтепродуктов, полученного при обработке свиного навоза или куриного помета личинками *Musca Domestica* [4, 5]. Принципиальная схема биотехнологии получения зоогумуса приведена в работах [6, 7].

Экспериментальные исследования сорбционных свойств зоогумуса проводились на модельных растворах, насыщенных нефтепродуктами. В качестве нефтепродуктов использовались дизельное топливо марки ДТЛ-0,2-60 ($\rho = 0,86 \text{ г/см}^3$) и машинное масло марки М14В2 ($\rho = 0,91 \text{ г/см}^3$). Модельные растворы готовились путем перемешивания 1 мл нефтепродукта в 1 л дистиллированной воды. После перемешивания двухфазная система отстаивалась в течение суток, затем фазы разделялись и водный раствор, насыщенный нефтепродуктом, использовался для исследования сорбционных свойств зоогумуса. Начальная концентрация дизельного топлива и машинного масла в воде составила 29,0 и 16,8 мг/дм³ соответственно.

Адсорбционное равновесие в системе «нефтедержащая вода – сорбент» изучалось следующим образом. В исходные растворы добавлялся в различном количестве зоогумус, от 0,05 до 1 г, затем раствор перемешивался не менее 15 минут с помощью магнитной мешалки. После осаждения взвешенных частиц сорбента, полученные растворы анализировали на приборе КН-2 по аттестованной методике [8]. Все опыты проводили при комнатной температуре $20 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$.

Величина равновесной адсорбции рассчитывалась по формуле

$$A_p = (C_0 - C) \cdot V/m, \quad (1)$$

где A_p – емкость адсорбента, мг/г;

C_0, C – начальная и равновесная концентрация нефтепродуктов в растворе соответственно, мг/л;

V – объем исследуемого раствора, л;

m – масса образца сорбента зоогумуса, г.

По результатам проведенной работы были построены изотермы адсорбции зоогумусом машинного масла и дизельного топлива, которые представлены на рис. 1.

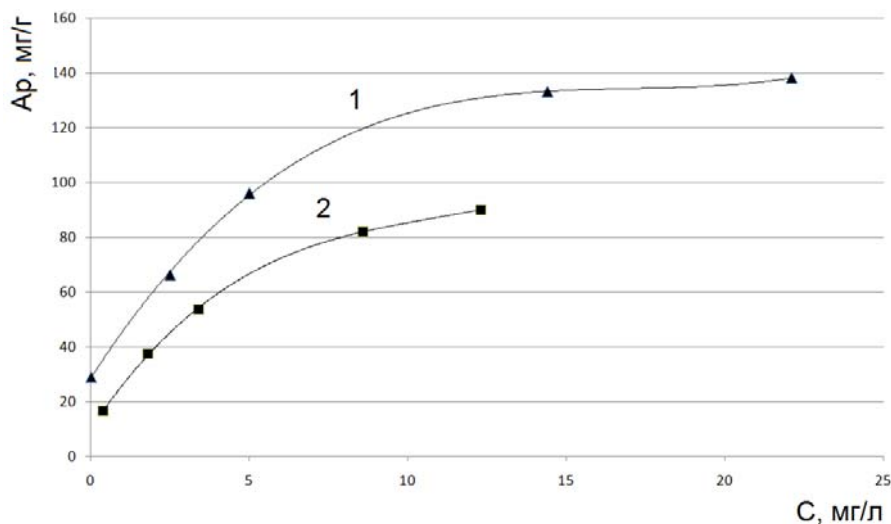


Рис. 1. Изотермы адсорбции нефтепродуктов зоогумусом:
1 – дизельное топливо; 2 – машинное масло

Анализ изотерм показал, что зоогумус по отношению к исследуемым нефтепродуктам обладает положительной адсорбционной активностью: изотермы имеют выпуклую форму [9, 10].

Полученные изотермы адсорбции нефтепродуктов по классификации Гильса принадлежат к изотермам Ленгмюра [11]. Указанные изотермы по мере увеличения концентрации сорбируемого вещества стремятся к некоторому значению, соответствующему заполненному монослою нефтепродуктов на поверхности сорбента.

С учетом формы равновесных кривых были промоделированы экспериментальные результаты с использованием уравнения Ленгмюра

$$A_p = A_m \frac{K_L \cdot C}{1 + K_L \cdot C}, \quad (2)$$

имеющего вид в линейной форме

$$\frac{C}{A_p} = \frac{1}{K_L \cdot A_m} + \frac{C}{A_p}, \quad (3)$$

где A_m – адсорбционная емкость зоогумуса при насыщении, мг/г; K_L – константа сорбционного равновесия.

Линейная форма изотермы, представленная на рис. 2, позволяет получить постоянные параметры уравнения Ленгмюра (A_m и K_L).

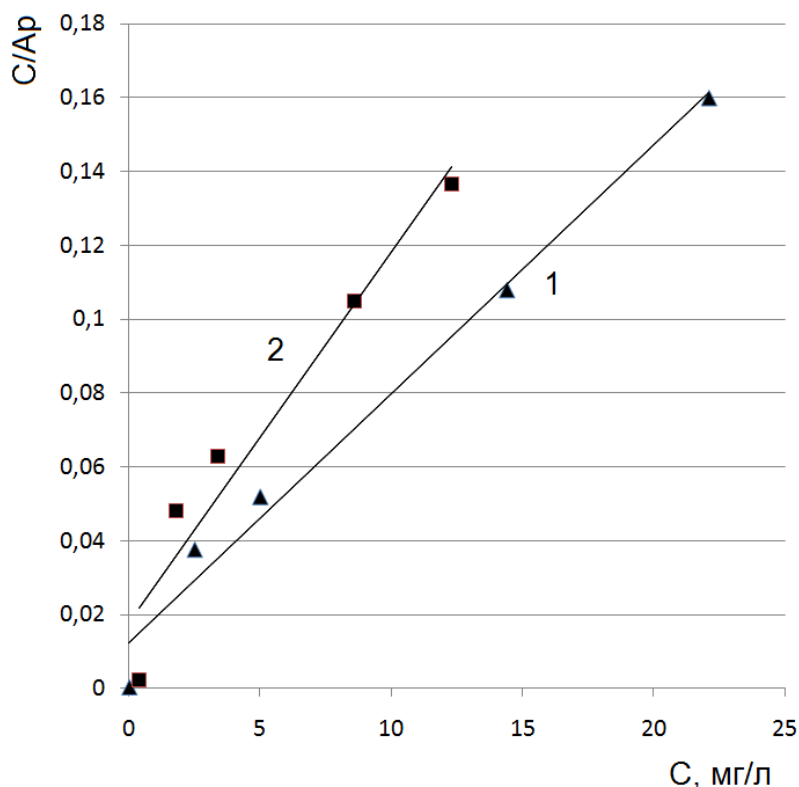


Рис. 2. Изотермы адсорбции Ленгмюра в логарифмических координатах:
1 – дизельное топливо; 2 – машинное масло

Экстраполяция прямой линии до оси ординат дает отрезок $1/A_m K_L$, а тангенс угла наклона прямой $\operatorname{tg} \alpha = 1/A_m$. Рассчитанные значения постоянных уравнения Ленгмюра приведены в таблице.

Для более полной оценки сорбционных свойств зоогумуса по отношению к нефтепродуктам изотермы адсорбции были проанализированы в соответствующих координатах линеаризации эмпирического уравнения Фрейндлиха [12]:

$$A_p = K_F \cdot C^n, \quad (4)$$

где K_F – константа равновесия уравнения Фрейндлиха, относящаяся к адсорбционной емкости; n – параметр, характеризующий кривизну изотермы в начальной области концентраций и указывающий на интенсивность взаимодействия «адсорбент – адсорбат».

На рис. 3 представлены экспериментальные данные по адсорбции нефтепродуктов зоогумусом в координатах линейного уравнения

$$\lg A_p = \lg K_F + \frac{1}{n} C. \quad (5)$$

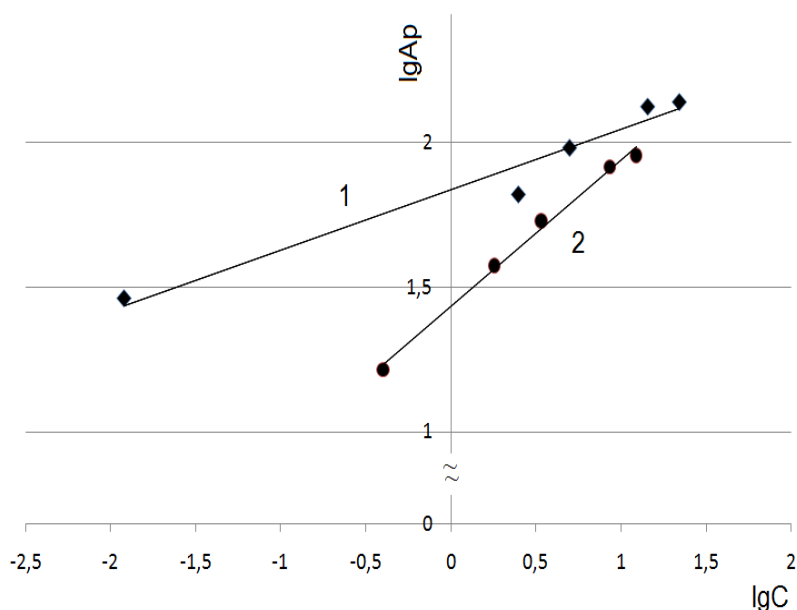


Рис. 3. Изотермы адсорбции Фрейндлиха в логарифмических координатах:
1 – дизельное топливо; 2 – машинное масло

Видно, что экспериментальные точки адсорбции нефтепродуктов зоогу-
сом хорошо укладываются на прямые линии – это свидетельствует о том, что
данное уравнение может быть использовано для нахождения параметров урав-
нения Фрейндлиха (K_F , n), которые приведены в таблице.

