

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный университет геосистем и технологий»
(СГУГиТ)

ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ

XV Международный научный конгресс

Сборник материалов в 9 т.

Т. 1

Международная научная конференция

**«ГЕОДЕЗИЯ, ГЕОИНФОРМАТИКА,
КАРТОГРАФИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ»**

№ 2

Новосибирск
СГУГиТ
2019

УДК 528:528.9:622.1

C26

Ответственные за выпуск:

Кандидат технических наук, директор Института геодезии
и менеджмента СГУГиТ, г. Новосибирск

С. В. Середович

Доктор технических наук, профессор кафедры инженерной геодезии
и маркшейдерского дела СГУГиТ, г. Новосибирск

Г. А. Уставич

Доктор технических наук, профессор кафедры инженерной геодезии
и маркшейдерского дела СГУГиТ, г. Новосибирск

А. А. Шоломицкий

Кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной геодезии
и маркшейдерского дела СГУГиТ, г. Новосибирск

В. А. Скрипников

Доктор технических наук, профессор кафедры маркшейдерского дела и геодезии
Карагандинского государственного технического университета,
Республика Казахстан, г. Караганда

Ф. К. Низаметдинов

C26 Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XV Междунар. науч. конгр., 24–26 апреля 2019 г., Новосибирск [Текст] : сб. материалов в 9 т. Т. 1 : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия». – Новосибирск : СГУГиТ, 2019. № 2. – 220 с. – ISSN 2618-981X.

DOI: 10.33764/2618-981X-2019-1-2

В сборнике опубликованы материалы XV Международного научного конгресса «Интерэкспо ГЕО-Сибирь», представленные на Международных научных конференциях «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» и «Раннее предупреждение и управление в кризисных ситуациях в эпоху "Больших данных"», а также на заседании круглого стола «Новый виток развития отечественной картографии при освоении Арктики».

Печатается по решению редакционно-издательского совета СГУГиТ

Материалы публикуются в авторской редакции

УДК 528:528.9:622.1

© СГУГиТ, 2019

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ ШИРОТЫ ПО ПРОСТРАНСТВЕННЫМ ПРЯМОУГОЛЬНЫМ КООРДИНАТАМ ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ПОПРАВКИ

Константин Федорович Афонин

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры космической и физической геодезии, тел. (383)343-29-11

Юлия Сергеевна Трифонова

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, магистрант кафедры космической и физической геодезии, тел. (923)703-53-35

ГНСС-технологии являются в настоящее время основными для координатного обеспечения территорий. Однако они позволяют получить пространственные прямоугольные координаты определяемых точек. В то время как большинству пользователей необходимы плоские прямоугольные координаты Гаусса – Крюгера. А эти координаты можно вычислить только по геодезическим широтам и долготам. В специальной литературе описано более полтора десятков способов вычисления геодезической широты по пространственным прямоугольным координатам. Для решения этой задачи обычно используют какие-либо итерационные или неитерационные способы. И у тех, и у других есть свои достоинства и недостатки. В работе применен третий путь решения задачи. Предлагается вычислять и использовать дифференциальную поправку в начальное (приближенное) значение геодезической широты. Получены рабочие формулы, реализующие данную идею. Приведен числовой пример, показывающий возможность практического применения предлагаемого способа.

Ключевые слова: системы координат, геодезическая широта, геодезические и пространственные прямоугольные координаты.

DETERMINATION OF GEODESIC LATITUDE BY SPATIAL RIGHT-MUGAL COORDINATES BY USING A DIFFERENTIAL AMENDMENT

Konstantin F. Afonin

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D., Associate Professor, Department of Space and Physical Geodesy, phone: (383)343-29-11

Yulia S. Trifonova

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Graduate, Department of Space and Physical Geodesy, phone: (923)703-53-35

GNSS technologies are currently essential for coordinate support of territories. However, they make it possible to obtain spatial rectangular coordinates of the points being determined. While most users need the flat rectangular coordinates of Gauss – Kruger. And these coordinates can be calculated only by geodetic latitudes and longitudes. The special literature describes more than a dozen methods for calculating the geodetic latitude in spatial rectangular coordinates. To solve this problem, usually use any iterative or non-iterative methods. Both those and others have their ad-

vantages and disadvantages. In the work applied the third way to solve the problem. It is proposed to calculate and use the differential correction to the initial (approximate) value of the geodesic latitude. Received working formulas that implement this idea. A numerical example is given showing the possibility of practical application of the proposed method.

Key words: coordinate systems, geodetic latitude, geodesic and spatial rectangular coordinates.

Введение

Задача определения геодезических пространственных координат B, L, H по пространственным прямоугольным координатам X, Y, Z является ключевой при вычислении плоские прямоугольные координаты Гаусса – Крюгера для геодезистов, использующих ГНСС-технологии. Дело в том, что связь двух систем прямоугольных координат: пространственной и плоской выполняется в два этапа. На первом этапе необходимо по известным пространственным прямоугольным координатам вычислить геодезические широты, долготы и высоты, а на втором – от полученных широт и долгот перейти к координатам Гаусса – Крюгера.

Определение геодезической долготы не вызывает затруднений. По-иному обстоит дело с геодезической широтой, которая зависит и от широты, и от высоты [2, 4]:

$$B = \operatorname{arctg} \left(\frac{Z}{Q \left(1 - \frac{Ne^2}{N+H} \right)} \right). \quad (1)$$

Радиус кривизны первого вертикала N и расстояние от центра пространственной прямоугольной системы координат до проекции точки на плоскость экватора Q могут вычисляться по формулам:

$$N = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 B}}; \quad (2)$$

$$Q = \sqrt{X^2 + Y^2}. \quad (3)$$

В научной литературе описано более полутора десятков способов вычисления геодезической широты по пространственным прямоугольным координатам. Эти способы реализуют либо итерационные [1–11], либо неитерационные пути решения данной задачи [12–19]. Первый итерационный алгоритм был предложен К. А. Лапингом [4]. Известная формула Б. Р. Боуринга [18, 19] является примером использования второго неитерационного пути.

Однако есть еще и третий путь: путь вычисления дифференциальной поправки и последующего введения ее в приближенное значение геодезической широты. Одним из первых этот путь был реализован А. В. Буткевичем в 1967 г. [20]. Цель данной работы показать, что такой подход к решению задачи не исчерпал себя и может конкурировать с первыми двумя.

Методы и материалы

Геодезическую широту B можно представить в общем виде в функции геодезической высоты H :

$$B = \varphi(0 + H). \quad (4)$$

Эту функцию можно разложить в ряд Маклорена:

$$B = \varphi(0) + \left(\frac{d\varphi}{dH}\right)H + \dots \quad (5)$$

Начальное значение широты B_0 может быть найдено по формуле (1) при высоте, равной нулю [2, 4]:

$$B_0 = \operatorname{arctg}\left(\frac{Z}{Q(1-e^2)}\right). \quad (6)$$

Производная функции (1) по геодезической высоте может быть преобразована к виду

$$\frac{d\varphi}{dH} = -\frac{ZNe^2 \cos^2 B}{Q(N(1-e^2) + H)^2}. \quad (7)$$

Порядок действий при использовании дифференциальной поправки для вычисления геодезической широты может состоять из пяти этапов.

На первом этапе необходимо вычислить приближенное значение геодезической широты B_0 :

$$B_0 = \operatorname{arctg}\left(\frac{T}{(1-e^2)}\right), \quad (8)$$

где через T обозначено отношение

$$T = \frac{Z}{Q}. \quad (9)$$

Использование приближенной широты позволяет определить на втором этапе приближенное значение радиуса кривизны первого вертикала N_0 по формуле (2).

На третьем этапе алгоритма необходимо получить приближенное значение геодезической высоты H_0 :

$$H_0 = Q \cos B_0 + Z \sin B_0 - N_0(1 - e^2 \sin^2 B_0). \quad (10)$$

Четвертый этап посвящен определению дифференциальной поправки ΔB в приближенное значение широты:

$$\Delta B = -\frac{TN_0 e^2 \cos^2 B_0}{(N_0(1 - e^2) + H_0)^2} H_0 \rho. \quad (11)$$

Геодезическая широта на заключительном пятом этапе вычисляется как сумма двух слагаемых:

$$B = B_0 + \Delta B. \quad (12)$$

Результаты

Возможность применения предлагаемого алгоритма была проверена на числовом примере. Проверка выполнялась в два этапа. На первом этапе по заданным геодезическим пространственным координатам точки на эллипсоиде Красовского: широте $B = 56^\circ 21' 11,9868''$, долготе $L = 88^\circ 42' 38,5401''$ и высоте $H = 372,283$ метра были вычислены пространственные прямоугольные координаты. На втором этапе эти координаты использовались для получения геодезической широты предлагаемым способом. Вычисленная широта получилась равной $B = 56^\circ 21' 11,9866''$. Различие вычисленного и исходного значений широты в $0,0002''$ говорит о возможности практического использования способа.

Обсуждение

Предлагаемый способ вычисления геодезической широты реализует третий путь решения задачи, который заключается в использовании дифференциальных поправок в приближенные значения. Этот путь был популярен в 1960-е гг. В отличие от способа А. В. Буткевича [1] он позволяет получить геодезическую широту с большей точностью. Анализ результатов экспериментальных вычислений позволяет говорить о том, что погрешность определения широты не должна превышать $0,0002-0,0003''$.

Заключение

Поиск авторов нового неитерационного способа вычисления геодезической широты по пространственным прямоугольным координатам, на наш взгляд, увенчался успехом. Разработаны новые способ и алгоритм решения задачи. По трудоемкости вычислений и точности полученных результатов их можно поставить в один ряд с классическими способами К. А. Лапинга и Б. Р. Боуринга. Поэтому предлагаемый способ и алгоритм можно, по нашему мнению, рекомендовать для практического использования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Афонин К. Ф. Высшая геодезия. Системы координат и преобразования между ними : учеб.-метод. пособие. – Новосибирск : СГГА, 2011. – 66 с.
2. Афонин К. Ф. Точность преобразования пространственных прямоугольных координат из общеземных систем в референцные // 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. 1. – С. 160–163.
3. ГОСТ Р 32453–2017. Системы координат. Методы преобразований координат определяемых точек. Межгосударственный стандарт. – Введ. 2018-01-07. – М. : Стандартиформ, 2017. – 19 с.
4. Лапинг К. А. Вычисление координат и высот по измеренным азимутам нормальных сечений и углам наклона хорд на двух исходных пунктах // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 1962. – № 1. – С. 3–8.
5. Медведев П. А. Исследования способов вычисления геодезической широты и высоты точек земной поверхности по прямоугольным координатам // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2016. – № 3. – С. 24–28.
6. 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.
7. Медведев П. А., Новородская М. В., Шаров С. А. Неитеративный алгоритм вычисления геодезической широты по пространственным прямоугольным координатам // Вестник Омского гос. агр. ун-та. – 2017. – № 2 (26). – С. 60–64.
8. Телеганов Н. А., Елагин А. В. Высшая геодезия и основы координатно-временных систем : учеб. пособие. – Новосибирск : СГГА, 2004. – 238 с.
9. Медведев П. А., Кенжегузинова М. М. Вычисление геодезической высоты по прямоугольным пространственным координатам точек земной поверхности // Вестник Омского гос. агр. ун-та. – 2016. – № 3(23). – С. 146.
9. Медведев П. А. Математические модели преобразований пространственных координат // Геодезия и картография. – 2016. – № 3. – С. 2–7.
10. Максимова М. В. Преобразования координат при инженерно-геодезических изысканиях // Инженерные изыскания. – 2013. – № 2. – С. 18–21.
11. Алгоритм вычисления геодезической высоты по пространственным прямоугольным координатам / В. Н. Баландин, М. Я. Брянь, С. П. Имшенецкий, А. Ю. Матвеев, А. В. Юскевич // Геодезия и картография – 2006. – № 6. – С. 15–16.
12. Курченко Л. А., Таран В. В., Шлапак В.В. К вопросу о преобразовании геодезических прямоугольных координат в криволинейные // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2016. – № 3. – С. 29–33.

13. Шануров Г. А., Манилова А. Д. О перевычислении пространственных декартовых координат в геодезические // Геодезия и картография – 2017. – № 1. – С. 13–17.
14. Шануров Г. А., Половнев О. В., Манилова А. Д. Преобразования пространственных координат при геодезическом обеспечении работы сканирующего комплекса // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2015. – № 1. – С. 15–18.
15. Огородова Л. В. Совместное вычисление геодезической широты и высоты точек поверхности земли // Геодезия и картография. – 2011. – № 9. – С. 11–15.
16. Гафиатулин Х. Г., Новоселов О. Г. Решения геодезической задачи обратного преобразования плоских прямоугольных и полярных координат, определяемых системой чисел из одной сети в другую посредством проекции условно вспомогательной системы координат [Электронный ресурс] // Интернет-журнал Науковедение, – 2017. – № 3. – С. 1–8. – Режим доступа: <https://naukovedenie.ru/> (дата обращения: 15.04.2019).
17. Bowring B. R. The accuracy of geodetic latitude and height equations // Surv. Rev. – 1985. – № 38. – P. 220–206.
18. Bowring B. R. Transformation from spatial to geodetic coordinates // Surv. Rev. – 1976. – № 23. – P. 323–327.
19. Буткевич А. В. О переходе от пространственных прямоугольных координат к геодезическим // Геодезия и картография. – 1967. – № 5. – С. 6–7.

© К. Ф. Афонин, Ю. С. Трифонова, 2019

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПУСТИМОЙ ПОГРЕШНОСТИ ВЫСОТ ГРАВИМЕТРИЧЕСКИХ ПУНКТОВ В УСЛОВИЯХ НЕОДНОРОДНОГО ГРАВИТАЦИОННОГО ПОЛЯ

Денис Николаевич Голдобин

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, инженер кафедры космической и физической геодезии, тел. (383)361-01-59, e-mail: kaf.astronomy@ssga.ru

Вадим Федорович Канушин

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

Ирина Геннадьевна Ганагина

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

Наталья Ньургустановна Федотова

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, магистрант, инженер кафедры космической и физической геодезии, тел. (383)361-01-59, e-mail: natasleptsova94@gmail.com

В работе даны обоснования использования вертикального градиента нормальной силы тяжести для определения допустимой погрешности определения высот гравиметрических пунктов на территории Новосибирской области. Получены результаты точности высотной привязки гравиметрических пунктов с учетом неоднородности гравитационного поля на исследуемой территории. Даны рекомендации повышения точности вычисления допустимых погрешностей высотного обеспечения гравиметрической съемки на равнине и на территориях с большим перепадом высот или высокой аномальностью гравитационного поля.

Ключевые слова: гравиметрическая съемка, гравиметрические пункты, допустимая погрешность, геодезическое обеспечение, горизонтальные градиенты аномалия силы тяжести.

DETERMINATION OF THE PERMISSIBLE ERROR OF THE HEIGHTS OF GRAVIMETRIC POINTS UNDER THE CONDITIONS OF A NON-UNIFORM GRAVITATIONAL FIELD

Denis N. Goldobin

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Engineer, Department of Space and Physical Geodesy, phone: (383)361-01-59, e-mail: kaf.astronomy@ssga.ru

Vadim F. Kanushin

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D., Associate Professor, Department of Space and Physical Geodesy, phone: (383)361-01-59, e-mail: kaf.astronomy@ssga.ru

Irina G. Ganagina

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D., Associate Professor, Head of Department of Space and Physical Geodesy, phone: (383)361-01-59, e-mail: kaf.astronomy@ssga.ru

Natalia N. Fedotova

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Graduate, Engineer, Department of Space and Physical Geodesy, phone: (383)361-01-59, e-mail: natasleptsova94@gmail.com

The paper presents the rationale for using the vertical gradient of normal gravity to determine the allowable error in determining the heights of gravimetric points in the territory of the Novosibirsk region. The results of the accuracy of the high-altitude binding of gravimetric points, taking into account the heterogeneity of the gravitational field in the study area. Recommendations are given to improve the accuracy of calculating the allowable errors of the high-altitude support of gravimetric surveys in the plain and in areas with a large elevation difference or a high anomaly of the gravitational field.

Key words: fourier series in a system of spherical functions, horizontal and vertical gradients of the anomalous gravitational field, errors of topographic and geodetic software, normal gravity.

1. Обоснование требований к точности геодезического обеспечения гравиметрической съемки

В практике геофизических работ используется в основном аномалия в свободном воздухе:

$$\Delta g_{\text{св.в}} = g - \gamma, \quad (1)$$

где g – измеренное значение силы тяжести;
 γ – нормальное значение силы тяжести.

Нормальное значение силы тяжести вычисляется по формуле

$$\gamma = \gamma_0 - 0,3086 \cdot H, \quad (2)$$

где $-0.3086 \cdot H$ – поправка за высоту H точки наблюдения [6].