Таблица

Параметры уравнений Ленгмюра и Фрейндлиха
для статической сорбции нефтепродуктов зоогу-
мумом

Параметры уравнения	Дизельное топливо	Машинное масло
Уравнение Ленгмюра		
K_L	0,72	0,50
A_m	140	100
R^2	0,98	0,94
Уравнение Фрейндлиха		
K_F	68,56	27,10
n	4,76	1,96
R^{2*}	0,958	0,994

* R^2 – величина достоверной аппроксимации

Параметры K_L , K_F , n позволяют сравнить активность сорбента по отноше-
нию к нефтепродуктам: чем больше параметры сорбционного равновесия, тем
сильнее взаимодействие системы «адсорбент – адсорбат». Из сравнения данных
таблицы можно сделать вывод, что зоогу-
мум имеет наибольшую сорбционную

активность по отношению к дизельному топливу, чем по отношению к машинному маслу.

Для каждой из представленных зависимостей после обработки были получены величины достоверной аппроксимации, которые приведены в таблице. Сравнение коэффициентов аппроксимации при линеаризации изотерм показывает, что высокая корреляция для моделей Ленгмюра и Фрейндлиха дает основания использовать эти теории для интерпретации равновесных данных по адсорбции нефтепродуктов. Вычисленные таким образом параметры уравнений позволяют найти уравнение адсорбции, по которому можно вычислить количество адсорбированных нефтепродуктов в равновесных условиях.

Несмотря на то, что модели Ленгмюра и Фрейндлиха широко используются, они не дают полной информации об адсорбционном механизме. Исследования, проведенные в работах [13, 14], свидетельствуют о преобладании физической сорбции нефтепродуктов различной природы сорбентами. Необходимо отметить, что в состав сорбента входят до 15 % гуминовых кислот и их солей [6, 7]. Для полной оценки сорбционных свойств зоогумуса были исследованы ионообменные свойства сорбента для очистки воды от ионов тяжелых металлов [15].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шарикалов А. Г., Якутин М. В. Геоэкологический анализ состояния антропогенных систем // Вестник СГУГиТ. – 2011. – Вып. 3 (16). – С. 95–100.
2. Васильченко А. В., Воеводина Т. С. Проблема экологической оценки загрязнения почв нефтепродуктами. // Вестник ОГУ. – 2015. – № 10 (185). – С. 147–151.
3. Артемов А. В., Пинкин А. В. Сорбционные технологии очистки воды от нефтяных загрязнений // Вода: химия и экология. – 2008. – № 1. – С. 19–25.
4. Зайцев В. П., Клименко М. В., Голомянов А. И. Доочистка судовых нефтесодержащих вод зоогумусом // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2014. – № 1-2. – С. 353–355.
5. Зайцев В. П. Клименко М. В. Исследование сорбции нефтепродуктов зоогумусом на основе личинок *Musca Domestica* // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2016. XII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 18–22 апреля 2016 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2016. Т. 2. – С. 174–179.
6. Гудилин И. И., Кондратов А. Ф. и др. Биотехнология переработки органических отходов и экология / ред. И. И. Гудилина, А. Ф. Кондратова. – Новосибирск: Новосибирское книжное издательство. – 1999, 393 с.
7. Сороколетов О. Н. Технологические и экологические аспекты переработки отходов птицеводства и свиноводства личинками *Musca Domestica* : автореферат канд. дис. – Новосибирск : НГАУ, 2006. – 19 с.
8. Лурье Ю. Ю., Рыбникова А. И. Химический анализ производственных сточных вод. – М. : Химия, 1974. – 336 с.
9. Когановский А. М., Клименко Н. А. Адсорбция органических веществ из воды. – СПб. : Химия, 1996. – 256 с.
10. Фролов В. А. Процессы и аппараты химической технологии. – СПб. : Химиздат, 2003. – 608 с.
11. Парфит Г. Адсорбция из растворов на поверхности твердых тел: Пер. с англ. / Под ред. Г. Парфита, К. Рочерстера. – М. : Мир. 1986. – 488 с.

12. Фролов Ю. Г. Поверхностные явления и дисперсные системы. – М. : Химия, 1982. – 400 с.
13. Береза И. Г., Кучинская А. А., Петросян Е. И. Сорбционная доочистка судовых нефтесодержащих вод // Транспорт РФ. – 2012. – № 2 (39). – С. 58–59.
14. Домрачева В. А., Трусова В. В. Использование углеродного сорбента АБЗ для очистки сточных вод от нефтепродуктов // Водоочистка. – 2013. – № 3. – С. 22–28.
15. Клименко М. В., Зайцев В. П., Голомянов А. Сорбция ионов тяжелых металлов зоогумусом // Сибирский научный вестник. – 2014. – № 18. – С. 171–172.

Получено 05.05.2016 г.

© В. П. Зайцев, М. В. Клименко, И. И. Бочкарева, 2016

THE USE OF MUSCA DOMESTICA LARVAE-BASED ZOOHUMUS AS OIL PRODUCTS SORPTION

Valerij P. Zaitsev

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., D. Sc., Professor, Department of Ecology and Nature Management, tel. (383)361-08-86, e-mail: kaf.ecolog@ssga.ru

Maria V. Klimenko

Siberian State University of Water Transport, 630099, Russia, Novosibirsk, 33 Schetinkina St., Engineer, Department of Water Research and Ecology, tel. (383)211-11-67, e-mail: kvig@nsawt.ru

Irina I. Bochkareva

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., Associate Professor, Department of Ecology and Nature Management, tel. (383)361-08-86, e-mail: kaf.ecolog@ssga.ru

A new method of using *Musca Domestica* larvae-based zoohumus as a sorbent for water purification from oil products has been proposed. Experimental study of sorption properties of zoohumus were carried out on model solutions saturated with oil products. The initial concentration of diesel fuel and motor oil in water were 29.0 and 16.8 mg/dm³, respectively. Adsorption isotherms of motor oil and diesel fuel by zoohumus were built on the results of the work. Analysis of the isotherms showed that zoohumus has a positive adsorption activity in relation to the studied oil products. Experimentally obtained adsorption isotherms of diesel fuel and motor oil have been modeled using the classical empirical Langmuir-Freundlich equations. Linear forms of the isotherms allow to obtain the constant parameters of Langmuir-Freundlich equations. The value of accurate approximation was obtained for each of the presented dependencies after processing. The article shows that zoohumus has the higher sorption activity in relation to diesel fuel compared to engine oil.

Key words: oil products, sorption, zoohumus, purification.

REFERENCES

1. Sharikalov, A. G., & Yakutin, M. V. (2011). Geocological analysis of the state of human systems. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 3(16), 95–100 [in Russian].
2. Vasil'chenko, A. V., & Voevodina, T. S. (2015). The problem of environmental assessment of oil pollution of soils. *Vestnik OGU [Bulletin of OSU]*, 10(185), 147–151 [in Russian].

3. Artemov, A. V., & Pinkin, A. V. (2008). Sorption processes to treat oil contaminated water. *Voda: khimiya i ekologiya [Water: Chemistry and Ecology]*, 1, 19–25 [in Russian].
4. Zaytsev, V. P., Klimenko, M. V., & Golomyanov, A. I. (2014). Marine oily water afterpurification by zoohumus. *Nauchnye problemy transporta Sibiri i Dalnego Vostoka [Scientific Transport Problems of Siberia and the Far East]*, 1–2, 353–355 [in Russian].
5. Zaytsev, V. P., & Klimenko, M. V. (2016). Investigation of oil products sorption by *Musca Domestica* larvae-based zoohumus. In *Sbornik materialov Interekspo GEO-Sibir'-2015: Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii: T. 2. Distantcionnye metody zondirovaniya Zemli i fotogrammetriya, monitoring okruzhayushchey sredy, geoekologiya [Proceedings of Interexpo GEO-Siberia-2015: International Scientific Conference: Vol. 2. Remote Methods of Sensing Earth and Photogrammetry, Environmental Monitoring, Geoecology]* (pp. 174–179). Novosibirsk: SGUGiT [in Russian].
6. Gudilin, I. I., & Kondratov, A. F. (1999). *Biotehnologija pererabotki organicheskikh othodov i jekologija [Biotechnology of processing of organic waste and ecology]*. Novosibirsk Publishing House [in Russian].
7. Sorokoletov, O. N. (2006). Tehnologicheskie i jekologicheskie aspekty pererabotki othodov pticevodstva i svinovodstva lichinkami *Musca Domestica* [Technological and environmental aspects of waste processing of poultry and pork by *Musca Domestica*'s larvae]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Novosibirsk [in Russian].
8. Lur'e, Yu. Yu., & Rybnikova, A. I. (1974). *Himicheskij analiz proizvodstvennykh stochnykh vod [Chemical analysis of industrial wastewater]*. Moscow: Khimiya [in Russian].
9. Koganovskiy, A. M., & Klimenko, N. A. (1996). *Adsorbciya organicheskikh veshhestv iz vody [Adsorption of organic substances from water]*. St. Petersburg: Khimiya [in Russian].
10. Frolov, V. A. (2003). *Processy i apparaty himicheskoy tehnologii [The processes and apparatuses of chemical technology]*. St. Petersburg: Khimizdat [in Russian].
11. Parfit, G. (1986). *Adsorbciya iz rastvorov na poverhnosti tverdykh tel [Adsorption from solutions on solid surfaces]*. Moscow: Mir. [in Russian].
12. Frolov, Yu. G. (1982). *Poverhnostnye javleniya i dispersnye sistemy [Surface phenomena and disperse systems]* Moscow: Khimiya [in Russian].
13. Bereza, I. G., Kuchinskaya, A. A., & Petrosyan, E. I. (2012). Sorption-based advanced treatment of marine oily waters. *Transport RF [Transport RF]*, 2(39), 58–59 [in Russian].
14. Domracheva, V. A., & Trusova, V. V. (2013). The use of carbon sorbent PAR for wastewater treatment from oil products. *Vodoochistka [Water Purification]*, 3, 22–28 [in Russian].
15. Klimenko, M. V., Zaytsev, V. P., & Golomyanov, A. (2014). Sorption of heavy metal's ions by zoohumus. *Sibirskiy nauchnyy vestnik [Siberian Scientific Bulletin]*, 18, 171–172 [in Russian].

Received 05.05.2016

© V. P. Zaitsev, M. V. Klimenko, I. I. Bochkareva, 2016

УДК 528.8

НЕПРЕРЫВНОЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБИЛИЯ И ВСТРЕЧАЕМОСТИ РАСТЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИСТАНЦИОННЫХ СПЕКТРАЛЬНЫХ ПЕРЕМЕННЫХ (СЕВЕРНАЯ ТАЙГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ)

Игорь Дмитриевич Махатков

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Лаврентьева, 8/2, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории географии и генезиса почв, тел. (913)906-07-15, e-mail: makhatkov@mail.ru

Рассмотрены особенности непрерывного пространственного моделирования основных переменных растительного покрова – обилия (% проективного покрытия) и встречаемости видов на основе статистической связи со спектральными переменными космического снимка (Landsat). Во всех случаях использовался простейший вариант статистического моделирования – множественная линейная регрессия. Модели строились двумя способами: прямые модели (регрессии переменных растительности и спектральных переменных) и модели с использованием факторов варьирования растительности (регрессии факторов и спектральных переменных, затем – моделирование переменных растительности). Модели оценивались по величине коэффициента детерминации для наблюдаемых и прогнозируемых значений, включая перекрестную проверку как меру устойчивости. Различные варианты моделей показали, что моделирование обилия ограничено небольшим количеством доминирующих видов с большим размахом значений проективного покрытия. Моделирование встречаемости возможно для значительно большего количества видов. Прямые модели показали меньшую устойчивость, чем модели с использованием основных факторов комплексного изменения растительности.

Ключевые слова: статистическое моделирование, растительность, дистанционное зондирование.

Наиболее распространенный способ пространственного моделирования переменных растительного покрова – экстраполяция предварительно классифицированных наблюдений, т. е. единиц классификации растительности [1–3]. Классификация при этом необходима для преобразования многомерной информации в одномерную, что позволяет проводить линейные границы на территории, т. е. построить графическую модель растительности. Понятно, что классификация в этом случае снижает объем исходной информации [4], а самих классификаций и, соответственно, моделей на одну и ту же территорию может быть построено множество.

При условии отказа от построения графической модели возможен отказ и от предварительной классификации тематической информации. В этом случае моделируются непрерывные тематические переменные [3] для растительного покрова, например – вероятное обилие и вероятность встречи видов растений, что дает возможность создания пространственной модели неклассифицированной информации [5]. Основой моделирования пространственного распределения видов в качестве предикторов используются непрерывные переменные,

имеющие сплошное покрытие на территорию моделирования, в том числе полученные инструментальными методами – спектральные отклики и результаты радарного сканирования [6]. В последнее десятилетие возросшая доступность данных дистанционного зондирования (ДДЗ) и возможностей цифрового моделирования вызвали геометрический рост исследований в этом направлении [7].

Выделяются два способа построения пространственных моделей – аналитический (функциональный), на основе упрощенных представлений о причинно-следственных связях [8], и феноменологический (эвристический, статистический), на основе статистической связи зависимых и независимых переменных [9]. Аналитические модели требуют предварительного пространственного моделирования физических факторов [6], что кроме упрощения связей неизбежно снижает достоверность итогов по сравнению с феноменологическими моделями [8, 9], хотя последние всегда ограничены в пространстве [10].

Тематические переменные эмпирических моделей часто прямо связаны с формированием спектрального отклика поверхности, например – запасы и видовой состав древостоя [4, 11], обилие групп видов растений [12, 13]. Эмпирическому моделированию на основе спектральных откликов поддаются и свойства, явно не влияющие на спектральные свойства поверхности, например – вероятность встречи видов млекопитающих и птиц [3, 14], флористические индексы сообществ [15]. В этом случае моделируемые переменные статистически связаны с комплексными изменениями биоты в пространстве, т. е. факторами среды, и в том числе – с поведением доминантов растительности, которые, в свою очередь, и определяют спектральный отклик. Эмпирические непрерывные модели при этом можно строить двумя путями: поиском прямой зависимости тематической переменной от спектральных откликов и предварительным моделированием факторов с последующей интерпретацией модели факторов для моделируемых переменных, например – модели обилия или встречаемости каждого вида, которая учитывает весь комплекс изменения растительности [3]. В первом случае, это поиск зависимости значений проективного покрытия и вероятности встречи от значений спектральных откликов для каждого вида отдельно. Во втором случае – предварительное выделение ведущих факторов, описывающих весь комплекс изменения проективного покрытия или встречаемости видов в пространстве, затем – поиск зависимости этих факторов от значений спектральных откликов, и затем – моделирование проективного покрытия или встречаемости каждого вида на основе пространственной модели факторов. Эти два способа построения модели, вероятно, должны дать различные результаты.

Целью настоящей статьи было оценить особенности статистической связи двух основных геоботанических переменных – собственных значений обилия и встречаемости и их производных – значений главных компонент, интерпретируемых в нашем случае как факторы среды, и спектральных откликов поверхности на примере модельного участка северной тайги Западной Сибири.

Создание наилучшей пространственной модели растительности, включающей многие аспекты способов пространственной экстраполяции, – выбор функций

разного вида, применение непараметрических методов, оценка репрезентативности натуральных наблюдений, число и характер предикторов и т. д., не входили в задачу настоящей работы, эти аспекты моделирования в статье не обсуждаются.

В качестве исходных тематических переменных был использован массив из 225 геоботанических описаний, сделанных в окрестностях г. Ноябрьска (ЯНАО), в прямоугольнике 74.9620ВД/62.8196СШ – 76.2273ВД/63.3287СШ. Территория находится в пределах подзоны северной тайги [6, 17]. Большая часть территории покрыта зональными северо-таежными лиственничными кустарничково-зеленомошными лесами на суглинистых отложениях и интразональными сосновыми кустарничково-лишайниковыми лесами – на песчаных отложениях. Значительные площади занимают водораздельные мерзлые плоскобугристые и талые выпуклые и грядово-мочажинные болота [18]. В зонах транзита болотных вод, в краевых частях болотных массивов распространены олиго-мезотрофные болота, в долинах рек и ручьев – пойменные серии растительности, выраженные в зависимости от вреза русел и режима меандрирования. Большая часть лесных сообществ территории, за исключением пойменных темнохвойных и березовых лесов, отличается разреженным древесным ярусом. В болотных сообществах древесный ярус если и представлен, то в виде отдельных деревьев. Из-за этих особенностей ведущую роль в формировании спектральных откликов играет напочвенный покров, разнообразие которого в основном и определяют разнообразие растительности в целом. Сравнительно небогатая флора [19], преимущественно редкостойные леса, в которых древесный ярус не маскирует напочвенный покров и пологий рельеф, который в нашем случае можно игнорировать, делают территорию удобной для поиска связей переменных растительного покрова и спектральных изображений.

В качестве ДДЗ использовались спектральные каналы сканера Landsat ETM от 02.06.2001 (номенклатура на сервере USGS LE71570162001153SGS00). Выбор этого сканера был продиктован доступностью данных (<http://glovis.usgs.gov/>) и разрешением спектральных каналов 30 × 30 м/пиксель, сравнимым с рекомендуемой площадью геоботанического описания – 10 × 10 м [20], что важно при сопоставлении натуральных наблюдений и ДДЗ [21].

Исходный массив описаний включал 103 вида высших сосудистых растений, что сравнимо выявленной флорой смежной территории бассейна р. Вэнгаха – 126 видов [22]. Для дальнейшей работы из общего числа были исключены редкие и малочисленные виды. В итоге рабочий массив сократился до матрицы 88 видов (64 вида высших сосудистых растений, 10 мохообразных и 6 лишайников) в 225 описаниях. Матрица обилия представляла собой геоботанические описания, где для каждого вида растений было указано цифровая оценка процента его проективного покрытия, от 0 (отсутствие) до 100 % в каждом из 225 описаний. В случае, когда вид присутствовал, но его обилие меньше 0,5 %, присваивалось значение 0,1. В матрице присутствия использовались 2 значения: 0 – отсутствие вида и 1 – присутствие вида в описании, и в дальнейшем эта переменная рассматривалась в качестве меры встречаемости – ве-

роятности присутствия вида, т. е. непрерывной переменной, которая могла принимать дробное значение от 0 до 1 [23]. Названия высших сосудистых растений приведены согласно сводке С. К. Черепанова [24], мхов – М. С. Игнатова и др. [25], лишайников – М. Andreev et al. [26].