Соответственно аномалия силы тяжести в свободном воздухе равна:

$$\Delta g_{\text{св.в}} = g - \gamma_0 + 0,3086 \cdot H. \quad (3)$$

Для обоснования требований к точности геодезического обеспечения гравиметрической съемки выполним дифференцирование формулы нормальной силы тяжести на поверхности эллипсоида по широте B :

$$\gamma_0 = \gamma_e (1 + \beta \sin^2 B - \beta_1 \sin^2 2B). \quad (4)$$

Получим

$$\frac{\partial \Delta g_{\text{св.в.}}}{\partial B} = \frac{\partial \gamma_0}{\partial B} = \gamma_e (\beta \sin 2B - 2\beta_1 \sin 4B). \quad (5)$$

Эта производная определяет скорость изменения нормальной силы тяжести с изменением широты. Учитывая малость второго члена в скобках, запишем

$$\frac{\partial \Delta g_{\text{св.в.}}}{\partial B} = \frac{\partial \gamma_0}{\partial B} = \gamma_e \beta \sin 2B. \quad (6)$$

Дифференцируя уравнение (3) по параметрам H , получим

$$\frac{\partial \Delta g_{\text{св.в.}}}{\partial H} = 0 + \frac{\partial \gamma_0}{\partial H} = 0,3086 \text{ мГал.} \quad (7)$$

Если взять полный дифференциал от функции (3)

$$d\Delta g_{\text{св.в.}} = \frac{\partial \gamma_0}{\partial B} dB + \frac{\partial \gamma_0}{\partial H} dH, \quad (8)$$

И, переходя к средним квадратическим ошибкам, получим

$$m_{\Delta g_{\text{св.в.}}}^2 = \left(\frac{\partial \gamma_0}{\partial B} \right)^2 \cdot m_B^2 + \left(\frac{\partial \gamma_0}{\partial H} \right)^2 \cdot m_H^2. \quad (9)$$

Подставив выражения (6) и (7) в формулу (9), найдем погрешность вычисления аномалии в свободном воздухе за счет ошибок геодезического обеспечения гравиметрической съемки

$$m_{\Delta g_{\text{св.в.}}}^2 = \gamma_e^2 \beta^2 \sin^2 2B \cdot m_B^2 + 0,09523 \cdot m_{H_M}^2. \quad (10)$$

Согласно принципу равного влияния погрешностей определения геодезической широты и нормальной высоты на точность вычисления аномалии в свободном воздухе [17], можно записать

$$\frac{m_{\Delta g_{\text{св.в.}}}^2}{2} = \gamma_e^2 \beta^2 \sin^2 2B \cdot m_B^2 + 0,09523 \cdot m_{H_M}^2, \quad (11)$$

или

$$m_{\Delta g_{\text{св.в.}}}^2 = 2 \cdot \gamma_e^2 \beta^2 \sin^2 2B \cdot m_B^2, \quad (12)$$

$$m_{\Delta g_{CB.B}}^2 = 0,19047 \cdot m_{H_M^Y}^2. \quad (13)$$

Отсюда

$$m_{H_M^Y} (M) = 2,291 \cdot m_{\Delta g_{CB.B}} (MГал). \quad (14)$$

С помощью формул (14) вычислены допустимые средние квадратические ошибки высот гравиметрических пунктов, значения которых приведены в табл. 1.

Таблица 1

Допустимые погрешности высот гравиметрических пунктов
с учетом нормального поля

$m_{\Delta g_{CB.B}}$, МГал	$m_{H_M^Y}$, М
0,005	0,010
0,010	0,020
0,060	0,140

Формула (14) получена с учетом градиента нормальной силы тяжести по высоте. Анализируя приведенные в табл. 1 результаты вычисления допустимых погрешностей высотного обеспечения гравиметрических съемок, следует отметить отсутствие изменения в погрешности высоты m_H с изменением широты пункта наблюдения.

Рассмотрим вычисления допустимых погрешностей высотного обеспечения гравиметрических съемок с учетом неоднородности гравитационного поля на исследуемой территории.

2. Определение допустимой погрешности высот гравиметрических пунктов в условиях неоднородного гравитационного поля

Необходимые детальные сведения о неоднородности аномального гравитационного поля и особенности геометрии уровенных поверхностей и силовых линий гравитационного поля характеризует тензор градиентов аномалии силы тяжести (15) [2]:

$$\text{grad}(g) = \text{grad}(\text{grad}W) = \begin{pmatrix} W_{xx} & W_{xy} & W_{xz} \\ W_{yx} & W_{yy} & W_{yz} \\ W_{zx} & W_{yz} & W_{zz} \end{pmatrix}. \quad (15)$$

В матрице (15) вторая производная W_{zz} – вертикальный градиент гравитационного поля.

$$W_{zz} = \frac{\partial g}{\partial H}. \quad (16)$$

Используя вертикальный градиент гравитационного поля и значения среднеквадратической погрешности измерения аномалии силы тяжести m_g , которая задается требуемой точностью гравиметрической съемки с учетом точности гравиметрической аппаратуры, можно вычислить допустимые погрешности определения высот гравиметрических пунктов в районе съемки по формуле

$$m_{H^y} = \frac{1}{W_{zz}\sqrt{2}} \cdot m_{\Delta g_{CB.B}}. \quad (17)$$

Модельное значение силы тяжести вычислим с помощью рядов Фурье по системе сферических функций, в которых используются гармонические коэффициенты современных высокостепенных моделей геопотенциала [13] в следующем виде:

$$g = \frac{fM}{r^2} \sum_{n=0}^N (n+1) \left(\frac{a_e}{r} \right)^n \sum_{m=0}^n (\bar{C}_{nm} \cos m\lambda + \bar{S}_{nm} \sin m\lambda) \cdot \bar{P}_{nm}(\sin \varphi) - \omega^2 r \cos B. \quad (18)$$

где φ, λ, r – сферические координаты пункта;

$\bar{P}_{nm}(\sin \varphi)$ – нормированные присоединенные функции Лежандра;

\bar{C}_{nm} – коэффициентов нормированных сферических функций реальных полей.

Вычислим вертикальный градиент силы тяжести как разность модельных значений силы тяжести на двух высотах H – высота рельефа и $H + 1$ м.

3. Вычисления допустимых погрешностей высот гравиметрических пунктов

Предварительный расчет допустимых погрешностей высот пунктов гравиметрической съемки на территорию Новосибирской области выполнен с учетом точностных характеристик гравиметров типа ГНУ-КВ и Scintrex.

Для вычислений допустимых погрешностей высотной привязки гравиметрической съемки выполним моделирование силы тяжести на двух высотных уровнях.

1. Вычисление цифровой модели силы тяжести в узлах регулярной сетки в геодезических координатах на исследуемую территорию на высоту рельефа H .

2. Вычисление цифровой модели силы тяжести в узлах регулярной сетки в геодезических координатах на исследуемую территорию на высоту рельефа $H + 1$ м.

3. Преобразование геодезических координат в прямоугольную систему координат Гаусса – Крюгера.

Результаты вычисления допустимых погрешностей высот гравиметрических пунктов в условиях неоднородного гравитационного поля приведены в табл. 2.

Таблица 2

Допустимые погрешности высот гравиметрических пунктов с учетом неоднородности гравитационного поля

$m_{\Delta g_{CB.B}}$, мГал	$m_{H_M^Y}$, м
0,005	0,011–0,011
0,010	0,022–0,023
0,060	0,135–0,139

4. Анализ результатов

Анализируя приведенные в табл. 1 и 2 результаты вычисления допустимых погрешностей высот гравиметрических пунктов на территории Новосибирской области, можно сделать следующие выводы:

– для обеспечения гравиметрической съемки со средней квадратической погрешностью $m_{\Delta g_{CB.B}} = 0,005$ мГал допустимые погрешности высот гравиметрических пунктов не должны превышать 11 мм;

– для обеспечения гравиметрической съемки со средней квадратической погрешностью $m_{\Delta g_{CB.B}} = 0,010$ мГал допустимые погрешности высот гравиметрических пунктов не должны превышать от 22 до 23 мм.

– для обеспечения гравиметрической съемки со средней квадратической погрешностью $m_{\Delta g_{CB.B}} = 0,060$ мГал допустимые погрешности высот гравиметрических пунктов не должны превышать от 135 до 139 мм.

Вычисленные по формуле (14) с нормальным вертикальным градиентом равным 0,3086 мГал/метр значения допустимых погрешностей высот гравиметрических пунктов не должны превышать 10 мм для обеспечения гравиметрической съемки на территории Новосибирской области со средней квадратической погрешностью $m_{\Delta g_{CB.B}} = 0,005$ мГал, 20 мм для обеспечения гравиметрической съемки со средней квадратической погрешностью $m_{\Delta g_{CB.B}} = 0,01$ мГал и 140 мм при гравиметрической съемке со средней квадратической погрешностью $m_{\Delta g_{CB.B}} = 0,06$ мГал.

Таким образом, расхождения в оценках допустимой погрешности определения высот для обеспечения гравиметрической съемки на территории Новосибирской области, при вычислении по формулам (14) и (17), незначительны. Это позволяет использовать формулу (14) для оценки допустимой погрешности высоты при проектировании гравиметрической съемки.

Полученные результаты говорят о том, что на точность гравитационной привязки при неоднородности гравитационного поля незначительны и лежат в интервале, в который попадает результат, полученный с учетом вертикального градиента нормальной силы тяжести.

Заключение

В заключение выполненных исследований рекомендуется при оценке допустимых погрешностей определения высот точек гравиметрических пунктов на территории Новосибирской области использовать вертикальный градиент нормальной силы тяжести. Новосибирская область преимущественно имеет равнинный характер и слабоаномальное гравитационное поле. Для территорий с большим перепадом высот или высокой аномальностью гравитационного поля использование вертикального градиента нормальной силы тяжести требует дополнительных исследований.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. К вопросу о необходимости учета неприливных изменений силы тяжести при деформационном мониторинге гидротехнических сооружений / В. Ф. Канушин, И. Г. Ганагина, Н. С. Косарев, Д. Н. Голдобин // Изв. вузов. Строительство. – 2017. – № 11–12 (707–708). – С. 72–80.
2. Определение допустимой погрешности планового положения пунктов гравиметрической съемки / Д. Н. Голдобин, В. Ф. Канушин, И. Г. Ганагина, Н. С. Косарев, Н. Н. Федотова // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XIV Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов (Новосибирск, 23–27 апреля 2018 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2018. – С. 146–153.
3. Результаты первого цикла геодезическо-гравиметрических наблюдений на Западно-Судорминском геодинамическом полигоне / И. Г. Ганагина, Д. Н. Голдобин, А. И. Каленицкий, Э. Л. Ким, В. А. Середович // ГЕО-Сибирь-2008. IV Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 5 т. (Новосибирск, 22–24 апреля 2008 г.). – Новосибирск : СГГА, 2008. Т. 1, ч. 2. – С. 45–49.
4. Детализация участков повышенной промышленной опасности Спорышевского месторождения углеводородов по результатам 1-го цикла натуральных геодезическо-гравиметрических измерений / И. Г. Ганагина, Д. Н. Голдобин, А. И. Каленицкий, Э. Л. Ким, В. А. Середович // ГЕО-Сибирь-2008. IV Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 5 т. (Новосибирск, 22–24 апреля 2008 г.). – Новосибирск : СГГА, 2008. Т. 1, ч. 2. – С. 50–54.
5. 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. – 2015. – Вып. 3 (31). – С. 53–69.
6. Алексеев В. Ф. О. Методах определения допустимых погрешностей геодезического обеспечения гравиметрических съемок // Информация и космос. – 2009. – № 1. – С. 33–38.
7. Прихода А. Г., Байкалова Р. А. Высотное обоснование детальных гравиметрических съемок : метод. рекомендации. – Новосибирск : СНИИГГиМС, 1978. – 96 с.
8. Кашеев Р. А. Современные методы спутниковой гравиметрии : конспект лекций. – Казань : Казан. ун-т, 2015. – 45 с.
9. Огородова Л. В., Шимбирев Б. П., Юзефович А. П. Гравиметрия : учебник для вузов. – М. : Недра, 1978. – 325 с.

10. Исследование современных глобальных моделей гравитационного поля Земли : монография / В. Ф. Канушин, А. П. Карпик, И. Г. Ганагина, Д. Н. Голдобин, А. М. Косарева, Н. С. Косарев. – Новосибирск : СГУГиТ, 2015. – 270 с.
11. Hofman-Wellenhof B., Moritz H. Physical Geodesy. – Austria : Springer-Verlag Wien, 2005. – 397 с.
12. Moritz H. Advanced physical geodesy. – Wichmann, 1980. – 500 с.
13. International Centre for Global Earth Models (ICGEM) [Electronic resource]. – Mode of access: <http://icgem.gfz-potsdam.de>.
14. Evaluation of recent Earth's global gravity field models with terrestrial gravity data / A. P. Karpik, V. F. Kanushin, I. G. Ganagina, D. N. Goldobin, N. S. Kosarev, A. M. Kosareva // Contributions to Geophysics and Geodesy. – 2016. – Vol. 46, No. 1. – P. 1–11.
15. Сравнение спутниковых моделей проекта GOCE с различными наборами независимых наземных гравиметрических данных / В. Ф. Канушин, И. Г. Ганагина, Д. Н. Голдобин, Е. М. Мазурова, А. М. Косарева, Н. С. Косарев // Вестник СГУГиТ. – 2014. – Вып. 3 (27). – С. 21–35.
16. Современные глобальные модели квазигеоида: точностные характеристики и разрешающая способность / В. Ф. Канушин, И. Г. Ганагина, Д. Н. Голдобин, Е. М. Мазурова, Н. С. Косарев, А. М. Косарева // Вестник СГУГиТ. – 2017. – Т. 22, № 1. – С. 30–49.
17. Бурмистров Г. А. Основы способа наименьших квадратов. – 1963. – 390 с.

© Д. Н. Голдобин, В. Ф. Канушин, И. Г. Ганагина, Н. Н. Федотова, 2019

ДЕФОРМАЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ МНОГОЭТАЖНОГО ЖИЛОГО ЗДАНИЯ В ПЕРИОД СТРОИТЕЛЬСТВА

Инна Евгеньевна Дорогова

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры космической и физической геодезии, тел. (383)361-01-59, e-mail: inna_dorogova@mail.ru

Александр Алексеевич Ильин

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, ассистент кафедры геоматики и инфраструктуры недвижимости, тел. (383)343-39-77, e-mail: alexander_ilin73@mail.ru

Рустам Ильсурович Искандаров

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, магистрант кафедры космической и физической геодезии, тел. (383)361-01-59, e-mail: rustam.iskandarov.96@mail.ru

В статье приводится описание технологии деформационного геодезического мониторинга многоэтажного жилого здания в период строительства. Выполнено описание основных этапов работ: выбор расположения исходных реперов и оценка их устойчивости, размещение деформационных марок на наблюдаемом сооружении, проложение по деформационным маркам нивелирных ходов, реализация нескольких циклов геодезических измерений и определение по их результатам наблюдаемых осадок деформационных марок.

Выполнен анализ полученных результатов, позволяющий говорить о том, что на момент выполнения измерений наблюдаемые деформационные процессы носят прогнозируемый характер. Даны рекомендации по усовершенствованию комплекса измерительных мероприятий, а также рассмотрена возможность прогнозирования и вычислены прогнозные значения осадок деформационных марок, которые практически совпадали с фактическими значениями, полученными в следующем цикле наблюдений.

Ключевые слова: деформационный мониторинг, многоэтажное строительство, осадки зданий, деформационная марка, график осадок.

DEFORMATION MONITORING OF MULTILEVEL RESIDENTIAL BUILDING DURING CONSTRUCTION

Inna E. Dorogova

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D., Associate Professor, Department of Space and Physical Geodesy, phone: (383)343-29-11, e-mail: inna_dorogova@mail.ru

Aleksandr A. Ilin

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Assistant, Department of Geomatics, Property and Infrastructure, phone: (383)343-39-77, e-mail: alexander_ilin73@mail.ru

Rustam I. Iskandarov

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Graduate, Department of Space and Physical Geodesy, phone: (383)343-29-11, e-mail: rustam.iskandarov.96@mail.ru

The article describes the technology of deformation geodetic monitoring of a multi-storey residential building during construction. The description of the main stages of work: the choice of the location of the reference frames and the assessment of their stability, the placement of deformation marks on the observed structure, the location of leveling moves along deformation marks, the implementation of several cycles of geodetic measurements and the determination of deformation marks observed by their results

The analysis of the obtained results has been performed, which suggests that at the time of the measurements, the observed deformation processes are predictable. Recommendations on improvement of the measuring measures complex are given, and the possibility of forecasting is considered, and the predicted values of the sediment deformation marks are calculated, which practically coincide with the actual values obtained in the next observation cycle.

Key words: deformation monitoring, multi-storey construction, precipitation of buildings, deformation mark, graph of sinking.

Введение

Строительный этап мониторинга проводится с целью получения и сбора информации о возможном негативном влиянии строительства [1, 2]. На этом этапе осуществляются контроль и наблюдения за возможной активизацией и развитием деформационных процессов под воздействием техногенных факторов, возникающих при строительстве [3–5]. Контролю при этом обычно подлежат осадки зданий и сооружений и горизонтальные смещения зданий и сооружений [6–8].

Мониторинг осадок зданий и сооружений на строительном этапе предусматривает контроль за положением осадочных марок и реперов всех объектов. На этих участках контроль осуществляется посезонно, до 4 раз в год. Для процессов, активизация которых характеризуется сезонностью, контроль осуществляется в соответствии с сезонностью. При необходимости, при активно развивающихся процессах, наблюдения могут проводиться с повышенной частотой: до одного раза в месяц [9, 10].

Особый интерес при организации мониторинга сооружений представляют вопросы, связанные с интерпретацией результатов измерений с точки зрения происходящих деформационных процессов, а также прогнозирования изменений смещений отдельных марок и развития деформационных процессов для всего сооружения со временем [11–13].

В данной статье рассмотрен комплекс геодезических работ для осуществления деформационного мониторинга строящегося жилого здания, выполнен анализ полученных результатов, даны рекомендации по улучшению системы мониторинга, а также выполнена оценка возможности вычисления прогнозных значений осадок деформационных марок и определены их величины.

Методы и материалы

Наблюдения за вертикальными деформациями (осадками, подъемами) фундаментов строящегося здания выполнены для многоэтажного жилого здания по ул. Дуси Ковальчук в г. Новосибирске.

Основной целью наблюдений являлось получение данных для оценки устойчивости сооружения и своевременного принятия профилактических мер по устранению или предупреждению критических деформаций.

На рис. 1 представлен общий вид объекта на различных этапах строительства и мониторинга.



Рис. 1. Общий вид объекта:
а) цикл 2; б) цикл 10; в) цикл 13

Работы производились в два этапа: полевой и камеральный. Полевой этап включал рекогносцировку, закладку и наблюдения 3 исходных реперов высотной основы вне зоны распространения давления от строящегося здания, а также 15 деформационных марок в стенах наблюдаемого здания, предварительную обработку результатов нивелирования.

Определение высотного положения заложенных марок реализовывалось с точностью нивелирования II класса [14]. Привязка сети исходных реперов нивелирования II класса выполнена к пункту полигонометрии № 12010 в первом (начальном) цикле наблюдений с целью определения отметок реперов сети в местной системе высот г. Новосибирска (Правобережная система высот).

В качестве исходной основы заложен куст ственных реперов, состоящий из трех ственных марок, удаленных от наблюдаемого объекта на расстоянии 210 м (регламентировано нормативными документами – не менее, чем 1,5 высоты объекта) [15]. В последующих циклах нивелирования за исходный репер при

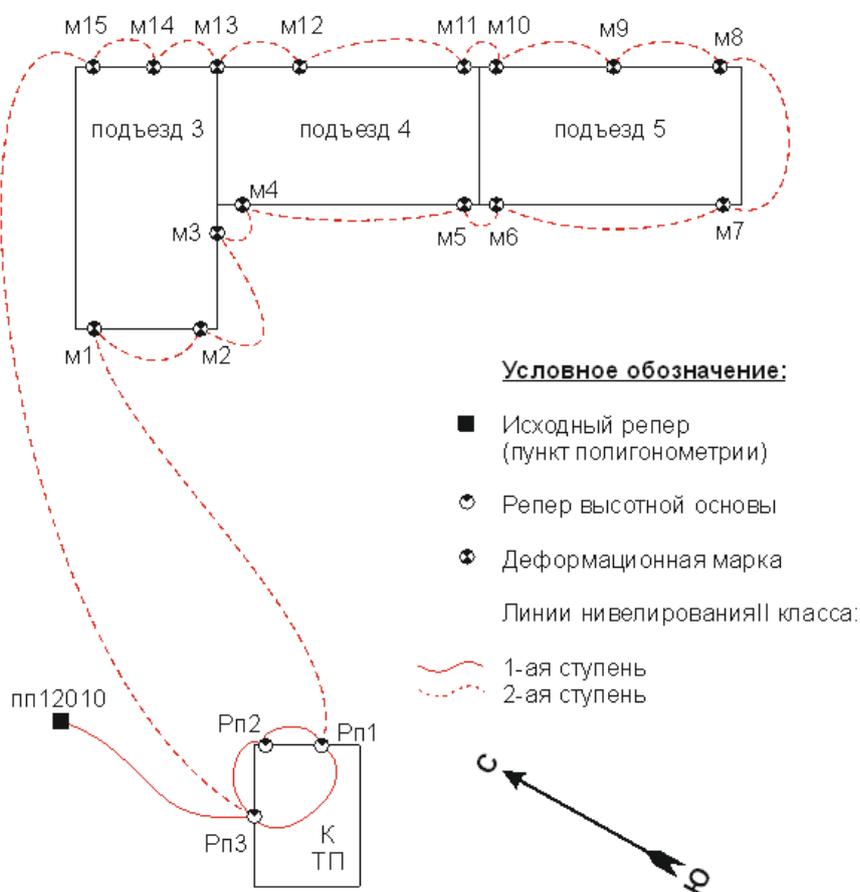
вычислении отметок принимается тот репер на площадке, высота которого по результатам анализа стабильности, изменилась между смежными циклами незначительно. Отметка этого репера в предыдущем цикле наблюдений принимается за исходную при вычислении отметок реперов в данном цикле [16].

Куст реперов (Рп1, Рп2, Рп3) использовался с первого по девятый цикл наблюдений. В десятом цикле репера были уничтожены, и в качестве исходной основы были заложены новые (Рп1Н, Рп2Н, Рп3Н) с привязкой к пункту полигонометрии № 12010 [17].

Анализ стабильности реперов и вычисление их вероятнейших отметок выполнены способом В. Ф. Черникова. Порядок анализа и формулы изложены в [18]. При уравнивании результатов нивелирования второй ступени и вычислении отметок и осадок деформационных марок использованы вероятнейшие отметки реперов.

Деформационные марки для определения вертикальных перемещений фундамента установлены в нижней части несущих конструкций по всему периметру наблюдаемого сооружения (примерно через 15 м), в том числе на углах, стыках конструкций, по обе стороны осадочных или температурных швов, в местах примыкания продольных и поперечных стен [19].

Схема размещения исходных реперов и деформационных марок приведена на рис. 2.



Нивелирование по исходным реперам сети и определение высотного положения заложённых марок выполнено цифровым нивелиром DNA03 компании Leica (Швейцария), обеспечивающим в комплекте со штрихкодowymi инварными рейками, снабженными круглыми уровнями, среднюю квадратическую ошибку 0,3 мм на 1 км двойного нивелирного хода. Цикличность наблюдений составляла один раз в месяц.

В тринадцатом цикле в результате производства строительных работ оказались недоступными деформационные марки М7 – М14 и уничтожены марки М6 и М15.

На камеральном этапе выполнены обработка, уравнивание и анализ точности результатов измерений, составлены схемы нивелирных ходов и графическое представление осадок деформационных марок в наблюдаемый период. Уравнивание нивелирной сети II класса выполнено на ПК строгим параметрическим способом с использованием сертифицированного программного продукта Нивелир 1.1 компании Кредо-Диалог.

Также был выполнен поиск прогнозных значений отметок деформационных марок. Для этого предварительно выполнялась оценка отношения средней квадратической ошибки к средней ошибке измерений после каждого цикла наблюдений. На основании этого критерия принималось решение о возможности определения прогнозных значений [11, 13].

Результаты

Анализ полученных невязок показывает, что все невязки значительно меньше допустимых, таким образом, заключительная оценка точности из уравнивания показала, что выполненное нивелирование II класса по точности соответствует требованиям действующих нормативных документов [14, 20] и отметки контрольных точек определены с достаточной точностью.

По уравненным отметкам осадочных марок были вычислены их осадки между смежными циклами наблюдений

$$S' = H_i - H_{i-1}, \quad (1)$$

где H_i – отметка осадочной марки в i -м цикле наблюдений;

H_{i-1} – отметка осадочной марки в $(i-1)$ -м цикле наблюдений [15].

По полученным данным построены развернутые графики осадок (рис. 3). Такие графики позволяют наглядно судить о величине и равномерности осадок.

Также были составлены ведомости осадок по блокам для симметрично расположенных марок и их графики [10].

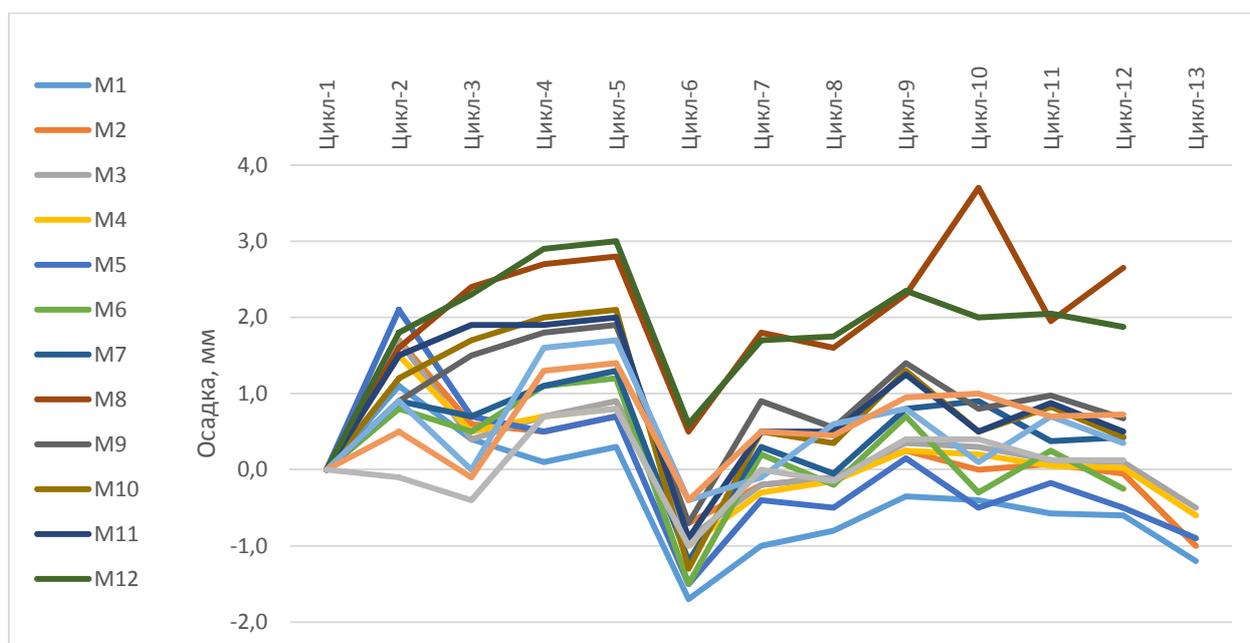


Рис. 3. Развернутый график осадок относительно начального цикла

После каждого цикла измерений определялся коэффициент, оценивающий отношение средней квадратической ошибки к средней ошибке измерений, в случае отсутствия скачков значений коэффициента можно говорить об отсутствии качественных изменений состояния объекта строительства, что позволяет определять прогнозные значения осадок деформационных марок [11]. В нашем случае значение коэффициента практически не изменялось и составляло 1,16 для всех циклов наблюдений.

Обсуждение

Выполненный анализ осадок показал, что с первого по тринадцатый цикл (февраль – август) осадки имеют практически равнонаправленный характер, равномерны, незначительны и находятся в пределах от $-3,4$ до $+3,7$ мм, при допустимых значениях максимальной осадки для гражданских многоэтажных зданий с полным каркасом и монолитным перекрытием – 20 мм.

После каждого цикла измерений методом экспоненциального сглаживания выполнялось вычисление прогнозных значений осадок деформационных марок, которое практически совпадало с фактическим значением, определенным в следующем цикле наблюдений. Максимальное расхождение между прогнозными и фактическими значениями осадки составляло 0,3 мм.

Совпадение прогнозных и фактических значений осадок марок указывает на закономерность и предсказуемость развития деформационных процессов в период строительства данного сооружения.

Заключение

Выполненные исследования позволяют говорить о том, что на момент выполнения измерений наблюдаемые деформационные процессы носят предсказуемый характер и не представляют опасности для отдельных конструктивных элементов и сооружения в целом. Для осуществления дальнейшего мониторинга объекта необходима закладка утерянных в тринадцатом цикле деформационных марок.

Наблюдения за деформациями сооружений представляют собой комплекс измерительных и описательных мероприятий по выявлению их величин и причин возникновения. Поэтому, также, рекомендуется расширить комплекс полевых работ и включить в их состав измерения, направленные на определение планового положения деформационных марок. Это позволит в дальнейшем вести мониторинг горизонтальных сдвигов наблюдаемого объекта, возможных из-за дальнейшей нагрузки от подъема этажей и направленности уклона грунта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 47.13330.2012. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96 [Электронный ресурс] : утвержден приказом Федерального агентства по строительству и жилищно-коммунальному хозяйству (Госстрой России) от 10.12.2012 № 83/ГС. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

2. СП 126.13330.2012. Геодезические работы в строительстве. Актуализированная редакция СНиП 3.01.03-84 [Электронный ресурс] : утвержден приказом Министерства регионального развития Российской Федерации (Минрегион России) от 29.12.2011 № 635/1. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

3. СП 22.13330.2011 Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*. [Электронный ресурс]: утвержден приказом Министерства регионального развития Российской Федерации (Минрегион России) от 28.12.2010 № 823. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

4. Деформационный мониторинг сухой вентиляторной градины прямоугольной формы / Г. А. Уставич, П. П. Сальникова, В. Г. Сальников, Н. М. Рябова // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2016. XII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 18–22 апреля 2016 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2016. Т. 1. – С. 20–25.

5. Моисеев А. Г. Технологическая схема разбивочных работ при строительстве высотных сооружений // 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. 46–50.

6. Кроличенко О. В. Методика наблюдений за деформациями инженерных сооружений специального назначения // Геодезия и аэрофотосъемка. – 2014. – № 6. – С. 27–29.

7. Шоломицкий А. А., Лагутина Е. К., Соболева Е. Л. Проект геодезических работ при мониторинге зданий и сооружений аквапарка // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2016. XII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 18–22 апреля 2016 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2016. Т. 1. – С. 31–36.

8. Геодезический мониторинг строительства жилого высотного здания / Г. А. Уставич, С. В. Середович, В. Г. Сальников, В. А. Скрипников // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2017.

XIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 17–21 апреля 2017 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2017. Т. 1. – С. 93–99.

9. ГОСТ 24846–2012. Грунты. Методы измерения деформаций оснований зданий и сооружений [Электронный ресурс] : приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29.10.2012 № 599-ст . – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

10. Хорошилова Ж. А., Хорошилов В. С. Деформационный мониторинг инженерных объектов как составная часть геодезического мониторинга // 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. 77–80.

11. Гуляев Ю. П. Прогнозирование деформаций сооружений на основе результатов геодезических наблюдений. – Новосибирск : СГГА, 2008. – 256 с.

12. Хорошилов В. С. О разработке информационной экспертной системы для оптимального геодезического обеспечения инженерных объектов // Геодезия и картография. – 2008. – № 5. – С. 15–19.

13. Гуляев Ю. П., Хорошилов В. С., Родионова Ю. В. Методика выявления по геодезическим данным степени аварийности высотных зданий и направление повышения эффективности оценки их состояния // 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. 66–71.

14. Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов: утв. рук. Федер. службы геодезии и картографии России 25.12.03: введ. в действие с 01.02.04. – М. : Картгеоцентр-Геодезиздат, 2004. – 244 с.

15. ГОСТ 31937–2011. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния [Электронный ресурс] : приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27.12.2012 № 1984-ст. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

16. Олейник А. М. Выбор мест закладки грунтовых реперов с учетом прогнозного изменения геокриологической обстановки от техногенной деятельности // 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. 37–40.

17. Правила закладки центров и реперов на пунктах геодезической и нивелирной сетей. – М. : Картгеоцентр-Геодезиздат, 1993. – 104 с.

18. Ганьшин В. Н., Стороженко А. Ф., Буденков Н. А. Геодезические методы измерения вертикальных смещений сооружений и анализ устойчивости реперов. – М. : Недра, 1991. – 190 с.

19. Пособие к МГСН 2.07-01 Основания, фундаменты и подземные сооружения. Обследование и мониторинг при строительстве и реконструкции зданий и подземных сооружений [Электронный ресурс] : приказ Москомархитектуры от 01.12.2004 № 180. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

20. Руководство по наблюдениям за деформациями оснований и фундаментов зданий и сооружений. – М. : Стройиздат, 1975. – 156 с.

© И. Е. Дорогова, А. А. Ильин, Р. И. Искандаров, 2019

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ ИЗЫСКАНИЯХ МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОВОДОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ГИС НА ПРИМЕРЕ СУРГУТСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Олег Юрьевич Колесников

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, магистрант кафедры космической и физической геодезии, тел. (953)776-26-36, e-mail: kolesnikov.o.u@yandex.ru

Валерий Степанович Хорошилов

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, доктор технических наук, профессор кафедры космической и физической геодезии, тел. (383)343-29-11, e-mail: khoroshilovvs@mail.ru

В статье рассматривается возможность визуализации производства геодезических работ на основе представления необходимых данных в «пустой» оболочке информационной системы для повышения качества выполнения работ на объекте на основе зрительного восприятия информации.

Ключевые слова: изыскания нефтепроводов, информационные системы, инженерные объекты, база данных.

GEODETIC WORKS IN SURVEYING OF OIL PIPELINES USING THE CAPABILITIES OF GIS ON THE EXAMPLE OF SURGUT OIL FIELDS

Oleg Yu. Kolesnikov

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Graduate, Department of Space and Physical Geodesy, phone: (953)776-26-36, e-mail: kolesnikov.o.u@yandex.ru

Valery S. Khoroshilov

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

The article discusses the possibility of visualization of the production of geodetic works based on the submission of the required data in the "empty" shell of the information system to improve the quality of performance of works on object-based visual perception of information.

Key words: oil pipeline surveys, information systems, engineering facilities, database.

Введение

Одной из важнейших задач при сооружении магистральных трубопроводов для транспортировки нефти и газа является геодезическое обеспечение строительства. Отметим при этом, что при уточнении вариантов трассирования трубопроводов на ответственных участках активно применяются методы ви-

зуализации, позволяющие интегрировать при компьютерной поддержке сильнейшие способности специалистов и возможностей геоинформационных систем (ГИС). При этом все результаты геодезических измерений являются исходной информацией в процессе отображения результатов наблюдений в структуре геоинформационной системы с их дальнейшей возможностью редактирования данных, дополнения в структуре системы новых блоков информации и т. п. [1]; нужно только накапливать, систематизировать и сохранять в геоинформационной системе результаты всех выполненных исследований и измерений о конкретном объекте. Поэтому создание подобных геоинформационных систем может существенно упростить работу с самим объектом и с восприятием нужной информации, так как необходимая информация подается последовательно и структурированно.

Методы и материалы

В современном информационном обществе процесс упорядоченного способа подачи информации приобретает достаточно важное значение вследствие возможности включения в ГИС различного рода инвестиционных проектов для подготовки и принятия решений на всех стадиях строительства нефтегазового комплекса с целью минимизации рисков при обеспечении их промышленной, экологической и экономической безопасности [2].

В процессе разработки подобной геоинформационной системы и ее дальнейшего редактирования для создания оболочки системы и ее интерфейса был использован язык программирования С#. При загрузке разработанной ГИС на экране появляется стартовое окно геоинформационной системы (рис. 1).



Рис. 1. Стартовое окно базы данных

При нажатии на любую кнопку стартового окна происходит запуск геоинформационной системы, в результате чего осуществляется переход в корневой

каталог для последующего использования разработанной базы данных объекта. На рис. 2 представлена разработанная база данных созданной информационной системы в виде корневого каталога.