Для построения моделей использовались результаты трансформации спектральных и тематических переменных методом главных компонент. Спектральные переменные трансформировались из-за мультиколлинеарности, высокой корреляции откликов разных спектральных каналов [26], что мешает правильно оценить информативность предикторов. Кроме того, при сильной взаимной корреляции предикторов и выхода их значений за пределы области определения, в нашем случае ограниченной значениями в точках описаний, могут быть получены явно неверные и даже абсурдные предсказанные значения зависимой величины [28]. Для улучшения информативности главные компоненты спектральных откликов рассчитывались с применением маски, которая исключала антропогенные нарушения и водную поверхность. В качестве моделируемых тематических переменных использовались как собственные значения встречаемости и обилия видов, так и результаты трансформации матриц описаний также методом главных компонент, которые в дальнейшем рассматривались в качестве комплексных факторов обилия и встречаемости.

Учитывая, что перед нами не стояла задача поиска наилучших моделей распространения и обилия видов, в качестве функции всегда использовался простейший вариант поиска зависимости – множественная линейная регрессия.

Результаты моделирования оценивались по выборочному коэффициенту детерминации [28], который определяется как доля объясненной суммы квадратов отклонений от общей:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2},$$

где y_i, \hat{y}_i, \bar{y} – фактические и расчетные значения и среднеарифметическое значение, соответственно.

Устойчивость моделей оценивалась по величине коэффициента детерминации полного скользящего контроля, т. е. поочередного исключения каждого наблюдения из обучающей выборки и использования его отклонения от прогноза [30].

В целом, модели строились двумя способами (рис. 1).

1. Прямая модель – поиск прямой зависимости тематических переменных каждого вида от спектральных переменных и вычисление тематических переменных каждого вида на ключевой участок.

2. Модель с использованием факторов – трансформация исходного массива описаний в матрицу значений факторов (главных компонент), поиск зависимости каждого фактора от спектральных переменных и далее – обратной трансформации в значения для каждого вида на ключевой участок.



Рис. 1. Используемые алгоритмы моделирования

Для обращения с данными использовался QGis 2.12 (<http://www.qgis.org/>) с дополнительными модулями, для вычислений – Python 2.7 (<https://www.python.org/>) с необходимыми библиотеками (<http://www.numpy.org/>, <http://scikit-learn.org/>, <http://www.gdal.org/>), и редактор PyCharm Community (<https://www.jetbrains.com/>).

Информативность компонент шести каналов изображения при исключенной площади водной поверхности и нарушенных территорий резко снижается с первой компоненты, которая описывает около 78 % общей вариабельности (рис. 2). Вторая и третья компоненты описывают 11 и 10 % соответственно, а остальные – не более 1 %.

Принимая во внимание, что информативность использованных компонент отразится на результатах перекрестной проверки моделей, в дальнейшем использовались варианты построения моделей с использованием разного количества компонент, начиная от использования только первой, далее – первой и второй и т. д., заканчивая вариантом с использованием всех шести. В случае включения неинформативных компонент, устойчивость модели (при условии нормирования предикторов) неизбежно приведет к снижению коэффициента детерминации перекрестной проверки.

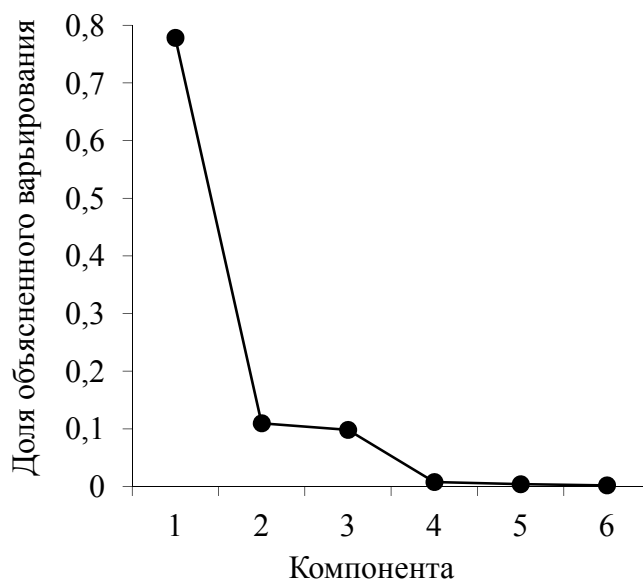


Рис. 2. Информативность главных компонент изображения

Информативность факторов (компонент) встречаемости видов снижается сравнительно полого, по сравнению с факторами проективного покрытия (рис. 3).

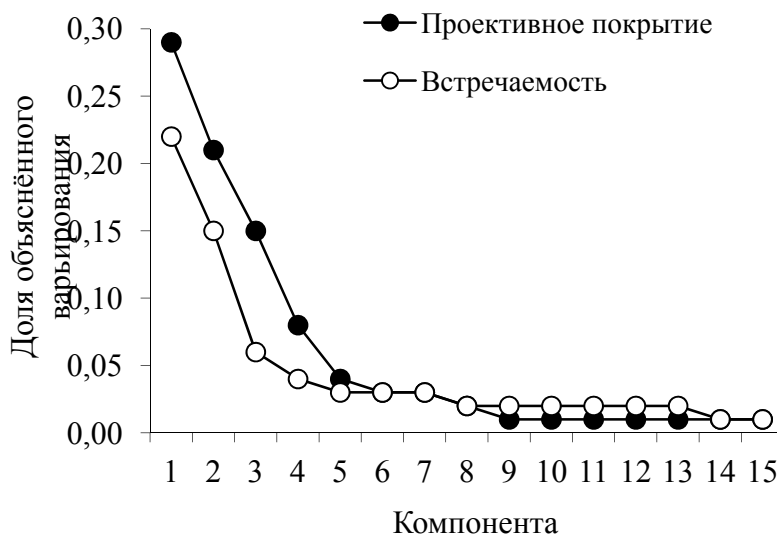


Рис. 3. Информативность первых 15 факторов (компонент) геоботанических переменных

Основную часть вариабельности проективного покрытия представляет вариабельность покрытия нескольких видов – доминантов и содоминантов, и составляет основную нагрузку старших факторов. Проективное покрытие большей части видов слабо связано с обилием доминантов и меняется в узких диа-

пазонах, для некоторых видов – от 0 до 1 %, вклад вариабельности проективно-го покрытия этих видов оказывается незначительным. Первые факторы обилия, таким образом, отражает в основном информацию о видах с наибольшим обилием. Встречаемость, напротив, отражает информацию только о флористическом составе сообществ, а их старшие факторы – о распространении большого количества видов.

Из применяемых критериев оценки количества информативных факторов [31], критерий Кайзера в обоих случаях явно переоценивает их количество – 9 и 19, соответственно. Критерий «осыпи» для факторов встречаемости указывает на значимую информативность только первых трех или четырех факторов (в сумме 54 и 57 % от общего варьирования, соответственно), а для проективно-го покрытия – первых четырёх или пяти (0,77 и 0,81 %, соответственно). Из-за дальнейшего плавного снижения информативности значимость остальных факторов остаётся неясной, небольшие перегибы кривой информативности факторов проективного покрытия отмечаются на девятой компоненте, для встречаемости – на четырнадцатой.

В дальнейшем варианты моделирования включали 15 первых факторов, т. е. в том числе – заведомо неинформативные. Их значимость, так же как и для определения значимости спектральных переменных, определялась по результатам перекрестной проверки.

Перекрестная проверка зависимости факторов обилия от спектральных переменных показала (табл. 1), что значительно улучшает моделирование факторов использование первых трех спектральных компонент, включение остальных спектральных компонент улучшает модели в меньшей степени (R^2 модели), не ухудшая их устойчивость (R^2 перекрестной проверки). Устойчивые зависимости от спектральных переменных показали только первые три фактора обилия, коэффициенты детерминации перекрестной проверки зависимости остальных 15 факторов оказались близкими к 0 (в табл. 1 и 2 приведены значения R^2 только для первых пяти факторов).

Таблица 1

R^2 регрессий факторов обилия и спектральной информации

Количество спектральных компонент	Факторы обилия									
	Модель					Перекрестная проверка				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	0,06	0,62	0,01	0,02	0,00	0,04	0,61	-0,01	0,00	-0,02
2	0,43	0,63	0,02	0,02	0,04	0,41	0,62	0,00	-0,01	0,01
3	0,45	0,72	0,32	0,03	0,04	0,42	0,71	0,29	-0,01	0,01
4	0,53	0,76	0,38	0,03	0,06	0,51	0,75	0,35	-0,02	0,02
5	0,54	0,77	0,38	0,04	0,08	0,51	0,75	0,35	-0,02	0,03
6	0,58	0,77	0,42	0,05	0,08	0,56	0,75	0,38	-0,02	0,02

Таблица 2

 R^2 факторов встречаемости и спектральной информации

Количество спектральных компонент	Факторы встречаемости									
	Модель					Перекрестная проверка				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	0,28	0,23	0,04	0,05	0,00	0,27	0,22	0,03	0,03	-0,02
2	0,28	0,37	0,16	0,09	0,01	0,26	0,36	0,14	0,06	-0,01
3	0,40	0,39	0,28	0,17	0,03	0,38	0,37	0,25	0,14	0,00
4	0,50	0,47	0,28	0,17	0,04	0,48	0,45	0,25	0,14	0,00
5	0,51	0,48	0,28	0,19	0,04	0,48	0,45	0,25	0,15	-0,01
6	0,57	0,55	0,29	0,19	0,05	0,54	0,52	0,25	0,14	-0,01

Так же как и в случае с факторами обилия, включение всех спектральных переменных не ухудшало зависимость от них факторов встречаемости (см. табл. 2). При более низких коэффициентах детерминации, устойчивые зависимости от спектральных откликов проявили первые четыре фактора. Сходные результаты были получены в похожих исследованиях связи свойств растительности и ДДЗ, например – для пространственных моделей индекса состояния растительности и комплексного индекса местообитания (коэффициент корреляции наблюдаемых и прогнозных значений 0,47 и 0,57, соответственно) с использованием обобщенной линейной модели [32].