База данных геоинформационной системы представляет собой окно, разделенное на два поля: с левой стороны отображена информация о разделах и подразделах базы, включающая в себя теоретическую и практическую часть инженерно-геодезических работ, а также техническое задание и дополнения в виде приложений. С правой стороны, при выборе соответствующего раздела или подраздела, появляется необходимая информация в виде краткого описания выбранного материала и ссылкой на полный документ. Отметим при этом, что существует возможность удалять, редактировать и добавлять новые разделы по нужной тематике.

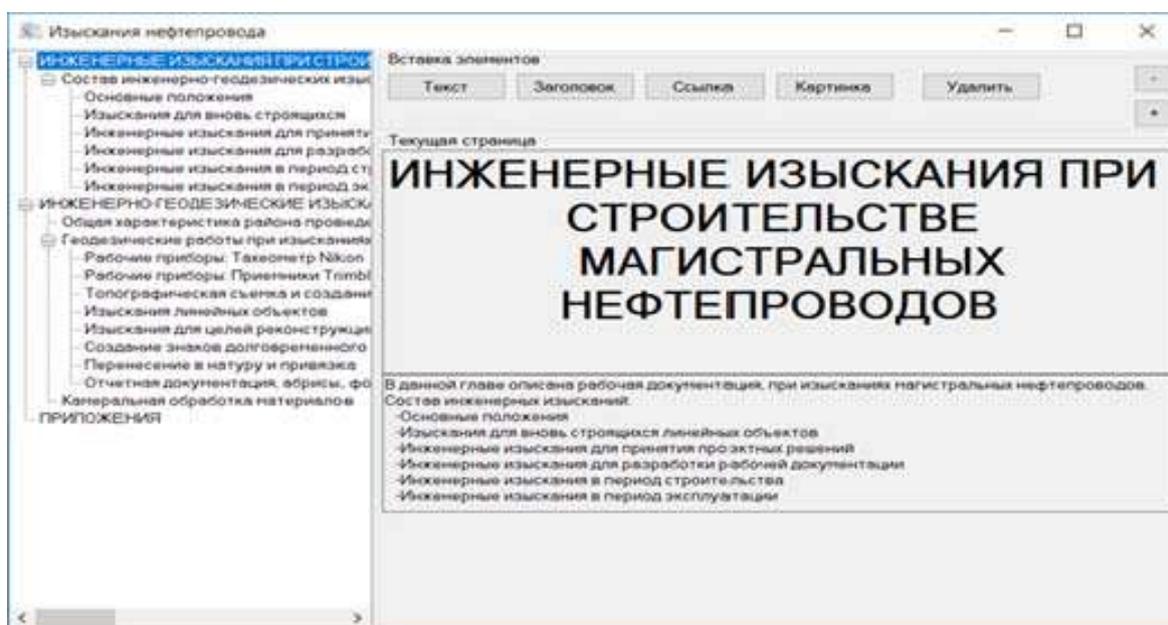


Рис. 2. База данных информационной системы (корневой каталог)

Процесс работы с разработанной базой данных ГИС представлен на примере создания раздела «Изыскания линейных объектов», показанном на рис. 3. Нажимая правую кнопку мыши на свободное поле левой стороны окна, появляется меню для работы с узлами. Выбирая кнопку «Добавить новый узел», появляется окошко «Ввод нового узла». При создании узла, новый узел будет доступен в левой части окна (в структуре корневого каталога). С помощью соответствующих кнопок можно добавить заголовок, текст, картинку, ссылку на документ или удалить их.

После того как создан новый узел в корневом каталоге (например «Изыскания линейных объектов»), в него добавляется заголовок, основной текст, ссылки на основной документ и иллюстрации. Для этого используются кнопки с соответствующим названием.

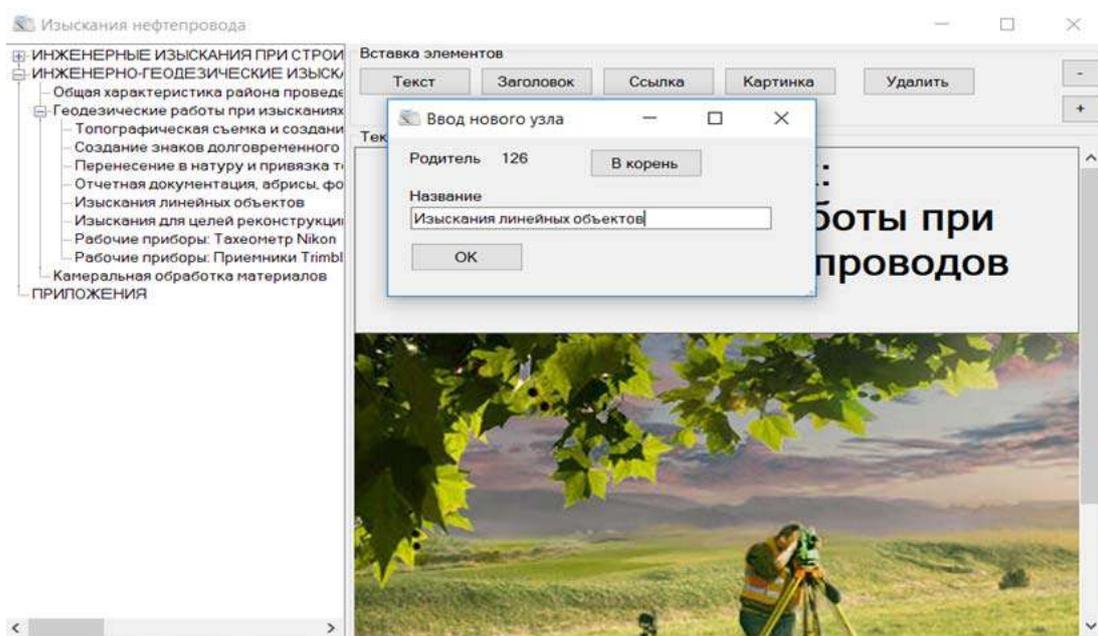


Рис. 3. Создание нового узла

После ввода заголовка и текста добавляется ссылка на документ. Используя кнопку «Ссылка», вводим название соответствующей ссылки и название документа, который нужно добавить, с указанием расширения этого документа, как показано на рис. 4. Все добавленные документы хранятся в корневой папке информационной системы. Все необходимые рисунки и изображения добавляются соответствующим способом после нажатия на кнопку «Картинка».

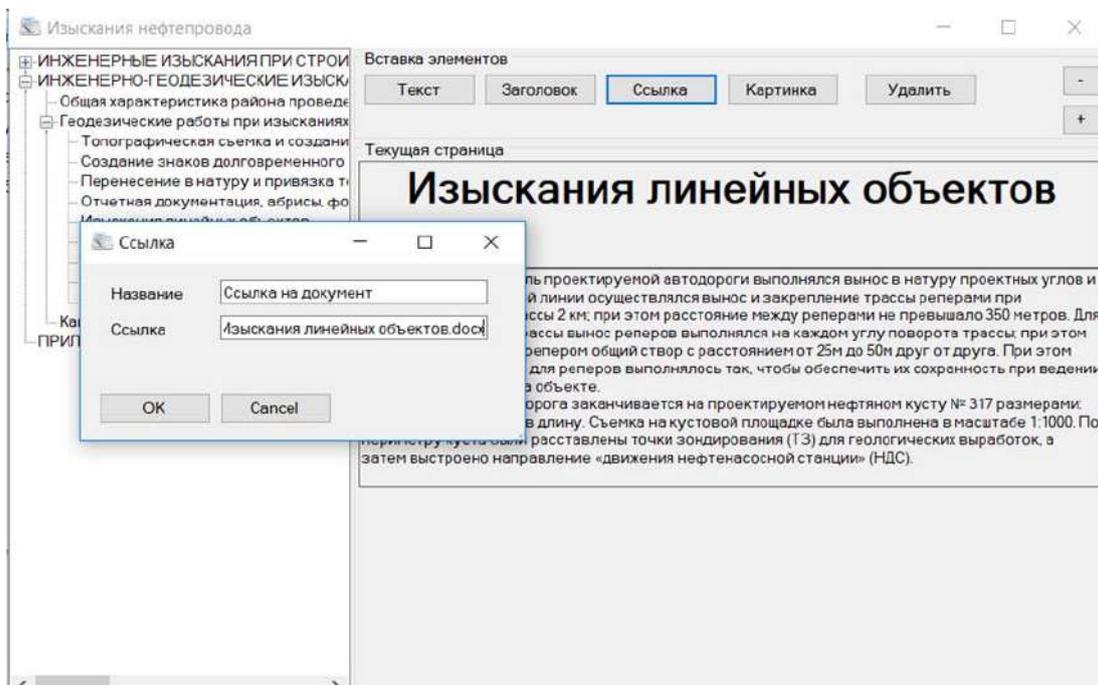


Рис. 4. Добавление ссылки в информационную систему

Результат

В составе корневого каталога в разделе «Инженерные изыскания при строительстве магистрального нефтепровода» представлена информация по всем нормативным документам и руководящей информации при проведении работ при строительстве магистрального нефтепровода (допуски, ГОСТы, СНиПы и т.д.) (рис. 5). Также представлена информация по всему содержанию инженерно-геодезических изысканий на различных этапах. В ее состав входят следующие подразделы: «Основные положения»; «Изыскания для вновь строящихся линейных объектов»; «Инженерные изыскания для принятия проектных решений»; «Инженерные изыскания для разработки рабочей документации»; «Инженерные изыскания в период строительства»; «Инженерные изыскания в период эксплуатации».

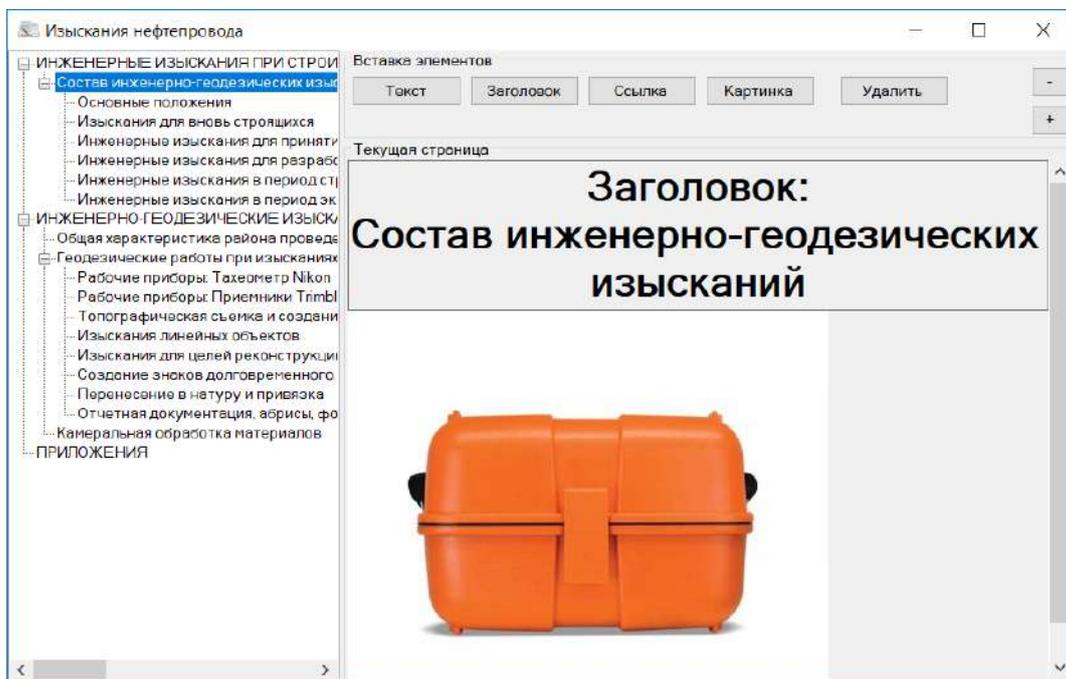


Рис. 5. Состав инженерно-геодезических изысканий

Второй раздел геоинформационной системы представлен комплексом изыскательских работ на участке Восточно-Сургутского месторождения. Раздел называется «Инженерно-геодезические изыскания при строительстве магистрального нефтепровода» и начинается с общей характеристики описания участка проведения работ (рис. 6).

В состав подраздела «Геодезические работы при изысканиях» входят: «Рабочие приборы – Тахеометр Nikon»; «Рабочие приборы – Приемники Trimble»; «Топографическая съемка и создание геодезического съемочного обоснования»; «Изыскания линейных объектов»; «Изыскания для целей реконструкции»; «Создание знаков долговременного типа»; «Перенесение в натуру и при-

вязка точек»; «Отчетная документация, абрисы, фотографии». Раздел заканчивается подразделом «Камеральная обработка материалов».

Также добавлен раздел с приложениями по комплексу выполненных изысканий на данном объекте.

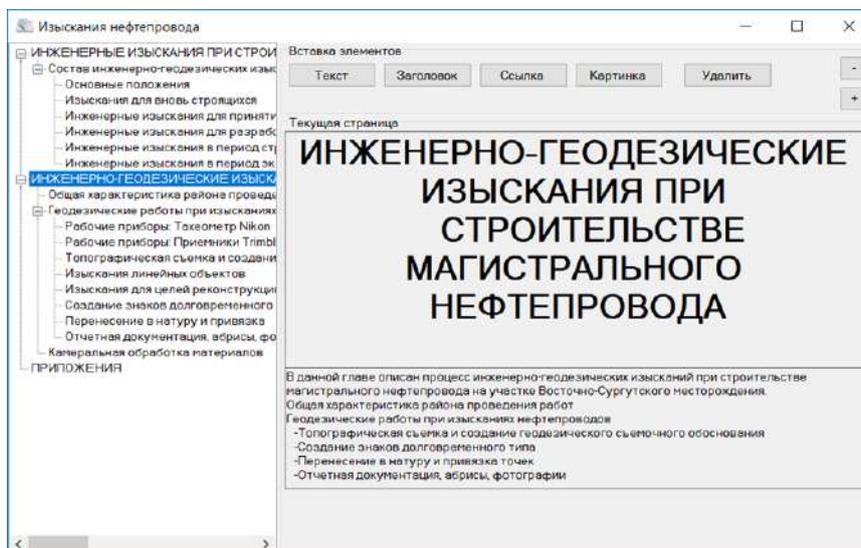


Рис. 6. Раздел «Инженерно-геодезические изыскания при строительстве магистрального нефтепровода»

Заключение

Представленная геоинформационная система имеет возможность встраивания в любую современную ГИС в виде самостоятельного приложения и служит для удобного ориентирования при поиске и использования конкретной информации при выполнении полевых и камеральных работ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Инженерные изыскания для строительства магистральных нефтепроводов и нефтепродуктопроводов РД-91.020.00-КТН-173-10 : руководящий документ. – 2010. – 116 с.
2. Ловягин В. Ф. Геоинформационные технологии в инженерных изысканиях трасс линейных сооружений : монография. – Новосибирск : СГГА, 2010. – С. 153.
3. Применение геоинформационных технологий в ОАО «Саратовнефтегаз» / В. З. Макаров, А. Н. Чумаченко, С. Н. Бышов, А. Б. Носков, В. А. Фролов // Территория Нефтегаз. – 2007. – № 2. – С. 16-21.
4. Карпик К. А., Трифонов К. Е. Применение геоинформационных систем в процессе оптимизации проектных параметров линейных объектов нефтегазового комплекса // ГЕО-Сибирь-2007. III Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 25–27 апреля 2007 г.). – Новосибирск : СГГА, 2007. Т. 1, ч. 2. – С. 249–251.
5. Аковецкий В. Г. Геоинформационная среда управления проектами нефтегазового комплекса // сб. материалов науч. конф. «Нефть и газ Западной Сибири», 17 октября 2013 г. – Тюмень : ТИУ, 2013. – С. 5–9.

6. Башлыков А. А. Принципы автоматизации процессов контроля и управления техническим обслуживанием и ремонтом объектов и сооружений магистральных нефтепроводов // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. – 2009. – № 7. – С. 10–24.
7. Радченко Л. К., Топчилов М. А. Особенности геоинформационного картографирования нефтегазовых комплексов // ГЕО-Сибирь-2005. Науч. конгр. : сб. материалов в 7 т. (Новосибирск, 25–29 апреля 2005 г.). – Новосибирск : СГГА, 2005. Т. 4. – С. 104–106.
8. Рюмкин А. И., Тябаев Е. С. Геовизуализация по данным дистанционного зондирования в проектировании магистральных трубопроводов // Исследование Земли из космоса. – 2013. – № 5. – С. 70.
9. Мурашева А. А., Жукова Н. В. Геоинформационное обеспечение для сооружений линейного типа // Проблемы развития региональной сети железных дорог. – 2003 – С. 114–117.
10. Трифонов К. Е. Применение ГИС технологий в процессе оптимизации пространственных параметров трассы газопровода // ГЕО-Сибирь-2010. VI Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2010 г.). – Новосибирск : СГГА, 2010. Т. 1, ч. 2. – С. 195–198.
11. Этапы формирования геоинформационных технологий в нефтегазодобывающих компаниях / П. Г. Ермак, М. Г. Тэбырцэ, Г. Г. Кравченко, А. И. Рюмкин // Геоинформатика. Теория и практика. – 1998. – С. 269–310.
12. Топчиев А. Г., Тужиков М. Е. Проектирование геоинформационных систем по данным локального мониторинга в задачах диагностики нефтегазопроводов // Нефть, газ и бизнес. – 2007. – № 5. – С. 52–55.
13. Колесников А. В. Инженерно-геодезические изыскания ПАО «Гипротюменнефтегаз» // Сб. материалов науч. конф. Актуальные проблемы рационального использования земельных ресурсов, 04 апреля 2018 г. – Курган : КГСА им. Мальцева, 2018. – С. 55–58.
14. Кирсанова Д. П., Зайков В. И. Совершенствование методов геодезического обеспечения мониторинга линейных объектов // Сб. материалов науч. конф. Региональные аспекты развития науки и образования в области архитектуры, строительства, землеустройства и кадастров в начале III тысячелетия (Комсомольск-на-Амуре, 29–30 ноября 2017 г.). – Комсомольск-на-Амуре : КГТУ, 2017. – С. 212–215.
15. Катасонов М. В. Принципы выбора мест расположения спутниковых базовых станций // Сб. материалов науч. конф. Молодежь и научно-технический прогресс в дорожной отрасли юга России (Волгоград, 20–22 мая 2015 г.). – Волгоград : ВГАСУ, 2015. – С. 187–191.
16. Олейник А. М. Организация системы геодезического мониторинга объектов нефтегазового комплекса в криолитозоне // 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. 166–170.
17. Грязнев Д. Ю. Повышение безопасности магистрального трубопровода на основе геотехнического мониторинга в зоне многолетнемерзлых грунтов // Новая наука: Теоретический и практический взгляд. – 2016. – № 8. – С. 72–74.
18. Обиденко В. И. Методологические подходы и алгоритмы определения метрических параметров территории Российской Федерации на земном сфероиде с использованием геоинформационных технологий // Геодезия и картография. – 2012. – № 4. – С. 39–45.
19. Гура Т. А., Слинкова Ю. Н. Инженерно-геодезические изыскания для подготовки проекта планировки территории // Вестник магистратуры. – 2016. – № 2. – С. 30–32.
20. Биндер И. О. Инженерно-геодезические изыскания линейного участка магистрального газопровода «Сахалин – Хабаровск – Владивосток» // Инженерные изыскания. – 2014. – № 5 – С. 64–67.

© О. Ю. Колесников, В. С. Хорошилов, 2019

СОВРЕМЕННАЯ МЕТОДИКА ВЫСОКОТОЧНОГО ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ

Адольф Георгиевич Малков

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры космической и физической геодезии, тел. (923)231-03-85

Роман Михайлович Брыскин

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, магистр кафедры космической и физической геодезии, тел. (983)307-86-78, e-mail: romabryskin@gmail.com

В статье описана методика создания высотной основы для решения различных инженерных задач методом геометрического нивелирования. Приведены описание, недостатки и преимущества существующих способов геометрического нивелирования. Представлены требования к точности измерений при геометрическом нивелировании. Предложен авторский способ контроля измерения превышений на станции нивелирования с использованием костыля с двумя головками, смещенными относительно друг друга на фиксированную величину. Представлена практическая пошаговая реализация данного способа геометрического нивелирования. Описаны основные формулы, используемые для получения результатов измерений.

Ключевые слова: геодезия, геометрическое нивелирование, высотная основа, измерения превышений, костыль с двумя головками, формулы геометрического нивелирования, превышение на станции нивелирования.

MODERN TECHNIQUE OF HIGH-PRECISION GEOMETRIC LEVELING

Adolf G. Malkov

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D., Associate Professor, Department of Space and Physical Geodesy, phone: (923)231-03-85

Roman M. Bryskin

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Graduate, Department of Space and Physical Geodesy, phone: (983)307-86-78, e-mail: romabryskin@gmail.com

This article describes the method of creating a high-rise basis for solving various engineering problems by geometric leveling. The description, disadvantages and advantages of the existing methods of geometric leveling are given. The requirements for measurement accuracy in geometric leveling are presented. The authors propose a method of controlling the measurement of excess at the leveling station using a crutch with two heads offset relative to each other by a fixed value. The practical step-by-step implementation of this method of geometric leveling is presented. The basic formulas used to obtain the measurement results are described.

Key words: geodesy, geometric leveling, the altitude-based measure of excess, a spike with two heads, formulas geometric leveling, in excess of station leveling.

Введение

Создание высокоточной высотной основы для решения различных инженерных задач, обычно выполняется методом геометрического нивелирования, путем последовательного измерения превышений между исходным и определяемым репером высотной сети. Превышения между точками нивелирного хода вычисляются по разностям отсчетов задней и передней реек, фиксируемых горизонтальным лучом нивелира. Установка линии визирования нивелира в горизонтальное положение зависит от конструкции нивелира.

Для отечественных высокоточных уровенных нивелиров типа Н-05 используется цилиндрический уровень с ценой деления менее 10" жестко скрепленный со зрительной трубой, для высокоточных нивелиров с компенсатором углов наклона типа Ni-002 и цифровых нивелиров типа Divi-03 применяется высокочувствительный компенсатор с погрешностью компенсации 0.05".

Следует отметить, что все существующие типы нивелиров можно классифицировать по функциональным возможностям и точностным характеристикам. На современном этапе производства нивелирных работ выбор того или иного типа нивелира зависит от точности определения отметок интересующих нас объектов, условий выполнения данных работ и экологической целесообразности.

Точность геометрического нивелирования измеряется средней квадратической ошибкой на станции нивелирования. Согласно ГОСТ 10528 ее величина для I класса нивелирования равна 0,15 мм для длины плеча менее 30 м. Для достижения данной погрешности измерения необходимо в полевых условиях выбирать время измерений, строго соблюдать методику и все требования инструкции по нивелированию I, II, III, IV классов [1].

При использовании уровенного нивелира Н-05 погрешность измеренного превышения достигается средним значением отсчетов по основной и дополнительным шкалам инварной рейки РН-05 с углом изложенных выше требований. В нивелирах с компенсатором углов наклона аналогично используются рейки с основной и дополнительными шкалами для контроля измерения превышения на станции нивелирования. Однако следует отметить, что автоматическая установка линии визирования позволяет повысить точность измерений за счет малой погрешности компенсации угла наклона визирной оси нивелира.

Как известно, погрешность наведения на рейку и взятия отсчета зависит от разрешающей способности выбранного способа визирования «Р» и увеличения зрительной трубы «Г»:

$$m_{\text{виз}} = \frac{P''}{\Gamma^x} \quad (1)$$

Чем больше увеличение зрительной трубы, тем меньше погрешность при одноименном способе фиксации отсчета по рейке.

Для отечественного уровенного нивелира Н-05 она равна 40[×], а для высокоточных нивелиров с компенсатором она может быть порядка 32[×]. Однако при

взятии отсчета по рейке уровнем нивелиром Н-05, пузырек уровня при зрительной трубе нивелира может сместиться с нуляпункта, что приведет к погрешности измерения превышения, так как ось цилиндрического уровня параллельна визирной оси нивелира, тогда как в нивелире с компенсатором углов наклона положение визирной оси остается неизменным во время взятия отсчета по рейке [4].

Данный фактор способствует эффективности измерений и повышает производительность труда.

Для измерений превышений цифровыми нивелирами в качестве рабочей меры используются односторонние рейки с нанесенными кодовыми штрихами. В этом случае кодовая маска нивелира сравнивается со штрихами кодовой рейки, что позволяет выполнять автоматическую фиксацию отсчета и после их преобразования выдать на табло нивелира значение измеренного превышения в линейной мере [3].

Чем выше точность нанесения кодовых штрихов и соответствующей кодовой маски нивелира, тем выше точность измерения превышения на станции нивелирования.

Однако следует отметить бесконтрольность взятия отсчета по одной стороне рейки, что может привести к разности измерений, так как в полевых условиях на их результаты могут влиять множество факторов, снижающих точность измерений. В этом случае их контроль может быть выполнен только по разностям прямого и обратного ходов или замкнутом полигоне.

В связи с этим для контроля измерения превышения на станции нивелирования предлагается производить повторные измерения после изменения высоты нивелира [2].

Методы и материалы

По-нашему мнению, для контроля измерения превышения на станции нивелирования целесообразно использовать костыль с двумя головками, смещенными относительно друг друга на фиксированную величину. Данный вид костыля предоставлен нами на рис. 1.

Смещение головок равно 25 мм. Для забивки костыля надевается предохранительная втулка.

При использовании данного костыля можно предложить следующую методику измерения превышения на станции нивелирования:

– нечетная станция:

$$3 P' P'' 3 ; \quad (2)$$

– четная станция:

$$P 3' 3'' P , \quad (3)$$

где P' , P'' , $3'$, $3''$ – отсчеты по передней и задней рейке при ее установке на первую и вторую головку костыля.

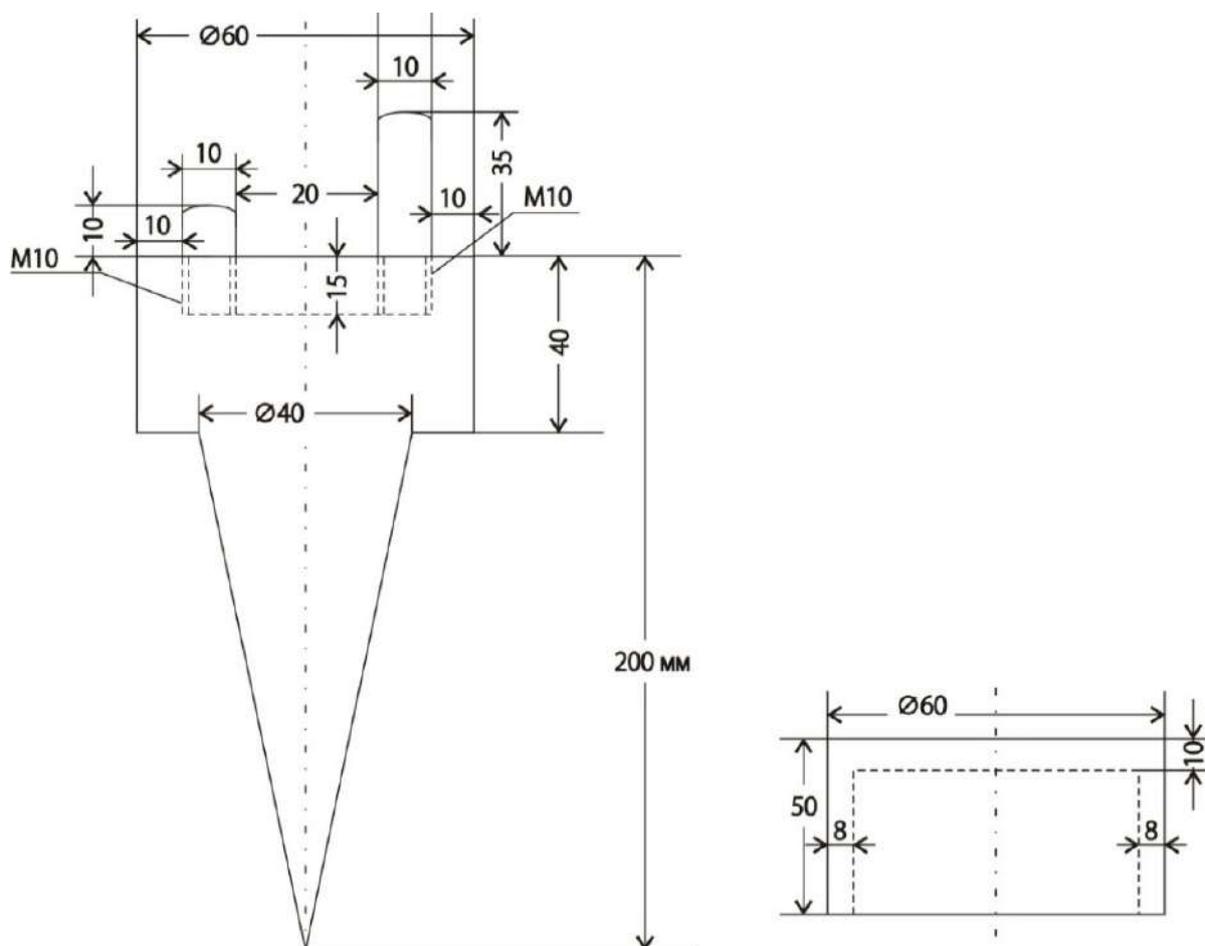


Рис. 1. Костыль с двумя головками и втулка

В обработку берется среднее превышение:

$$h_{cp} = \frac{h_1 + h_2 - 25_{мм}}{2}, \quad (4)$$

где $h_1 = 3 - II'$ и $h_2 = 3 - II''$.

Контроль результатов измерений выполняется сравнением разности измеренных превышений « $h_2 - h_1$ » с допустимой величиной их отклонения $\Delta = 2m_{суст} = 0,3$ мм, от фиксированной разности высот головок костыля, равной 0,5 мм.

При использовании уровенного нивелира Н-05 в нивелировании I класса можно выполнять измерение превышения с одним костылем последовательно устанавливая рейку на первую и вторую головку в соответствии со следующей методикой измерений на станции нивелирования:

– нечетная станция:

$$3_0 II'_0 II'_D 3_D; \quad 3_0 II''_0 II''_D 3_D; \quad (5)$$

– четная станция:

$$3_0\Pi'_0 3'_D \Pi_D; \quad \Pi_0 3''_0 3''_D \Pi_D. \quad (6)$$

Искомое превышение находится по разностям отсчетов основной и дополнительных шкал задней и передней реек. При установке рейки на первую головку:

$$h'_0 = 3_0 - \Pi'_0; \quad h'_D = 3_D - \Pi'_D; \quad h'_{\text{ср}} = \frac{h'_0 + h'_D}{2}. \quad (7)$$

При установке передней рейки на вторую головку:

$$h''_0 = 3_0 - \Pi''_0; \quad h''_D = 3_D - \Pi''_D; \quad h''_{\text{ср}} = \frac{h''_0 + h''_D}{2}. \quad (8)$$

Среднее значение превышения на станции нивелирования вычисляется по следующей формуле:

$$h_{\text{изм}} = \frac{h'_{\text{ср}} + h''_{\text{ср}} - 25\text{мм}}{2}; \quad (9)$$

$$m_h = \sqrt{\frac{[\Delta^2]}{n}}, \quad (10)$$

где Δ – истинная ошибка превышения, которая равна:

$$\Delta = \Delta h_{\text{нач}} - \Delta h_{\text{ист}} (25\text{мм}). \quad (11)$$

Контроль измеренного превышения на станции нивелирования производится по разностям средних превышений, взятых на разных головках и сравнения допустимого значения с фиксированной разностью высот головок костыля. По-нашему мнению величина отклонения для нивелиров не должна превышать 0.3мм, что согласно ГОСТа 10528 на нивелиры соответствует удвоенной величине точности измеренного превышения на станции нивелирования. В случае недопустимого отклонения следует выполнить повторные измерения при другой высоте нивелира [2].

Результаты

В качестве проверки предлагаемой нами технологии выполнения высокоточного геометрического нивелирования, нами был проведен практический эксперимент.

Для выполнения измерений нами был выбран нивелир с компенсатором Pentax AP-220, заводской номер которого № 173882. В качестве костыля использовалась металлическая тумба с ввинченным в нее винтом высотой 12 мм. Отсчеты брались по миллиметровой шкале логарифмической линейки, точность нанесения штрихов которой составляет 0,05–0,1 мм.

Схема нивелирного хода для проведения экспериментальных исследований представлены на рис. 2. Расстояния между тумбами показаны на схеме.

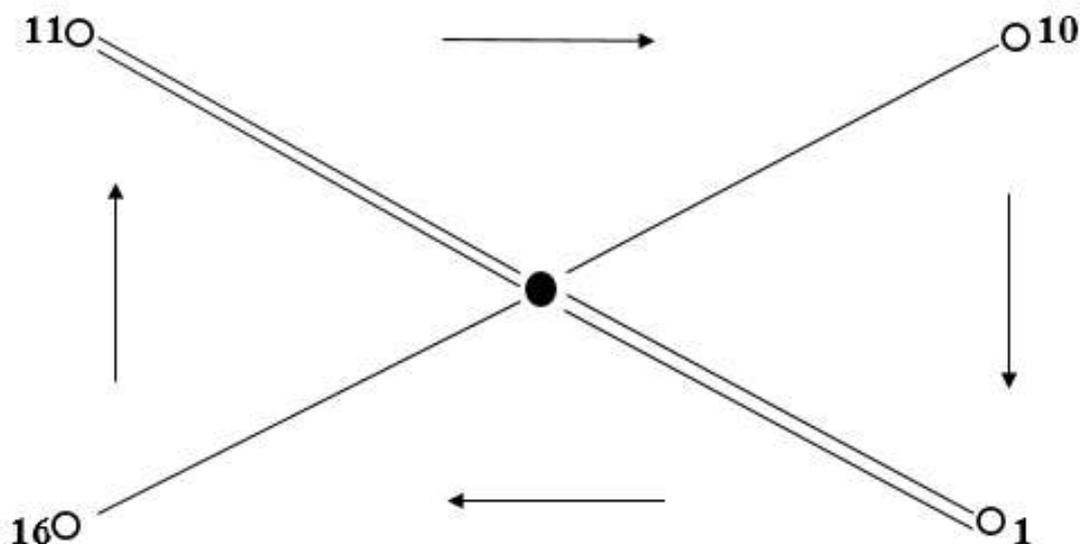


Рис. 2. Схема нивелирного хода

В ходе выполнения измерений, в целях контроля на тумбах № 1 и № 11 брались повторные отсчеты по линейки, установленной на винт. Всего было выполнено 4 приема. По завершению каждого приема, высота прибора изменялась, и нивелирный ход повторялся заново. Числовые значения, полученные во всех приемах показаны в таблице.

Сумма превышений по каждому ходу была равна нулю. Значения превышений между тумбами с использованием головки винта отличались на 120 мм, что соответствовало размеру винта ввинченного в тумбу. Так как измерения выполнялись в лабораторных условиях, то величина отклонений от размера винта не превышало точности нанесения штрихов на шкале.

При выполнении же измерений в полевых условиях величина полученных отклонений может характеризовать точность измерений на станции нивелирования и в самом ходе нивелирования.