Результаты перекрестной проверки позволили обоснованно ограничить количество используемых факторов, и в дальнейшем анализировались результирующие матрицы с использованием первых трех факторов обилия и четырех факторов встречаемости, и использованием всех шести спектральных переменных.

Уровень и характер статистической связи тематических переменных специфичен для каждого изображения [10]. В нашем случае количество информативных факторов обилия и встречаемости, определенное по перекрестной проверке их связи со спектральными откликами, не согласуется с оценкой их значимости по «критерию осыпи». Спектральные отклики содержат больше информации о флористическом составе фитоценозов, чем об обилии видов, хотя предположить можно было бы обратное – более тесную связь с факторами обилия, которые и формируют средневзвешенный спектральный отклик.

Полученные прогнозные результирующие матрицы обилия видов показали лучшие результаты по сравнению с матрицами встречаемости видов (табл. 3). При этом отклонения от исходных матриц уменьшались по мере увеличения числа спектральных переменных, а для моделей с использованием факторов – и по мере увеличения числа факторов. Прямые модели в обоих случаях показали несколько лучшие результаты.

Таблица 3

R^2 результирующих модели обилия и встречаемости

Количество спектральных компонент	Обилие				Встречаемость				
	Количество использованных факторов			Прямые модели	Количество использованных факторов				Прямые модели
	1	2	3		1	2	3	4	
1	0,18	0,29	0,30	0,30	0,23	0,26	0,26	0,27	0,27
2	0,27	0,39	0,40	0,40	0,23	0,28	0,29	0,29	0,30
3	0,28	0,41	0,45	0,46	0,26	0,31	0,32	0,33	0,33
4	0,30	0,44	0,49	0,50	0,28	0,34	0,35	0,36	0,37
5	0,30	0,44	0,49	0,50	0,28	0,34	0,36	0,36	0,37
6	0,31	0,45	0,51	0,52	0,29	0,36	0,38	0,38	0,39

Детальное рассмотрение результирующих моделей обилия видов показало, что обилие только нескольких видов проявляет хорошую связь со спектральными переменными (табл. 4), а именно – доминанты мохово-лишайникового яруса: *Cladonia stellaris* (Opiz) Brodo., *Sphagnum fuscum* (Schimp.) H.Klinggr. и *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt., и некоторые другие виды, например сосна и морошка. Всего же из 88 видов, коэффициент детерминации выше 0,20 при использовании первых трех факторов показали модели только 10 видов (табл. 5). Прямые регрессии значений обилия и спектральных переменных показали несколько лучшие результаты, коэффициент детерминации выше 0,20 регрессий 13 видов, и почти всегда выше, чем для моделей с использованием факторов. Высокий уровень статистической связи ДДЗ и проективного покрытия групп доминантов [33], надземной фитомассы доминантов [34, 35] отмечается и в литературе.

Прогноз встречаемости при использовании четырех факторов, так же как и обилия, достаточно надежен для тех же доминантов *Cladonia stellaris*, *Sphagnum fuscum* и *Pleurozium schreberi*, но кроме них – для большого количества содоминантов мохово-лишайникового яруса, таких как *Cladonia rangiferina* Nyl. и *Hylocomium splendens* (Hedw.) Bruch et al. Модели встречаемости большого числа видов значительно лучше моделей их обилия. Это относится к некоторым содоминантам травяно-кустарничкового яруса, например *Vaccinium myrtillus* L., *V. vitis-idaea* L., *Empetrum nigrum* L., *Ledum palustre* L., *Betula nana* Roth. Сравнительно хорошие результаты показали модели встречаемости видов, проективное покрытие которых не бывает высоким, таких как *Linnaea borealis* L., *Oxycoccus microcarpus* Turcz. ex Rupr., *Peltigera aphthosa* (L.) Willd. Всего из 88 видов коэффициент детерминации выше 0,20 при использовании первых четырех факторов показали модели 29 видов. Результирующие модели проективного и покрытия и встречаемости видов улучшаются по мере увеличения числа факторов. Как и в случае с моделями проективного покрытия, прямые регрессии встречаемости от спектральных переменных показали несколько лучшие результаты, коэффициенты детерминации выше 0,2 для 31 вида.

Таблица 4

 R^2 моделей некоторых видов и их перекрестных проверок

	Виды	Максимальное покрытие, %	Обилие				Средняя встречаемость	Встречаемость			
			Три фактора		Прямые модели			Четыре фактора		Прямые модели	
			Модель	Проверка	Модель	Проверка		Модель	Проверка	Модель	Проверка
Древесный	<i>Betula pendula</i>	50	0,21	0,20	0,22	0,18	0,45	0,32	0,30	0,34	0,30
	<i>Larix sibirica</i>	30	0,24	0,23	0,28	0,23	0,22	0,37	0,36	0,39	0,36
	<i>Picea obovata</i>	40	0,21	0,20	0,27	0,23	0,28	0,39	0,37	0,39	0,36
	<i>Pinus sibirica</i>	30	0,00	0,00	0,02	-0,02	0,39	0,16	0,15	0,17	0,12
	<i>Pinus sylvestris</i>	70	0,42	0,41	0,45	0,41	0,52	0,42	0,41	0,43	0,40
Травяно-кустарничковый	<i>Betula nana</i>	30	0,09	0,09	0,13	0,09	0,40	0,44	0,42	0,46	0,43
	<i>Carex globularis</i>	30	0,01	0,01	0,06	0,02	0,43	0,29	0,28	0,31	0,27
	<i>Chamaedaphne calyculata</i>	30	0,20	0,20	0,24	0,20	0,34	0,23	0,22	0,24	0,19
	<i>Empetrum nigrum</i>	10	0,13	0,12	0,18	0,13	0,44	0,34	0,33	0,35	0,31
	<i>Equisetum sylvaticum</i>	20	0,04	0,04	0,04	0,01	0,12	0,18	0,17	0,18	0,14
	<i>Ledum palustre</i>	50	0,19	0,19	0,24	0,19	0,61	0,47	0,46	0,47	0,44
	<i>Linnaea borealis</i>	10	0,17	0,17	0,19	0,15	0,15	0,37	0,36	0,38	0,35
	<i>Melampyrum pratense</i>	1	0,06	0,06	0,07	0,02	0,08	0,21	0,20	0,22	0,17
	<i>Oxycoccus microcarpus</i>	30	0,17	0,17	0,20	0,14	0,32	0,33	0,31	0,32	0,29
	<i>Rubus chamaemorus</i>	40	0,31	0,30	0,33	0,29	0,35	0,33	0,31	0,33	0,30
	<i>Trientalis europaea</i>	5	0,03	0,03	0,05	0,01	0,09	0,18	0,16	0,18	0,14
	<i>Vaccinium myrtillus</i>	40	0,19	0,18	0,20	0,15	0,45	0,38	0,36	0,39	0,36
	<i>Vaccinium uliginosum</i>	40	0,09	0,09	0,13	0,08	0,56	0,27	0,26	0,28	0,24
	<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	40	0,19	0,18	0,21	0,16	0,56	0,37	0,35	0,38	0,35
Мохово-лишайниковый	<i>Cladonia rangiferina</i>	40	0,14	0,14	0,18	0,14	0,47	0,48	0,47	0,50	0,46
	<i>Cladonia stellaris</i>	90	0,73	0,71	0,73	0,71	0,48	0,47	0,45	0,48	0,44
	<i>Dicranum polysetum</i>	20	0,23	0,22	0,31	0,25	0,19	0,28	0,27	0,29	0,26
	<i>Hylocomium splendens</i>	40	0,11	0,11	0,16	0,12	0,13	0,34	0,33	0,36	0,33
	<i>Peltigera aphthosa</i>	10	0,05	0,05	0,07	0,02	0,12	0,33	0,31	0,34	0,31
	<i>Pleurozium schreberi</i>	85	0,38	0,35	0,39	0,36	0,45	0,33	0,31	0,33	0,28
	<i>Polytrichum commune</i>	40	0,06	0,06	0,08	0,02	0,25	0,28	0,27	0,31	0,27
	<i>Sphagnum balticum</i>	90	0,23	0,20	0,24	0,17	0,25	0,23	0,21	0,25	0,20
	<i>Sphagnum fuscum</i>	90	0,62	0,60	0,63	0,61	0,36	0,53	0,51	0,56	0,53
	<i>Sphagnum magellanicu</i>	30	0,06	0,06	0,09	0,03	0,17	0,26	0,25	0,29	0,25
	<i>Sphagnum russowii</i>	30	0,02	0,02	0,07	0,03	0,18	0,21	0,20	0,22	0,17

Частоты коэффициентов детерминации
результатирующих моделей по видам

Диапазоны R^2	Обилие				Встречаемость				
	Количество использованных факторов			Прямые модели	Количество использованных факторов				Прямые модели
	1	2	3		1	2	3	4	
0,0–0,1	83	78	67	61	67	42	41	39	30
0,1–0,2	3	6	11	14	12	23	21	20	27
0,2–0,3	1	0	5	7	2	10	10	11	11
0,3–0,4	0	1	2	3	5	8	11	12	14
0,4–0,5	0	1	1	1	2	5	4	5	5
0,5–0,6	1	0	0	0	0	0	1	1	1
0,6–0,7	0	1	1	1	0	0	0	0	0
0,7–0,8	0	1	1	1	0	0	0	0	0

В целом для результирующих моделей обилия, независимо от способа их построения, свойственны очень хорошие результаты небольшого количества доминантов, и значительно худшие результаты для большинства остальных видов. Иначе говоря, модели обилия видов тем лучше, чем больше максимальное обилие (в нашем случае – проективное покрытие в процентах), зафиксированное в исходных данных. Для моделей встречаемости свойственны сравнительно хорошие результаты для значительного количества видов, что в целом важнее для пространственной модели растительности [36]. Надежность моделей отдельных видов, как правило, тем выше, чем выше средняя встречаемость вида в исходных данных. Эта закономерность не всегда соблюдается. Модели видов с невысокой средней встречаемостью и низким или небольшим максимальным проективным покрытием, например *Trientalis europaea* L. и *Melampyrum pratense* L. могут показывать сравнительно хорошие результаты, что связано со степенью ассоциации видов с факторами, т. е. в нашем случае – с флористическим составом сообществ.