Журнал измерений

№ п/п	$i_{пр}$, см	Номер тумбы	$h1$	$h2$	hi , мм	$\sum hi$ по ходу
1	150	11	1610	1490	60	0
		10	1580	1460	30	
		16	1880	1760	270	
		1	1520	1400	-360	
2	157	11	1990	1870	90	0
		10	1970	1850	20	
		16	2230	2110	240	
		1	1880	1760	-350	
3	154	11	1950	1830	-20	0
		10	1900	1780	50	
		16	2270	2150	320	
		1	1920	1800	-350	
4	160	11	2010	1890	100	0
		10	2050	1930	-40	
		16	2300	2180	290	
		1	1950	1830	-350	

По-нашему мнению данная методика значительно упростит процесс измерения превышения на станции нивелирования, позволяет проконтролировать результаты измерений и повышает их эффективность и экономическую целесообразность.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 10528-90. Нивелиры. Общие технические условия». – М., 2013.
2. Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов / ЦНИИГАиК. – М., 2004.
3. Малков А. Г. Об оценке точности измерения превышений на станции геометрического нивелирования // ГЕО-Сибирь-2009. V Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 20–24 апреля 2009 г.). – Новосибирск : СГГА, 2009. Т. 1, ч. 1. – С. 82–84.
4. Яковлев Н. В. Высшая геодезия : учебник для вузов. – М. : Недра, 1989. – 454 с.

© А. Г. Малков, Р. М. Брыскин, 2019

ОСОБЕННОСТИ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПРИ НАБЛЮДЕНИИ ЗА ОСАДКАМИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ОБЪЕКТОВ ЭНЕРГЕТИКИ В ПЕРИОД СТРОИТЕЛЬСТВА

Серик Талеутаевич Сексембаев

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, магистрант, тел. (983)121-74-89, e-mail: tobi_uchiha_96@mail.ru

Наталья Николаевна Кобелева

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры космической и физической геодезии, тел. (913)938-15-06, e-mail: n.n.kobeleva@mail.ru

Антон Викторович Никонов

АО «Сибтехэнерго», 630032, Россия, г. Новосибирск, ул. Планировочная, 18/1, кандидат технических наук, ведущий инженер, e-mail: sibte@bk.ru

Наблюдения за осадками зданий и сооружений промышленных предприятий являются частью геодезического мониторинга, который проводится как в процессе строительства объекта, так и в эксплуатационный период. Систематическое проведение геодезических измерений в рамках мониторинга имеет большое значение для обеспечения безопасного функционирования инженерного объекта и в некоторых случаях позволяет предотвратить техногенные аварии, экологические катастрофы. В статье приводятся результаты определения абсолютных значений осадок фундаментов зданий, сооружений и оборудования одной из строящихся ТЭЦ. Особенностью выполнения измерений на объекте является применение веерообразного тригонометрического нивелирования, позволившего заметно ускорить выполнение полевого этапа работ. Нивелирование выполнялось электронным тахеометром Leica TS-06 с точностью измерения углов наклона 2". Невязки замкнутых полигонов и полевой контроль измерений на станции показали высокую точность тригонометрического нивелирования, сравнимого с геометрическим нивелированием II класса.

Ключевые слова: геодезический мониторинг, осадка фундаментов зданий, тригонометрическое нивелирование, электронный тахеометр.

ESPECIALLY GEODETIC MONITORING WHEN SURVEILLANCE OF BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS OF ENERGY FACILITIES DURING THE CONSTRUCTION PERIOD

Serik T. Seksembaev

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Graduate, Department of Space and Physical Geodesy, phone: (983)121-74-89, e-mail: tobi_uchiha_96@mail.ru

Natalia N. Kobeleva

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D., Associate Professor, Department of Space and Physical Geodesy, phone: (913)938-15-06, e-mail: n.n.kobeleva@mail.

Anton V. Nikonov

Sibtechenergo, 18/1, Planirovochnaja St., Novosibirsk, 630032, Russia, Ph. D., Leading Engineer, e-mail: sibte@bk.ru

Observations of the precipitation of buildings and structures of industrial enterprises are part of geodetic monitoring, which is carried out both during the construction of the facility and during the operational period. Systematic geodetic measurements in the framework of monitoring is of great importance to ensure the safe operation of the engineering facility and in some cases can prevent man-made accidents, environmental disasters. The article presents the results of determining the absolute values of sediment foundations of buildings, structures and equipment of one of the thermal power plants under construction. The peculiarity of the measurements on the object is the use of fan-shaped trigonometric leveling, which allowed to significantly speed up the implementation of the field stage of work. Leveling was performed by electronic total station Leica TS-06 with the accuracy of measuring the vertical angles of 2". Residuals of closed polygons and field control measurements at the station showed high accuracy of trigonometric leveling, comparable with geometric leveling class II.

Key words: geodetic monitoring, precipitation of the foundations of buildings, trigonometric leveling, total station.

Введение

Развитие энергетического комплекса является одним из приоритетных направлений для обеспечения устойчивого экономического развития Российской Федерации. В настоящее время в нашей стране эксплуатируется множество энергетических объектов, кроме того в последние годы наблюдается строительство и ввод в эксплуатацию новых современных энергоблоков, многие из которых в качестве топлива используют природный газ. Для предотвращения опасных деформаций строительных конструкций, вызванных неравномерными осадками фундаментов, на энергетических объектах принято выполнять геодезический мониторинг [1]. Мониторинг геодезическими методами представляет собой комплекс периодических инженерно-геодезических измерений, выполняемых с целью определения количественных параметров общих деформаций зданий и сооружений, их несущих ограждающих конструкций и фундаментов на всех стадиях строительства и в процессе эксплуатации. В процессе мониторинга устанавливаются причины выявленных смещений и деформаций, составляется прогноз их развития, а также вырабатываются меры для устранения нежелательных процессов.

Геодезические измерения в период строительства выполняются с периодичностью, предусмотренной проектной документацией. Как правило, циклы измерений приурочены к завершению ответственных этапов строительства, связанных с увеличением нагрузки на грунты основания. В период эксплуатации установлена следующая периодичность: в первые два года – два цикла измерений, в дальнейшем (до стабилизации осадок) – один цикл в год. После стабилизации осадок (1 мм в год и менее) измерения выполняют раз в пять лет [2, 3].

К объектам энергетики можно отнести широчайший перечень промышленных предприятий (тепловые электростанции, гидроэлектростанции, теплоэлектроцентрали и т. д.) генерирующих, передающих и распределяющих электроэнергию, в том числе объекты электросетевого хозяйства. Каждый объект индивидуален и требует при разработке программы мониторинга учитывать особенности работы объекта, его расположение, конфигурацию наблюдаемых зданий и сооружений. Исходя из этого, назначается число измеряемых параметров, точность, периодичность и методы измерений [7].

Рассмотрим особенности проведения геодезического мониторинга при наблюдении за осадками зданий, сооружений и оборудования на одной из строящейся ТЭЦ.

Методы и материалы

Главный корпус ТЭЦ конструктивно представляет собой стальной каркас, выполненный по рамно-связевой схеме. Котельный цех находится в осях 5–18 / Д-Н и является одноэтажным зданием с многоэтажной этажеркой. Колонны установлены с шагом 6 м. Между осями 11 и 12 расположен деформационный шов (расстояние между колоннами в этих осях 3 м).

Жесткость каркаса обеспечивается: в поперечном направлении – жестким сопряжением колонн с фундаментами, а также поперечными рамами каркаса; в продольном направлении – постановкой вертикальных связей по колоннам и покрытию. Фундаменты главного корпуса выполнены на свайном ростверке. Глубина заложения свайных ростверков – 1,2–2,5 м, длина свай – 8–12 м.

Целью мониторинга на объекте является определение абсолютных значений осадок фундаментов зданий, сооружений и оборудования и сравнение их с расчетными (допустимыми).

В соответствии с рабочей документацией на территории площадки строительства запланирована установка трех глубинных реперов. На момент начала геодезических наблюдений установка реперов еще не была выполнена, поэтому в качестве высотной основы временно использовались осадочные марки, установленные в цокольной части зданий старой постройки, расположенных за пределами зоны строительства.

На территории строящейся ТЭЦ в фундаментах зданий, сооружений и оборудования было установлено 278 осадочных марок: 132 штуки на колоннах каркаса главного корпуса, 6 штук на стволе дымовой трубы, порядка 50 штук в фундаментах под технологическое оборудование (котлы, мельницы, питательные насосы). Остальные марки заложены в фундаментах галереи топливоподачи, разгрузочного устройства и других зданий и сооружений основного производственного назначения.

Особенностью выполнения цикла нивелирования на строящейся ТЭЦ явились резкие перепады высот. Осадочные марки были приварены к колоннам с расчетом, чтобы они возвышались над уровнем пола на 0,6 м. На момент выполнения измерений внутри главного корпуса еще полностью не выполнены

подсыпка грунта и устройство полов (рис. 1). Таким образом, осадочные марки оказались на уровне 1,6–2,0 м относительно поверхности земли. В таких условиях выполнение геометрического нивелирования практически невозможно.



Рис. 1. Вид внутри главного корпуса на момент строительства

Отраслевыми методическими указаниями [3] допускается в условиях резких перепадов высот при наблюдениях за осадками применять метод тригонометрического нивелирования, тем не менее, в указаниях подробно изложена методика лишь геометрического нивелирования. В работах [4–6] заложена теоретическая база применения тригонометрического нивелирования при наблюдениях за осадками фундаментов, а в работах [7–13] приведен положительный производственный опыт применения данного и других методов.

Важным пунктом [3] является указание на точность измерения осадок в строительный период: средняя квадратическая ошибка (СКО) определения превышения на станции не должна превышать 0,5 мм. Будем считать, что данное условие будет уверенно выполнено при измерении превышения на станции с СКО равной 0,25–0,30 мм (соответствует II классу точности измерений по ГОСТ [19]). Для сравнения, в эксплуатационный период СКО измерения превышения принимается 0,15 мм.

В ходе наблюдений использовался электронный тахеометр Leica TS-06 с паспортной точностью измерения угла наклона 2", расстояний – 1,5 мм. Расстояние от тахеометра до рейки не превышало 25 м. Визирование выполнялось на пленочный отражатель, наклеенный на нивелирную рейку. Рейка устанавливалась на осадочных марках отвесно посредством круглого уровня. Наведение на пленочный отражатель выполнялось дважды, с допустимым расхождением между значениями превышения 0,3 мм.

Выполнялось веерообразное тригонометрическое нивелирование (рис. 2), так как в этом случае не требуется строгое соблюдение равенства плеч, необходимое в геометрическом нивелировании для исключения влияния угла i нивелира. Измерения выполнялись при одном положении вертикального круга, так как ежедневно, перед работой и при резких перепадах температуры воздуха производилась поверка места нуля. При работе на станции (Ст-2) выполнялись измерения минимум на две марки, определенные с предыдущей станции (Ст-1). При завершении работы на станции выполнялось контрольное измерение на первую осадочную марку – тем самым контролировалась стабильность положения тахеометра (допустимое расхождение принималось 0,3 мм).

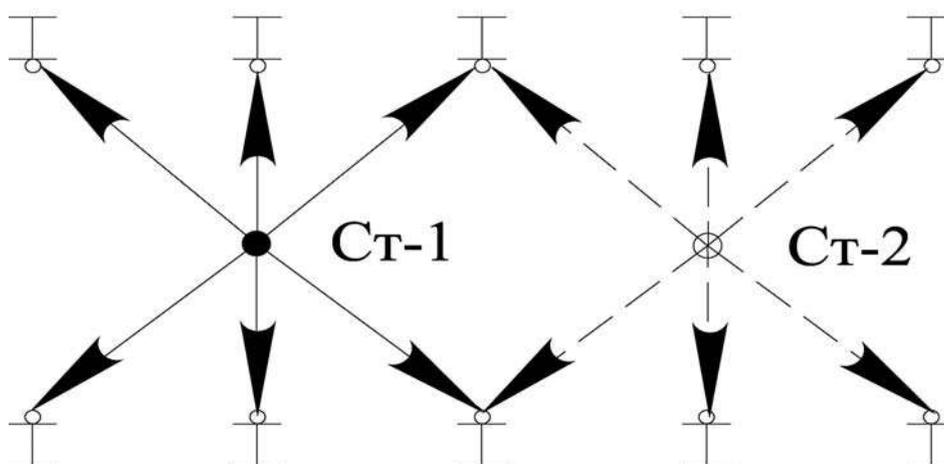


Рис. 2. Схема веерообразного нивелирования

С целью выполнения контроля ходы прокладывались в виде замкнутых полигонов. Допустимая невязка в полигонах подсчитывалась по формуле [19]

$$f_{\text{доп}} = 0,5\sqrt{n}, \quad (1)$$

где n – количество штативов в полигоне.

В процессе камеральной обработки невязок полигонов, превышающих допустимые значения, обнаружено не было.

Результаты

По результатам измерений составлены схемы нивелирных ходов. Превышения вычислялись таким образом, чтобы внешний вид схемы был аналогичен отчетной документации при выполнении геометрическом нивелировании [20]. Фрагмент схемы нивелирования внутри главного корпуса представлен на рис. 3.

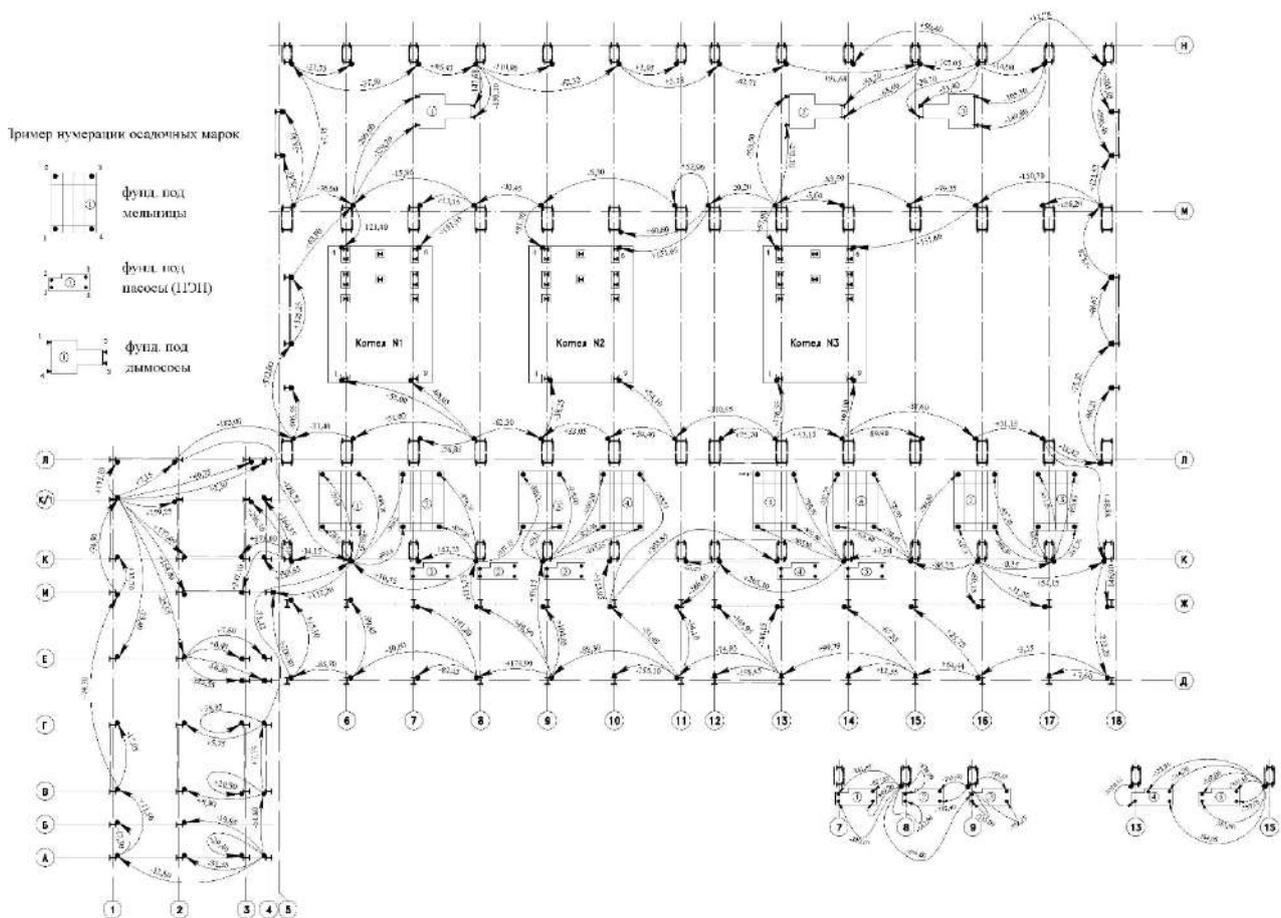


Рис. 3. Схема нивелирных ходов по осадочным маркам, установленным на колоннах здания главного корпуса и фундаментах оборудования

Уравнивание нивелирной сети производилось по способу профессора В.В. Попова. После уравнивательных вычислений был составлен каталог отметок и вычислены приращения осадок за время, прошедшее с момента проведения предыдущего цикла измерений, а также абсолютные значения осадок фундаментов по формуле

$$S_{Hi} = H_i - H_0, \quad (2)$$

Где H_0 – отметка наблюдаемой осадочной марки в начальном (нулевом) цикле наблюдений;

H_i – отметка той же марки в i -м цикле наблюдений.

Обсуждение

Осадки марок за полгода, прошедшие между циклами наблюдений, составили в среднем по главному корпусу минус 2,3 мм, а максимальное значение не превысило 3,6 мм. Зафиксированные величины осадок не окажут негативно-

го влияния на дальнейшие строительные работы и по своей величине незначительно превышают точность измерений.

Веерообразное нивелирование позволило заметно повысить производительность работ, так как отпала необходимость в постоянной перестановке инструмента, которая была характерна для геометрического нивелирования при обеспечении равенства плеч в пределах 0,5 м.

Осадки марок железобетонной дымовой трубы $H = 100,0$ м за аналогичный временной период находятся в пределах от минус 1,1 до минус 3,2 мм. Разность осадок марок, расположенных на диаметре, составила $\Delta S = 2,2$ мм, что соответствует величине приращения крена на уровне верхнего обреза дымовой трубы величиной 29 мм [10].

Заключение

Тригонометрическое нивелирование с успехом может применяться при наблюдениях за осадками фундаментов зданий и сооружений промышленных предприятий, что особенно актуально в строительный период, когда выполнение геометрического нивелирования в силу местных условий затруднено, а в большинстве случаев невозможно.