Коэффициенты детерминации перекрестной проверки моделей с использованием факторов почти всегда больше или не меньше коэффициентов перекрестной проверки прямых моделей проективного покрытия или встречаемости видов. Это особенно относится к моделям с невысокими значениями коэффициента детерминации, например – встречаемости кедра (*Pinus sibirica* Du Tour), хамедафны (*Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench), марьянника (*Melampyrum pratense*), седмичника (*Trientalis europaea*) и других видов с небольшим максимальным проективным покрытием и небольшой встречаемостью в исходном

массиве описаний. Таким образом, моделирование и проективного покрытия, и встречаемости оказывается устойчивей, если оно основано на предварительном моделировании факторов, т. е. общих закономерностей изменения растительности в пространстве, чем на прямых зависимостях переменных каждого вида в отдельности от спектральных переменных.

Как уже отмечалось, целью работы было не создание наилучшей пространственной модели растительности, а их сравнение. Коэффициенты детерминации большинства вариантов обсуждаемых моделей очень малы. Модели со сравнительно высокими коэффициентами хорошо иллюстрируют разницу переменных обилия и встречаемости видов. Лучшие пространственные модели обилия и встречаемости *Cladonia stellaris* (с использованием трех и четырех факторов, соответственно), для участка 3×3 км с углами $75.5285\text{ВД}/63.4413\text{СШ}$ – $76.1209\text{ВД}/63.1708\text{СШ}$ (рис. 4, 5) показывают большое обилие только в сосновых лесах (центральная и северо-восточная часть участка), где этот вид доминирует в мохово-лишайниковом ярусе. При этом вероятность встречи *Cladonia stellaris* велика почти для всего участка, кроме самых влажных местообитаний – болотных мочажин и речных пойм. Модели обилия и встречаемости *Sphagnum fuscum* (рис. 6, 7), напротив, почти повторяют друг друга. Иначе говоря, обе переменные этого вида – и обилие, и вероятность встречи – наибольшие для верховых болотных комплексов, сосновых рямов и заболоченных истоков рек, и существенно меньше в других сообществах – зональных кустарничково-зеленомошных и сосновых кустарничково-лишайниковых лесов.

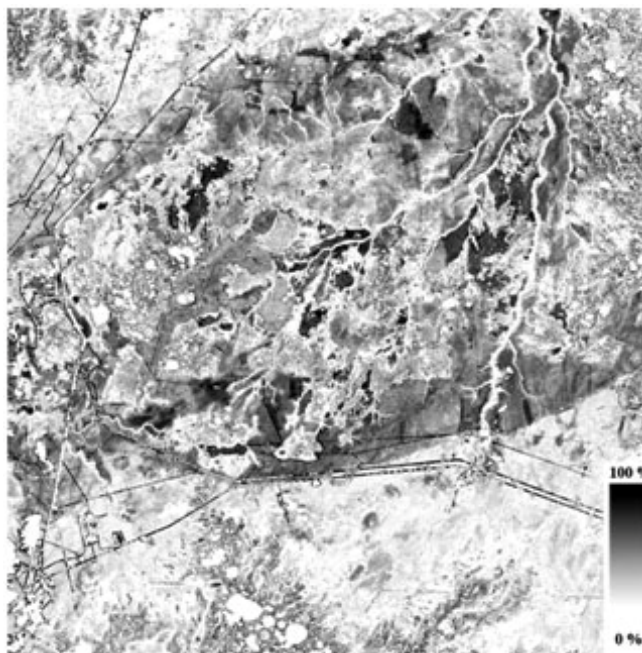


Рис. 4. Обилие *Cladonia stellaris*

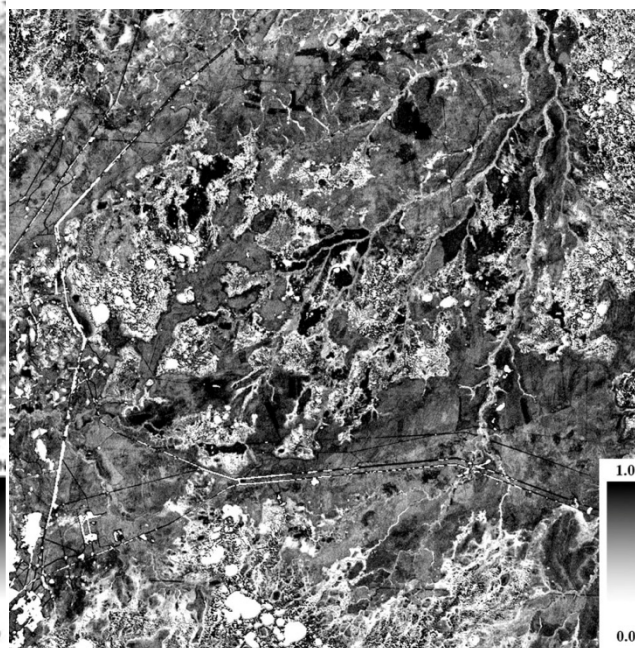


Рис. 5. Встречаемость *Cladonia stellaris*

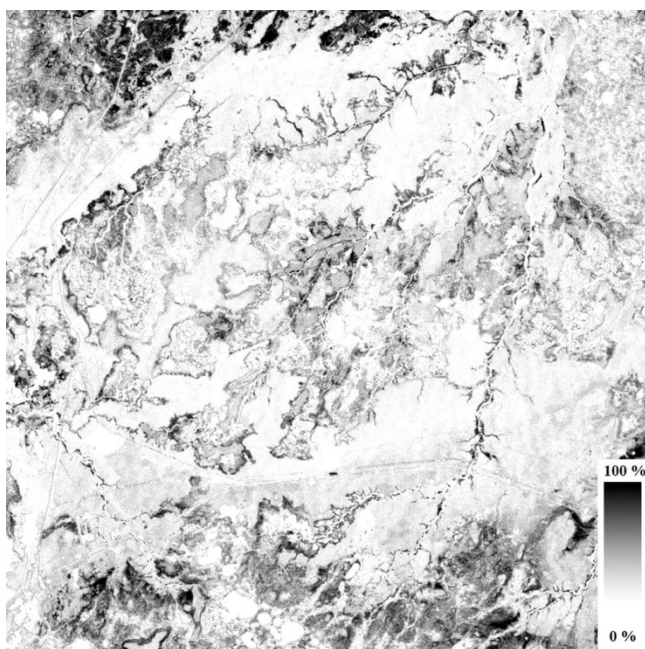


Рис. 6. Обилие *Sphagnum fuscum*

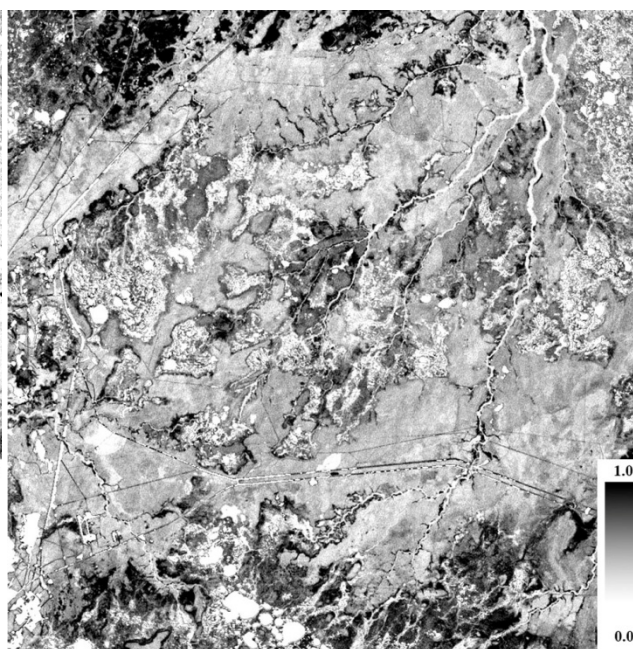


Рис. 7. Встречаемость
Sphagnum fuscum

Моделирование обилия и встречаемости видов растений, несмотря на упрощенные способы (использование только линейной регрессии и одного спектрального изображения) и невысокие коэффициенты детерминации полученных вариантов моделей, показало особенности связи этих переменных со спектральной информацией и пути моделирования, по крайней мере – для подзоны северной тайги Западной Сибири.

Значимость факторов обилия видов в большей степени связана с варьированием обилия небольшого количества видов, доминантов и содоминантов растительности. Результаты пространственного моделирования показателей обилия удовлетворительны для этого небольшого числа видов. Факторы встречаемости отражают флористический состав фитоценозов, т. е. общие закономерности сложения растительных сообществ. Модели встречаемости удовлетворительны для большего количества видов, в том числе с небольшим максимальным обилием и даже с небольшой встречаемостью.