Электронные тахеометры становятся в настоящее время универсальным геодезическим оборудованием, применяемым на строительной площадке при решении широкого спектра задач. Тахеометры применяются при разбивочных работах [11], выполнении исполнительных съемок, контроле монтажа строительных конструкций и технологического оборудования [21, 22], а также в мониторинговых целях, в том числе при наблюдениях за осадками фундаментов зданий и сооружений [6–9], определении кренов дымовых труб [10] и создании внутрицеховых пространственных геодезических сетей [21].

Перспективными являются исследования по изучению характера воздействия негативных факторов (рефракции, вибраций от работающего оборудования и строительной техники и т. д.) на точность геодезических измерений с целью разработки методик, позволяющих минимизировать влияние указанных факторов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений [Электронный ресурс] : федеральный закон от 30.12.2009 № 384-ФЗ (последняя редакция). – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

2. СО 153-34.20.501–2003. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации. – СПб. : ДЕАН, 2012. – 336 с.

3. СО 153-34.21.322–2003. Методические указания по организации и проведению наблюдений за осадкой фундаментов и деформациями зданий и сооружений строящихся и эксплуатируемых тепловых электростанций [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200039729>.

4. Ворошилов А. П. Измерение осадок зданий и сооружений электронными тахеометрами // Вестник ЮУрГУ. Сер. «Строительство и архитектура», вып. 3. – 2005. – № 13. – С. 37–39.

5. Разработка и совершенствование технологии инженерно-геодезического нивелирования тригонометрическим способом / Г. А. Уставич, М. Е. Рахымбердина, А. В. Никонов, С. А. Бабасов // Геодезия и картография. – 2013. – № 6. – С. 17–22.
6. Никонов А. В. Методика тригонометрического нивелирования первого и второго разрядов // Геодезия и аэрофотосъемка. – 2015. – № 5/С. – С. 39–45.
7. Беспалов Ю. И., Дьяконов Б. П., Терещенко Т. Ю. Наблюдение за осадками зданий и сооружений способом тригонометрического нивелирования // Геодезия и картография. – 2010. – № 8. – С. 8–10.
8. Никонов А. В. Опыт применения тригонометрического нивелирования с использованием электронных тахеометров для наблюдений за осадками сооружений // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск : СГГА, 2013. Т. 1. – С. 78–86.
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. Никонов А. В., Никонов В. Г. Современные способы определения кренов промышленных дымовых труб // Геодезия и картография. – 2015. – № 4. – С. 13–21.
11. Создание геодезической основы для строительства объектов энергетики / Г. А. Уставич, Г. Г. Китаев, А. В. Никонов, В. Г. Сальников // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2013. – № 4/С. – С. 48–54.
12. Резник Б. Е. Непрерывные геодезические измерения деформаций строительных конструкций эксплуатируемых сооружений // Геопрофи. – 2008. – № 4. – С. 4–10.
13. Резник Б. Е. Методика контроля фундаментов ВЭУ при непрерывном мониторинге // Геопрофи. – 2016. – № 6. – С. 40–47.
14. Шоломицкий А. А., Лагутина Е. К., Соболева Е. Л. Проект геодезических работ при мониторинге зданий и сооружений аквапарка «КВАРСИС» // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2016. XII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 18–22 апреля 2016 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2016. Т. 1. – С. 31–36.
15. Геодезический мониторинг строительства жилого высотного здания / Г. А. Уставич, С. В. Середович, В. Г. Сальников, В. А. Скрипников // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2017. XIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 17–21 апреля 2017 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2017. Т. 1. – С. 93–99.
16. Анализ точности методов определения геометрических параметров технологического оборудования / В. А. Скрипников, М. А. Скрипникова, Д. А. Бирюкова, В. В. Танюхин // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XIV Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов (Новосибирск, 23–27 апреля 2018 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2018. – С. 18–25.
17. Никонов А. В., Чешева И. Н., Рябова Н. М. Разработка программы геодезического мониторинга деформаций гидротехнического сооружения ГРЭС – двухступенчатого перепада // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XIV Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов (Новосибирск, 23–27 апреля 2018 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2018. – С. 3–12.
18. Скрипников В. А., Скрипникова М. А., Штейн И. И. Определение кренов высотных сооружений // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2017. XIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 17–21 апреля 2017 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2017. Т. 1. – С. 35–38.

19. ГОСТ 24846-2012. Грунты. Методы измерений деформаций оснований зданий и сооружений [Электронный ресурс] : Межгос. стандарт. – Введ. 01.07.2013.– М. : Стандартинформ, 2014. – 22 с.

20. Китаев Г. Г., Никонов А. В. Схема построения высотной сети при наблюдениях за осадками зданий и сооружений на территории ТЭС // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015. XI Международ. науч. конгр. : Международ. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 13–25 апреля 2015 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2015. Т. 1. – С. 28–33.

21. Могильный С. Г., Шоломицкий А. А., Фролов И. С. Геодезический мониторинг и выверка металлургического оборудования // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Международ. науч. конгр. : Международ. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск : СГГА, 2013. Т. 1. – С. 132–143.

22. Никонов А. В., Мурзинцев П. П. Определение деформаций каркаса главного корпуса ГРЭС // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2017. XIII Международ. науч. конгр. : Международ. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 17–21 апреля 2017 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2017. Т. 1. – С. 10–16.

© С. Т. Сексембаев, Н. Н. Кобелева, А. В. Никонов, 2019

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГРАВИТАЦИОННОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ АВТОНОМНОЙ НАВИГАЦИИ

Снежана Евгеньевна Якимова

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плехотного, 10, магистрант кафедры космической и физической геодезии, e-mail: sneg96.69@mail.ru

Ирина Геннадьевна Ганагина

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плехотного, 10, кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой космической и физической геодезии, e-mail: gam0209@yandex.ru

Рассматриваются результаты сравнения составляющих уклонений отвесной линии, полученных с помощью данных глобальных моделей гравитационного поля Земли и в результате наземных (астрономо-геодезических) измерений на территории Новосибирской области.

Ключевые слова: характеристики гравитационного поля Земли, уклонения отвесной линии, глобальная модель геопотенциала, автономная навигация.

DETERMINATION OF ACCURACY CHARACTERISTICS OF THE EARTH'S GRAVITATIONAL FIELD FOR THE PURPOSES OF AUTONOMOUS NAVIGATION

Snezhana E. Yakimova

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Graduate, Department of Space and Physical Geodesy, e-mail: sneg96.69@mail.ru

Irina G. Ganagina

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D., Associate Professor, Head of Department of Space and Physical Geodesy, e-mail: kaf.astronomy@ssga.ru

The article discusses the results of comparing the component deviations of a plumb line obtained with using data from global models of the Earth's gravitational field and as a result of ground-based (astronomic-geodesic) measurements in the territory of the Novosibirsk Region.

Key words: characteristics of the gravitational field of the Earth, plumb line deviations, global geopotential model, autonomous navigation.

Введение

Научное и практическое решение проблем повышения точности характеристик гравитационного поля Земли (ГПЗ) состоит в разработке новых методов, технологий, систем и средств для автономной навигации.

Разработка оперативных и экономически оправданных методов определения уклонения отвесных линий (УОЛ) является одной из актуальных задач геодезии, картографии, гравиметрии, спутникового мониторинга, авиации и мореходства, баллистики, а также для задач военных целей.

Точность выработки координат подвижного объекта навигационным комплексом, работающим на основе использования инерциальной навигационной системы (ИНС) определяется, в частности, погрешностями учета составляющих ускорения силы тяжести по осям координат ИНС и погрешностью учета отклонения отвесных линий.

Для обеспечения автономной навигации информация об ускорении силы тяжести и отклонении отвесных линий может быть получена в виде цифровых моделей этих параметров, построенных по результатам предварительной высокоточной и подробной гравиметрической съемки или в результате определения характеристик ГПЗ по данным современных глобальных моделей геопотенциала [1–4].

Целью исследования является рассмотрение результатов сравнения составляющих отклонений отвесной линии, полученных с помощью данных глобальных моделей гравитационного поля Земли и в результате астрономо-геодезических измерений на территории Новосибирской области.

Методы определения составляющих УОЛ

Уклонение отвесной линии – это угол между направлением вектора силы тяжести и нормалью к эллипсоиду в заданной точке. В геодезии используют две составляющие уклонения отвесной линии:

- уклонение отвесной линии в плоскости меридиана ξ ;
- уклонение отвесной линии в плоскости первого вертикала η .

Полное уклонение отвесной линии u может быть вычислено по формуле:

$$u = \sqrt{\xi^2 + \eta^2}. \quad (1)$$

Разложение потенциала притяжения в ряд по сферическим функциям – наиболее традиционный способ представления гравитационного поля Земли.

Глобальные модели геопотенциала представляют в виде разложения геопотенциала в ряд Фурье по системе сферических функций геоцентрических координат – геоцентрического радиуса-вектора r , широты φ , и долготы λ , ограниченной степенью N [5, 6]:

$$V(\varphi, \lambda, r) = \frac{fM}{r} \left[1 + \sum_{n=2}^N \left(\frac{a_e}{r} \right)^n \cdot \sum_{m=0}^n \left(\overline{C}_{nm} \cos m\lambda + \overline{S}_{nm} \sin m\lambda \right) \cdot P_{nm}(\sin \varphi) \right], \quad (2)$$

где fM – геоцентрическая гравитационная постоянная;

a_e – экваториальный радиус Земли;

r – радиус вектор точки наблюдения (φ, λ, r);

\overline{C}_{nm} и \overline{S}_{nm} – безразмерные нормированные гармонические коэффициенты геопотенциала степени n и порядка m ;

$P_{nm}(\sin \varphi)$ – присоединенные функции Лежандра.

Для вычисления составляющих уклонения отвесной линии используются гармонические коэффициенты возмущающего потенциала $(\Delta \bar{C}_{nm}, \Delta \bar{S}_{nm})$, получаемые путем вычитания гармонических коэффициентов нормального поля из гармонических коэффициентов геопотенциала.

Методика определения составляющих уклонений отвесной линии ξ, η на астрономических пунктах расположенных в точке с полярными пространственными координатами φ, λ, r осуществляется по следующим формулам [4]:

$$\eta'' = - \left[fM \sum_{n=2}^{N_0} \frac{a_e^n}{r^{n+1}} \sum_{m=0}^n m (-\Delta \bar{C}_{nm} \sin m\lambda + \Delta \bar{S}_{nm} \cos m\lambda) \cdot \bar{P}_{nm} \sin \varphi \right] \cdot \sec \varphi \cdot \frac{\rho''}{N}; \quad (3)$$

$$\xi'' = - \left[fM \sum_{n=2}^{N_0} \frac{a_e^n}{r^{n+1}} \sum_{m=0}^n (\Delta \bar{C}_{nm} \cos m\lambda + \Delta \bar{S}_{nm} \sin m\lambda) \cdot \frac{d\bar{P}_{nm}(\sin \varphi)}{d\varphi} \right] \cdot \frac{\rho''}{M}, \quad (4)$$

где $\rho'' = 206\,265$;

$\Delta \bar{C}_{nm} = \bar{C}_{nm} - \bar{C}_{nm}^0$ – разность нормированных коэффициентов сферических функций реального и нормального поля силы тяжести;

\bar{C}_{nm}^0 – коэффициенты нормального поля силы тяжести (например, общеземного эллипсоида WGS-84);

N – радиус-кривизны в первом вертикале;

M – радиус-кривизны в меридиане.

Полярные пространственные координаты φ, λ, r для каждого определяемого пункта преобразуют из геодезических координат B, L, H общеземного эллипсоида WGS-84.

Радиусы-кривизны в первом вертикале и меридиане вычисляются по формулам:

$$N = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \cdot \sin^2 B}}; \quad M = \frac{a \cdot (1 - e^2)}{\left(\sqrt{1 - e^2 \cdot \sin^2 B}\right)^3}. \quad (5)$$

В формулах (5) a и e – большая полуось и эксцентриситет общеземного эллипсоида WGS-84 [7–9].

Результаты

Для вычисления характеристик ГПЗ использована информация, которая содержится в наборе гармонических коэффициентов глобальной модели геопотенциала EIGEN-6C4. Эта модель опубликована на сайте Международного центра глобальных моделей геопотенциала Земли [10].

В результате вывода модели EIGEN-6C4 получен полный набор гармонических коэффициентов геопотенциала до 2190-й степени. Как следствие, точность модели зависит от погрешностей определения гармонических коэффициентов и от предельной степени учитываемых сферических гармоник [11, 12].

На каждом пункте Лапласа на территории Новосибирской области выполнены определения геодезических координат B, L, H в государственной системе СК-95 [13, 14].

Геодезические координаты пунктов Лапласа преобразованы в общеземную координатную систему отсчета WGS-84. Преобразование координат выполнено согласно стандарту Справочного документа «Параметры Земли 1990 года» (ПЗ-90.11) [15].

С помощью программного обеспечения, используя данные глобальной модели EIGEN-6C4, вычислены составляющие абсолютных уклонений отвесных линий (отнесенных к эллипсоиду WGS-84) в плоскости меридиана и первого вертикала на каждом пункте Лапласа (ξ_{WGS-84} и η_{WGS-84}).

Составляющие абсолютных уклонений отвесных линий в плоскости меридиана и первого вертикала ξ_{WGS-84} и η_{WGS-84} , полученные по формулам (3), (4), преобразуют в составляющие относительных уклонений отвесных линий в плоскости меридиана и первого вертикала по формулам:

$$\xi_{CK-95}^{MOD} = \xi_{WGS-84} + (B_{WGS-84} - B_{CK-95})''; \quad (6)$$

$$\eta_{CK-95}^{MOD} = \eta_{WGS-84} + (L_{WGS-84} - L_{CK-95})'' \cdot \cos(B_{WGS-84}). \quad (7)$$

Разности составляющих уклонений отвеса, вычисленных по формулам (6), (7) и полученных из астрономо-геодезических измерений на исследуемой территории, получают по формуле [16–19]:

$$\Delta\xi'' = \xi_{CK-95}^{MOD} - \xi_{CK-95}'', \Delta\eta_{CK-95}^{MOD} = \eta_{CK-95}^{MOD} - \eta_{CK-95}''. \quad (8)$$

Основные условия оценки точности определения составляющих уклонений отвесной линии на исследуемой территории по данным современной глобальной модели гравитационного поля Земли для целей автономной навигации можно сформулировать следующим образом:

– разность между вычисленным значением уклонения отвесной линии в плоскости меридиана (ξ) и измеренным на пункте должна быть менее 1 угловой секунды:

$$|\Delta\xi''| < 1''; \quad (9)$$

– разность между вычисленным значением уклонения отвесной линии в плоскости первого вертикала (η) и измеренным на пункте должна быть менее 1 угловой секунды:

$$|\Delta\eta''| < 1'' \quad (10)$$

Для визуализации полученных результатов разностей составляющих уклонений отвесной линии $\Delta\xi''$ и $\Delta\eta''$ построены картосхемы, представленные на рис. 1, 2.

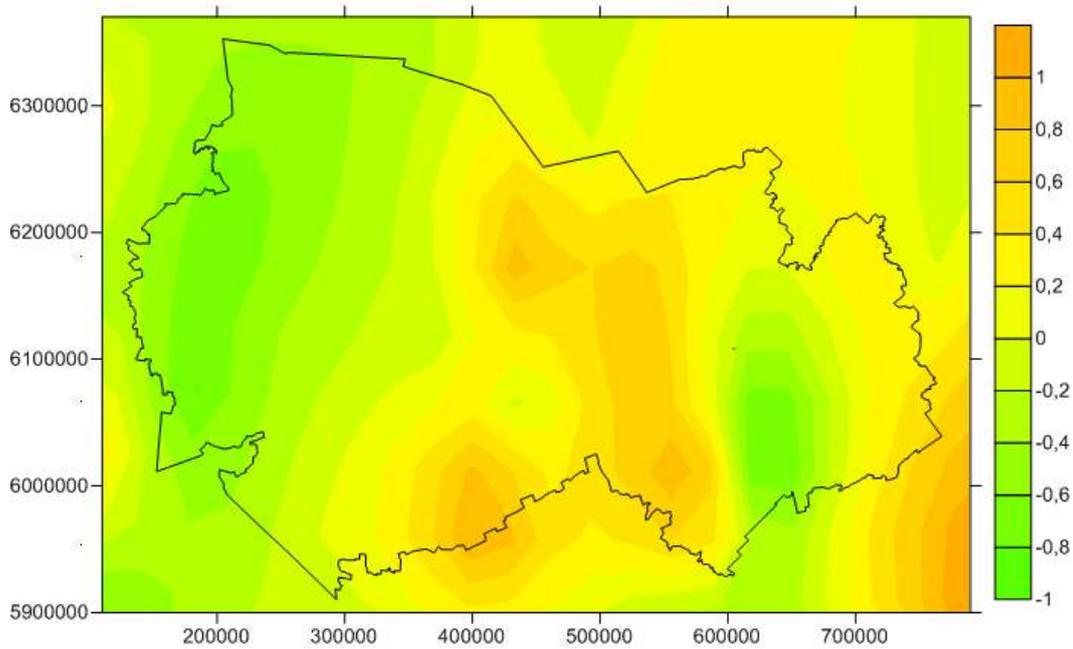


Рис. 1. Разности УОЛ в плоскости меридиана на территории Новосибирской области

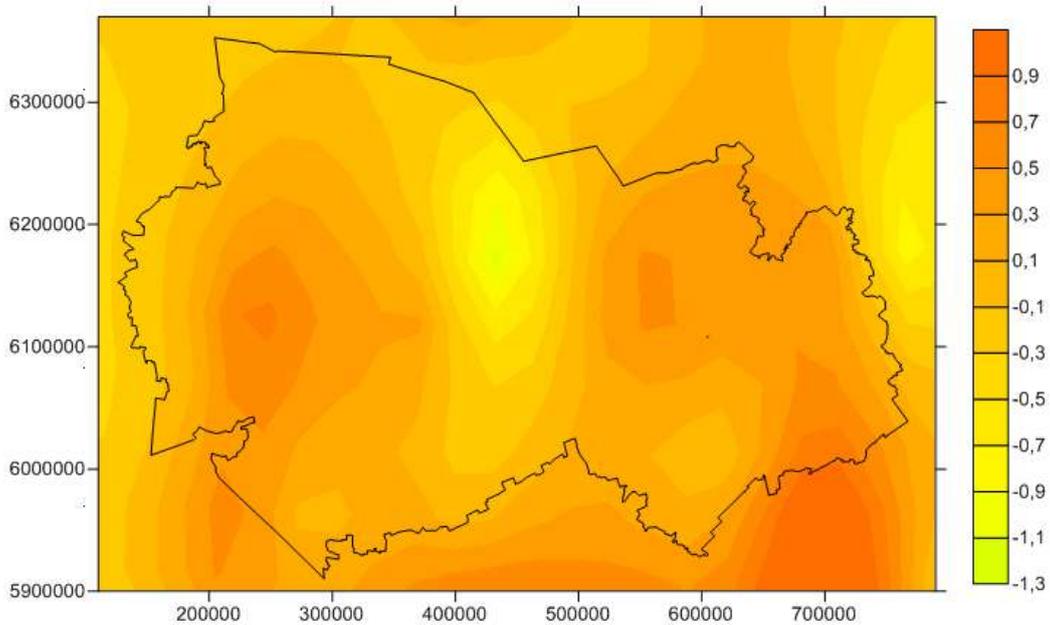


Рис. 2. Разности УОЛ в плоскости первого вертикала на территории Новосибирской области

Анализируя полученные результаты, можно сделать следующие выводы:

– на территории Новосибирской области значения УОЛ в плоскости меридиана, полученные по данным современной глобальной модели гравитационного поля Земли, имеют расхождения с наземными измерениями в пределах $\pm 1''$;

– на территории Новосибирской области значения УОЛ в плоскости меридиана, полученные по данным современной глобальной модели гравитационного поля Земли, имеют расхождения с наземными измерениями в целом в пределах $\pm 1''$, но имеется одно значение $-1,3''$;

– необходимо провести анализ результатов наземных измерений и выполнить отбраковку данных.