Значимость связи факторов обилия и встречаемости со спектральными переменными, определенная по результатам перекрестной проверки и собственными значениями информативности факторов (доли описанного варьирования), могут не совпадать. Отчасти это может быть связано с неопределенностью критериев оценки информативности факторов, отчасти – с особенностями использованной дистанционной информации. Вполне вероятно, что при использовании снимка другой даты или большего количества предикторов, например, сезонной серии снимков или переменных рельефа была бы найдена статистиче-

ская связь с младшими факторами, которые в нашем случае не поддавались моделированию.

Прямое моделирование и обилия, и встречаемости всегда показывает несколько лучшие результаты, чем модели на основе предварительного моделирования факторов, отражающих общие закономерности изменения растительности, но при этом, по результатам перекрестной проверки, менее устойчиво. Эта разница в подходах статистического моделирования, вероятно, будет заметнее при использовании гибких функций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Состояние и перспективы развития методов спутникового картографирования растительного покрова России / С. А. Барталев, В. А. Егоров, В. О. Жарко, Е. А. Лупян, Д. Е. Плотников, С. А. Хвостиков // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. – 2015. – Т. 12. – № 5. – С. 203–221.
2. Марчуков В. С. Автоматизированные методы оценки динамики пространственного распределения растительного покрова и грунтов по данным дистанционного мониторинга // *Исследование Земли из космоса*. – 2010. – № 2. – С. 63–74
3. D'Amen M, Rahbek C, Zimmermann NE, Guisan A. Spatial predictions at the community level: from current approaches to future frameworks // *Biol. Rev. Camb. Philos. Soc.* – 2015 Oct 1. doi: 10.1111/brv.12222.
4. Wallerman J. Remote Sensing Aided Spatial Prediction of Forest Stem Volume. Doctoral thesis Swedish University of Agricultural Sciences. Umeå. – 2003. – 42 p.
5. Николаева О. Н. Биogeографическое картографирование: современное состояние и область применения для сохранения и рационального использования биологических ресурсов // *Вестник СГГА*. – 2010. – Вып. 1 (12). – С. 145–150.
6. Franklin J. *Mapping Species Distributions: Spatial Inference and Prediction*. – Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2009. – 320 p.
7. Predicting species distributions for conservation decisions / A. Guisan, R. Tingley, J. B. Baumgartner, I. Naujokaitis-Lewis, P. R. Sutcliffe, A. I. Tulloch, T. J. Regan, L. Brotons, E. McDonald-Madden, C. Mantyka-Pringle, T. G. Martin, J. R. Rhodes, R. Maggini, S. A. Setterfield, J. Elith, M. W. Schwartz, B. A. Wintle, O. Broennimann, M. Austin, S. Ferrier, M. R. Kearney, H. P. Possingham, Y. M. Buckley // *Ecol. Lett.* – 2013, Dec. – 16(12). – P. 1424–1435.
8. Huang C., Townshend J. R. G. A stepwise regression tree for nonlinear approximation: applications to estimating subpixel land cover // *Int. J. of Remote Sensing*. – 2003. – Vol. 24, No. 1. – P. 75–90.
9. Kearney M., Porter W. Mechanistic niche modelling: combining physiological and spatial data to predict species' ranges // *Ecol. Letters*. – 2009. – No. 12. – P. 334–350. doi: 10.1111/j.1461-0248.2008.01277.x
10. Wang K., Franklin S. E., Guo X., Cattet M. Remote Sensing of Ecology, Biodiversity and Conservation: A Review from the Perspective of Remote Sensing Specialists // *Sensors*. – 2010. – No. 10. – P. 9647–9667.
11. Al-Hamdan M., Cruise J., Rickman D., Quattrochi D. Forest Stand Size-Species Models Using Spatial Analyses of Remotely Sensed Data // *Remote Sens.* – 2014. – 6. – P. 9802–9828.
12. Guisan A., Zimmermann N. E. Predictive habitat distribution models in ecology // *Ecological Modelling*. – 2000. – No. 135. – P. 147–186.
13. Modelling plant species distribution in alpine grasslands using airborne imaging spectroscopy / J. Pottier, Z. Malenovský, A. Psomas, L. Homolová, M. E. Schaepman, P. Choler, W. Thuiller, A. Guisan, N. E. Zimmermann // *Biol Lett.* – 2014 Jul. – 10 (7). doi: 10.1098/rsbl.2014.0347.

14. Species distribution modelling for the people: unclassified Landsat TM imagery predicts bird occurrence at fine resolutions / S. M. Shirley, Z. Yang, R. A. Hutchinson, J. D. Alexander, K. McGarigal, M. G. Betts // *Diversity and Distributions*. – 2013. – Vol. 19. – Issue 7. – P. 855–866.
15. Does using species abundance data improve estimates of species diversity from remotely sensed spectral heterogeneity? / J. Oldeland, D. Wesuls, D. Rocchini, M. Schmidt, N. Jurgens // *Ecol. Indicators*. – 2010. – No. 10. – P. 390–396.
16. Крылов Г. В. Леса Западной Сибири. – М. : Изд-во АН СССР, 1961. – 254 с.
17. Ильина И. С. и др. Растительный покров Западно-Сибирской равнины. – Новосибирск : Наука, 1985. – 249 с.
18. Атлас Тюменской области. – М.; Тюмень : МГУ, 1977. – Ч. 1, 2.
19. Хозяинова Н. В. Флора и растительность северной тайги Пуровского района Тюменской области (север Западной Сибири) // *Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения*. – 2008. – Вып. 8. – С. 27–42.
20. Полевая геоботаника. – Новосибирск, 1964. – Т. 3. – 530 с.
21. Пузаченко Ю. Г., Сандлерский Р. Б., Кренке А. Н., Пузаченко Ю. М. Мультиспектральная дистанционная информация в исследовании лесов // *Лесоведение*. – 2014. – № 5. – С. 13–29.
22. Хозяинова Н. В., Алексеева Н. А. Флора и растительность бассейна реки Вэнгаяха (Тюменская область) // *Вестник ТЮмГУ*. – 2007. – № 6. – С. 158–165.
23. Ефимов В. М., Ковалёва В. Ю. Многомерный анализ биологических данных. – СПб., 2008. – 87 с.
24. Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств. – СПб. : Мир, 1995. – 992 с.
25. Игнатов М. С., Афолина О. М., Игнатова Е. А. Список мхов восточной Европы и северной Азии // *Arctoa*. – 2006. – № 15. – С. 1–130.
26. Andreev M., Kotlov Yu., Makarova I. Checklist of Lichens and Lichenicolous Fungi of the Russian Arctic // *Bryologist*. – 1996. – Vol. 99. – P. 137–169.
27. Тарасов В. В. Якушенков Ю. Г. Двух- и многодиапазонные оптико-электронные системы с матричными приемниками излучения. – М. : Университетская книга; Логос, 2007. – 192 с.
28. Ashish Sen, M. S. Srivastava. *Regression Analysis: Theory, Methods, and Applications*. – Springer-Verlag New York, Inc., 1990. – 347 p.
29. Ивченко Г. И., Медведев Ю. И. Введение в математическую статистику. – М. : Изд-во ЛКИ, 2010. – 600 с.
30. Эфрон Б. Нетрадиционные методы многомерного статистического анализа. – М. : Финансы и статистика, 1988. – 263 с.
31. Ким Дж. О., Мьюллер Ч. У. Факторный анализ: статистические методы и практические вопросы. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ / Под ред. Енюкова И. С. – М. : Финансы и статистика, 1989. – 215 с.
32. A method for predicting native vegetation condition at regional scales / A. Zerger, Ph. Gibbons, J. Seddon, S. Briggs, D. Freudenberger // *Landscape and Urban Planning*. – 2009. – No. 91. – P. 65–77.
33. Prediction of biodiversity: regression of lichen species richness on remote sensing data / L. Waser, S. Stofer, M. Schwarz, M. Kehler, E. Ivits, C. Scheidegger // *Community Ecol.* – 2004. – 5. – 121–134.
34. Delphine A. Remote sensing and GIS in mapping *Potamogeton pectinatus* as food source for Bewick's swans. – Netherlands, 2006. – 43 p.
35. Addink E. A., De Jong S. M., Pebesma E. J. The Importance of Scale in Object-based Mapping of Vegetation Parameters with Hyperspectral Imagery // *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. – August 2007. – Vol. 73, No. 8. – P. 905–912.

36. Mapping a priori defined plant associations using remotely sensed vegetation characteristics / H. D. Roelofsen, L. Kooistra, P. M. Van Bodegom, J. Verrelst, J. Krol, JP. M. Witte // *Remote Sensing of Environment*. – 2014. – No. 140. – P. 639–651.

37. Predicting species distributions across the Amazonian and Andean regions using remote sensing data / W. Buermann, S. Saatchi, T. Smith, B. Zutta, J. Chaves, B. Mila & C. Graham // *J. of Biogeography*. – 2008. doi:10.1111/j.1365-2699.2007.01858.x

Получено 28.04.2016

© И. Д. Махатков, 2016

CONTINUOUS SPATIAL MODELING OF RICHNESS AND OCCURRENCE OF PLANTS USING REMOTE SPECTRAL DATA (NORTHERN TAIGA OF WESTERN SIBERIA)

Igor D. Makhatkov

Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 8/2 Lavrentieva St., Ph. D., Senior Researcher, Laboratory of Soil Geography and Genesis, tel. (913)906-07-15, e-mail: makhatkov@mail.ru

The features of continuous spatial modeling of two main characteristics of vegetation – richness (% of cover) and occurrence of species, based on statistical relations with spectral values of space-borne image (Landsat) are considered. The simplest version of statistical model, ordinary linear regression was used in all cases. Two approaches of modeling were applied: direct models (regression of observed values of vegetation and spectral values) and models with the use of factors of vegetation variability (regression of factors and spectral values, then modeling vegetation values). Models were estimated by coefficient of determination for observed and predicted values including cross-validation as measure of stability. Different versions of models showed that modeling of richness is limited by several dominating species with big range of richness. Modeling of occurrence was better for big portion of species. Direct models appeared less stable than models that used factors of complex variability both richness and probability of occurrence.

Key words: statistical modeling, vegetation, remote sensing data.

REFERENCES

1. Bartalev, S. A., Egorov, V. A., Zharko, V. O., Loupian, E. A., Plotnikov, D. E., & Khvostikov, S. A. (2015). Current state and development prospects of satellite mapping methods of Russia's vegetation cover. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa [Current Problems in Remote Sensing of the Earth from Space]*, 12(5), 203–221 [in Russian].
2. Marchukov, V. S. (2010). The automated methods for dynamics estimation of spatial distribution of vegetative cover and soils using the satellite monitoring data. *Issledovanie Zemli iz kosmosa [The Study of the Earth from Space]*, 2, 63–74 [in Russian].
3. D'Amen, M., Rahbek, C., Zimmermann, N. E., & Guisan, A. (2015 Oct 1). Spatial predictions at the community level: from current approaches to future frameworks. *Biol. Rev. Camb. Philos. Soc.* doi: 10.1111/brv.12222.
4. Wallerman, J. (2003). Remote Sensing Aided Spatial Prediction of Forest Stem Volume. *Doctor's thesis*. Umeå: Swedish University of Agricultural Sciences.
5. Nikolayeva, O. N. (2010). Biogeographic mapping: recent state and range of application for preserving and conservation biological resources. *Vestnik SSGA [Vestnik SSGA]*, 1(12), 145–150 [in Russian].

6. Franklin, J. (2009). *Mapping Species Distributions: Spatial Inference and Prediction*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
7. Guisan, A., Tingley, R., Baumgartner, J. B., Naujokaitis-Lewis, I., Sutcliffe, P. R., Tulloch, A. I., Regan, T. J., Brotons, L., McDonald-Madden, E., Mantyka-Pringle, C., Martin, T. G., Rhodes, J. R., Maggini, R., Setterfield, S. A., Elith, J., Schwartz, M. W., Wintle, B. A., Broennimann, O., Austin, M., Ferrier, S., Kearney, M. R., Possingham, H. P., Buckley, & Y. M. (2013 Dec.). Predicting species distributions for conservation decisions. *Ecol. Lett.*, 16(12), 1424-1435.
8. Huang, C., & Townshend, J. R. G. (2003). A stepwise regression tree for nonlinear approximation: applications to estimating subpixel land cover. *Int. J. of Remote Sensing*. Vol. 24, No. 1, 75–90.
9. Kearney, M., & Porter, W. (2009). Mechanistic niche modelling: combining physiological and spatial data to predict species' ranges. *Ecol. Letters*, 12, 334–350. doi:10.1111/j.1461-0248.2008.01277.x
10. Wang, K., Franklin, S. E., Guo, X., & Cattet, M. (2010). Remote Sensing of Ecology, Biodiversity and Conservation: A Review from the Perspective of Remote Sensing Specialists. *Sensors*, 10, 9647-9667.
11. Al-Hamdan, M., Cruise, J., Rickman, D., & Quattrochi, D. (2014). Forest Stand Size-Species Models Using Spatial Analyses of Remotely Sensed Data. *Remote Sens.*, 6, 9802-9828.
12. Guisan, A., & Zimmermann, N. E. (2000). Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling*, 135, 147–186.
13. Pottier, J., Malenovský, Z., Psomas, A., Homolová, L., Schaepman, M. E., Choler, P., Thuiller, W., Guisan, A., & Zimmermann, N. E. (2014 July). Modelling plant species distribution in alpine grasslands using airborne imaging spectroscopy. *Biol. Lett.*, 10(7). doi:10.1098/rsbl.2014.0347.
14. Shirley, S. M., Yang, Z., Hutchinson, R. A., Alexander, J. D., McGarigal, K., & Betts, M. G. (2013). Species distribution modelling for the people: unclassified Landsat TM imagery predicts bird occurrence at fine resolutions. *Diversity and Distributions*, Vol. 19, Issue 7, 855–866.
15. Oldeland, J., Wesuls, D., Rocchini, D., Schmidt, M., & Jurgens, N. (2010). Does using species abundance data improve estimates of species diversity from remotely sensed spectral heterogeneity? *Ecol. Indicators*, 10, 390–396.
16. Krylov G. V. (1961). *Lesy Zapadnoy Sibiri [The West Siberian forests]*. Moscow: AS USSR [in Russian].
17. Il'ina, I. S., & et al. (1985). *Rastitel'nyy pokrov Zapadno-Sibirskoy ravniny [Vegetation cover of West Siberian plain]*. Novosibirsk: Nauka [in Russian].
18. *Atlas Tyumenskoy oblasti [Atlas of Tyumen region]*. (1977). Part 1, 2. Moscow, Tyumen: MSU [in Russian].
19. Khozyainova, N. V. (2008). Flora and vegetation of north taiga in the Pur district, Tyumen oblast (West Siberian north). *Vestnik ekologii, lesovedeniya i landshaftovedeniya [Bulletin of Ecology, Forest and Landscape]*, 8, 27–42 [in Russian].
20. *Polevaya geobotanika [Field geobotany]*. (1964). Vol. 3. Novosibirsk [in Russian].
21. Puzachenko, Y. G., Sandlerkiy, R. B., Krenke, A. N., & Puzachenko, M. Y. (2014). Multispectral remote information in forest research. *Lesovedenie [Russian Journal of Forest Science]*, 5, 13–29 [in Russian].
22. Khozyainova, N. V., & Alexseeva, N. A. (2007). Flora and vegetation of river Vengayakha basin (Tyumen region). *Vestnik TyumGU [UT Research Journal]*, 6, 158–165 [in Russian].
23. Efimov, V., Kovaleva, V. Yu. (2008). *Mnogomernyy analiz biologicheskikh dannykh [Multidimensional analysis of biological data]*. S. Petersburg [in Russian].
24. Cherepanov, S. K. (1995). *Sosudistye rasteniya Rossii i sopredel'nykh gosudarstv [Vascular plants of Russia and neighboring countries]*. S. Petersburg: Mir [in Russian].

25. Ignatov, M. S., Afonina, O. M., & Ignatova, E. A. (2006). Checklist of mosses of Eastern Europe and Northern Asia. *Arctoa*, 15, 1–130 [in Russian].
26. Andreev, M., Kotlov, Yu., & Makarova, I. (1996). Checklist of Lichens and Lichenicolous Fungi of the Russian Arctic. *Bryologist*, 99, 137–169.
27. Tarasov, V. V., Yakushenkov, Yu. G. (2007). *Dvukh- i mnogodiapazonnyye optiko-elektronnyye sistemy s matrichnymi priemnikami izlucheniya* [Two- and multi-band optical-electronic systems with the matrix of radiation detectors]. Moscow: University book, Logos [in Russian].
28. Ashish Sen, Srivastava, M. S. (1990). *Regression Analysis: Theory, Methods, and Applications*. New York: Springer-Verlag.
29. Ivchenko, G. I., & Medvedev Yu.I. (2010). *Vvedenie v matematicheskuyu statistiku* [Introduction to mathematical statistics]. Moscow: LKI [in Russian].
30. Efron, B. (1988). *Netraditsionnyye metody mnogomernogo statisticheskogo analiza* [Non-traditional methods of multivariate statistical analysis]. Moscow: Finance and Statistics [in Russian].
31. Kim, J. O., & Mueller, Ch. W. (1989). *Faktornyy analiz: statisticheskie metody i prakticheskie voprosy. Faktornyy, diskriminantnyy i klasternyy analiz* [Factor analysis: statistical methods and practical issues]. I. S. Enyukov (Ed.). Moscow: Finance and Statistics [in Russian].
32. Zerger, A., Gibbons, Ph., Seddon, J., Briggs, S., & Freudenberger, D. (2009). A method for predicting native vegetation condition at regional scales. *Landscape and Urban Planning*, 91, 65–77.
33. Waser, L., Stofer, S., Schwarz, M., Kchler, M., Ivits E., & Scheidegger, C. (2004). Prediction of biodiversity: regression of lichen species richness on remote sensing data. *Community Ecol.*, 5, 121–134.
34. Delphine, A. (2006). *Remote sensing and GIS in mapping Potamogeton pectinatus as food source for Bewick's swans*. Netherlands
35. Addink, E. A., De Jong, S. M., Pebesma, E. J. (2007 August). The Importance of Scale in Object-based Mapping of Vegetation Parameters with Hyperspectral Imagery. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 73(8), 905–912.
36. Roelofsen, H. D., Kooistra, L., Van Bodegom, P. M., Verrelst, J., Krol, J., & Witte, JP. M. (2014). Mapping a priori defined plant associations using remotely sensed vegetation characteristics. *Remote Sensing of Environment*, 140, 639–651.
37. Buermann, W., Saatchi, S., Smith, T., Zutta, B., Chaves, J., Mila, B. & Graham, C. (2008). Predicting species distributions across the Amazonian and Andean regions using remote sensing data. *J. of Biogeography*. doi:10.1111/j.1365-2699.2007.01858.x.

Recieved 28.04.2016

© I. D. Makhatkov, 2016