Заключение

На конкретном практическом примере определены значения составляющих уклонений отвесной линии, на территории Новосибирской области. Значения УОЛ, полученные по данным современной глобальной модели гравитационного поля Земли, имеют расхождения с наземными измерениями в пределах $-1,3''$.

Результат работы может в дальнейшем послужить для создания функционально полной, высокотехнологичной и эффективной системы обеспечения координатно-навигационного обеспечения территории современными средствами геодезической, гравиметрической и навигационной информацией в цифровом виде.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Возможности коррекции инерциальных навигационных систем на основе гравиметрических карт земли / В. В. Попадъев, А. И. Сорока, А. И. Полубехин, В. Ю. Цыганков, С. Г. Брайткрайц, Р. Н. Акиншин, А. В. Хрущев // Научный вестник МГТУ. – 2015. – № 222.
2. Пешехонов В. Г. Современное состояние и перспективы развития гироскопических систем // Гироскопия и навигация. – 2011. – № 1. – С. 3–16.
3. Селиванова Л. М., Шевцова Е. В. Инерциальные навигационные системы : учеб. пособие. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2012. – 46 с.
4. Фридлиндер Г. О. Инерциальные системы навигации. – М. : Физ-матгиз, 1961. – 156 с.
5. Огородова Л. В., Шимбирев Б. П., Юзефович А. П. Гравиметрия. – М. : Недра, 1978. – 325 с.
6. Шимбирев Б. П. Теория фигуры Земли. – М. : Недра, 1975. – 432 с.
7. Селезнёв В. П. Основы космической навигации. – Изд. 3-е. – М. : Книжный дом «Либроком», 2013. – 480 с.
8. Jekeli C. Accuracy Requirements in Position and Attitude for Airborne Vector Gravimetry and Gradiometry // Gyroscopy and Navigation. – 2011. – Vol. 2, No. 3. – P. 164–169.
9. Задача авиационной гравиметрии. Некоторые результаты испытаний / Ю. В. Болотин, А. А. Голован, П. А. Кручинин, Н. А. Парусников, В. В. Тихомиров, С. А. Трубников // Вестник Московского университета. Сер. 1. Математика. Механика. – 1999. – № 2. – С. 36–41.
10. International Centre for Global Earth Models (ICGEM) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://icgem.gfz-potsdam.de/>.

11. Современные глобальные модели гравитационного поля Земли и их погрешности / В. Н. Конешов, В. Б. Непоклонов, Р. А. Сермягин, Е. А. Лидовская // Гироскопия и навигация. – 2013. – № 1. – С. 107–118.
12. Исследование современных глобальных моделей гравитационного поля Земли : монография / В. Ф. Канушин, А. П. Карпик, И. Г. Ганагина, Д. Н. Голдобин, А. М. Косарева, Н. С. Косарев. – Новосибирск : СГУГиТ, 2015. – 270 с.
13. ГОСТ Р 51794-2008. Глобальные навигационные спутниковые системы. Системы координат. Методы преобразования координат определяемых точек. – М. : Стандартинформ, 2009. – 19 с.
14. Руководство пользователя по выполнению работ в системе координат 1995 года (СК-95). ГКИНП (ГНТА)-06-278-04. – М. : ЦНИИГАиК, 2004.
15. Параметры Земли 1990 (ПЗ 90.11). Справочное руководство. – М. : Научно-исследовательский центр топогеодезического и навигационного обеспечения «27 ЦНИИ» Минобороны России, 2014. – 52 с.
16. Кашеев Р. А. Современные методы спутниковой гравиметрии : конспект лекций. – Казань : Казан. ун-т, 2015. – 45 с.
17. Сарайский Ю. Н. Геоинформационные основы навигации : учебное пособие. – СПб. : СПбГУГА, 2010. – 245 с.
18. Лысенко Л. Н. Наведение и навигация баллистических ракет. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2007. – 669 с.
19. Непоклонов В. Б. Методики определения составляющих уклонений отвесных линий и высот квазигеоида по гравиметрическим данным // Гравиметрия и геодезия. – М. : Научный мир, 2010. – С. 455–464.

© С. Е. Якимова, И. Г. Ганагина, 2019

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ МЕТОД ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ

Сергей Юрьевич Малышков

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, 634055, Россия, г. Томск, пр. Академический, 10/3, старший научный сотрудник, тел. (913)820-00-27, e-mail: msergey@imces.ru

Василий Федорович Гордеев

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, 634055, Россия, г. Томск, пр. Академический, 10/3, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, тел. (913)820-00-67, e-mail: gordeev@imces.ru

Виталий Игорьевич Поливач

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, 634055, Россия, г. Томск, пр. Академический, 10/3, младший научный сотрудник, тел. (913)820-00-37, e-mail: polivach@imces.ru

В работе предложен метод изучения строения и оценки напряженно-деформированного состояния мерзлых грунтов, основанный на регистрации параметров естественного импульсного электромагнитного поля Земли. В отличие от ранее применяемых для решения подобных задач геофизических методов, основанных на измерении электрических и магнитных свойств мерзлых пород, впервые применен метод, основанный на определении структурных, прочностных и деформационных свойств горных пород. Алгоритм и аппаратно-программный комплекс для его реализации апробирован при инженерно-геокриологическом картировании территории размещения линейных сооружений сбора углеводородов на Чаяндинском нефтегазоконденсатном месторождении в Якутии. Приведены примеры обнаружения разнообразных по морфологии криогенных образований и показана возможность применения метода для мониторинга геокриологических процессов при воздействии техногенной нагрузки и глобального потепления.

Ключевые слова: естественное импульсное электромагнитное поле Земли, многолетнемерзлые грунты.

ELECTROMAGNETIC METHOD FOR PERMAFROST GEOPHYSICAL RESEARCH

Sergey Yu. Malyshkov

Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS, 10/3, Akademicheskii Prospect St., Tomsk, 634055, Russia, Senior Researcher, phone: (913)820-00-27, e-mail: msergey@imces.ru

Vasily F. Gordeev

Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS, 10/3, Akademicheskii Prospect St., Tomsk, 634055, Russia, Ph. D., Senior Researcher, phone: (913)820-00-67, e-mail: gordeev@imces.ru

Vitaly I. Polivach

Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS, 10/3, Akademicheskii Prospect St., Tomsk, 634055, Russia, Junior Researcher, phone: (913)820-00-37, e-mail: polivach@imces.ru

The work suggest a method to research structure and estimate stress-strained state of permafrosts, based on Earth's natural pulsed electromagnetic field parameters recording. Unlike previously used geophysical methods applied for such tasks, based on measuring electric and magnetic permafrosts properties, for the first time the method applied is based on determining structural, strength and deformational properties of the rocks. Algorithm and software-hardware system implementing the method is tested during engineering-cryological mapping of the Yakutia's Chayadinsk oil, gas and condensate field territory where line facilities are located. Examples of varying morphology cryogenic formations detection are demonstrated as well as method's capacity to be applied to monitor geocryological processes in conditions of technogenic influence and global warming.

Key words: earth's natural pulsed electromagnetic field, premafrost.

Введение

В связи с естественной динамикой климата и техногенным изменением поверхностных условий при проектировании инженерных сооружений и их эксплуатации возникает острая необходимость, как оценки несущей способности многолетнемерзлых грунтов (ММГ), так и мониторинге их состояния. В России термокарсту подвержено около 45 % ее территории. Его воздействие проявляется в 72 городах. Значительный интерес проблема термокарста вызывает в последнее время в связи с глобальным потеплением климата и интенсификацией опасных геокриологических процессов. Дальнейшее развитие этих тенденций может привести к значительным изменениям рельефа на многих важных промышленных объектах с крайне негативными последствиями. Свод правил инженерно-геологических изысканий для строительства в условиях ММГ определяет необходимость прогноза изменений во времени и в пространстве инженерно-геокриологических условий исследуемой территории для безопасной эксплуатации сооружений. Расчетный срок прогноза определяется в общем случае расчетным сроком эксплуатации проектируемых объектов, поскольку изменения условий будут воздействовать на эти объекты в течение всего времени их существования. Изменения, вызванные действием естественных факторов, сказываются весьма медленно, но существуют короткопериодные непрогнозируемые колебания климата и техногенные изменения геокриологических условий, учесть который в долгосрочном прогнозе сложно, что подтверждается весьма значительной долей деформируемых зданий и сооружений от общего их числа, сооружаемого в районах распространения ММГ. Поэтому, наряду с оценкой состояния грунтов при проектировании, возникает необходимость наблюдения за динамикой состояния грунтов, особенно на промышленных площадках объектов повышенной опасности.

В настоящее время не проработана достаточная нормативная база для геокриологических изысканий при проектировании и эксплуатации промышленных объектов в условиях ММГ. Имеющиеся рекомендации прошлого века [1] предписывают использование электроразведки на постоянном токе. Их использование основывается на дифференциации мерзлых и талых грунтов по электрическим сопротивлениям. Но при изучении мерзлых толщ часто приходится

иметь дело с разрезами, представляющими собой сочетание горизонтальных или слабонаклонных границ с крутопадающими. Последние связаны с боковыми контактами талых и мерзлых пород. Крутопадающие границы вызывают такие изменения на кривых вертикального электрического зондирования, которые в большинстве случаев по внешним признакам не отличаются от изменений, наблюдаемых над горизонтально-слоистыми или градиентными средами. Интерпретация искаженных кривых приводит к крупным ошибкам, не поддающимся учету. В настоящее время в связи с началом активного освоения Арктической зоны постоянно ведется поиск новых экологически чистых и достоверных методов геоэкологических изысканий. Например, криологические задачи, такие, как определение границ многолетнемерзлых пород, поиск криопеггов, таликов, термокаст и других геоморфологических объектов используются методы георадиолокации. Но эффективность георадарных работ в районах арктического побережья, где распространены мерзлые суглинистые породы остается низкой [2]. Во введенном в действие в 2000 г. основном нормативном документе для проведения инженерных изысканий в районе Крайнего Севера [3] для решения задач определения местоположения, глубины залегания и формы зон трещиноватости и тектонических нарушений, оценки их современной активности в многолетнемерзлых грунтах, как вспомогательный, рекомендован метод естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ). Однако методик и оборудования для производстве этих работ в условиях Крайнего Севера в настоящее время не существует.

Метод ЕИЭМПЗ позволяет локализовать все нарушения сплошности горных пород в условиях их естественного залегания, в том числе разломы, разрывные нарушения, зоны трещиноватости, карсты, талики, прочие неоднородности и контролировать их динамику [4]. Применяемые радиоволновые методы основаны на явлении электромагнитной эмиссии – способности диэлектрических материалов излучать электромагнитные сигналы при воздействии на них [5]. Электромагнитная эмиссия возникает в процессе образования и релаксации зарядов на плоскостях трещин при изменении напряженного состояния массива горных пород [6], как при изменении сплошности материалов-диэлектриков, так и при разрыве, заполненных электролитом капилляров. В горных породах источниками естественных электромагнитных полей являются неоднородности структуры грунтов, разнонапряженные структуры, трещины и микротрещины. В результате механоэлектрических преобразований под действием деформационных волн из нижней мантии [7–11], приливных сил, микросейсмических колебаний, ветровой и техногенной нагрузки на этих источниках возникают импульсные электромагнитные поля, которые и создают естественный электромагнитный фон литосферного происхождения [12]. Наблюдения за процессом электромагнитного излучения позволяет контролировать напряженно-деформированное состояние горного массива [13–17]. В переменном поле тектонических напряжений (сжатие – растяжение) породы, содержащие минералы-диэлектрики, благодаря механоэлектрическим преобразованиям, излучают электромагнитные импульсы, интенсивность и амплитудно-частотный состав

которых определяется их структурными, прочностными и деформационными свойствами. Эти процессы приводят к появлению импульсного электромагнитного излучения.

Методы и материалы

Проверка возможности картирования элементов экзогенной геодинамики в условиях ММГ проводилась на Чаяндинском нефтегазоконденсатном месторождении в Якутии. В районе исследований площадь развития мерзлых грунтов достигает более 60 %. Наибольшая мощность мерзлой зоны на равнинах и плато составляет 100–250 м. Максимальная глубина сезонного оттаивания составляет в песках – 3,0–4,6 м, в суглинках – 2,0–2,7 м. Термокарстовые образования развиваются преимущественно в сильнольдистых аллювиальных и болотных отложениях. Прогрессируют процессы термокарста в парагенезисе с пучением. Причинами развития термокарста являются повышение среднегодовой температуры пород и изменение степени обводненности участков. В настоящее время процессы термокарста развиты на плоских вершинах водораздела, сложенных элювиальными образованиями на породах терригенно-карбонатной формации, и выражены в небольших котловинах глубиной до 0,5 м. Связаны процессы термокарста с вытаиванием сегрегационных льдов. Интенсивно процессы термокарста стали развиваться с началом хозяйственного освоения в процессе разведки нефтегазового месторождения.

При камеральной обработке аномалии ЕИЭМПЗ сопоставлялись с результатами инженерно-геокриологического бурения, снегомерной съемки, полевыми и лабораторными исследованиями водно-физических свойств грунтов, а также анализа фондовых материалов дистанционного морфотектонического анализа.

Регистрация параметров ЕИЭМПЗ производилась многоканальными геофизическими регистраторами «МГР-01». Регистратор разработан авторами данной работы, зарегистрирован в государственном реестре средств измерений под № 31892-06 и допущен к применению в Российской Федерации [18]. При производстве работ один из регистраторов использовался, как вариационный (реперный) и устанавливался ежедневно перед началом профильных измерений в пределах объекта исследования для измерения фоновых вариаций ЕИЭМПЗ в режиме непрерывных измерений. Остальными регистраторами производилась съемка пространственно-временных вариаций ЕИЭМПЗ по заранее заданным пикетам. Синхронизация регистраторов по времени производилась ежедневно перед началом работ.

Методически выделение пространственных аномалий ЕИЭМПЗ проводилось путем сравнения данных интенсивности импульсного потока, зарегистрированных на каждом пикете измерений с данными вариационного (реперного) регистратора [4]. Таким образом, из пространственно-временных вариаций ЕИЭМПЗ вычитаются фоновые шумы и выделяются аномалии, связанные со строением земной коры в точке измерения.

Результаты

На рис. 1 представлены пространственные вариации ЕИЭМПЗ в местах отсутствия тектонических нарушений и экзогенной геодинамики земной коры. На этом и следующих графиках тонкой линией с точками приведены данные фактических измерений, жирной кривой результат их сглаживания скользящим окном по 3 точкам. Хотя в целом исследуемая территория имеет сложную тектоническую структуру, аномалии электромагнитных шумов на этом участке не превышают 40 % относительно фоновых.

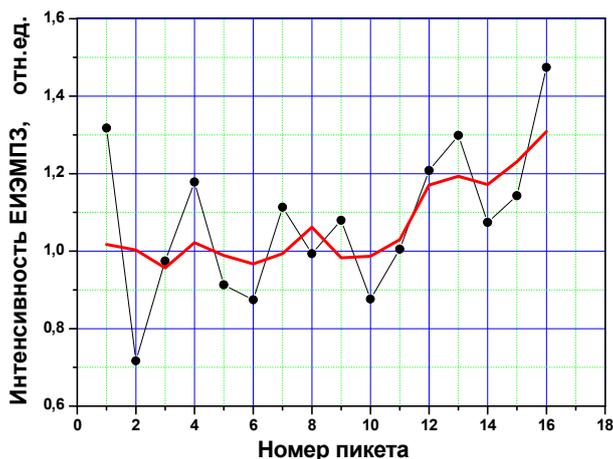


Рис. 1. Пространственные вариации электромагнитных шумов в местах отсутствия нарушений сплошности земной коры

На рис. 2–4 представлены пространственные вариации ЕИЭМПЗ вблизи разнообразных по морфологии криогенных образований. На этих графиках аномальные значения шумов в 30–40 раз превышают фоновые значения.

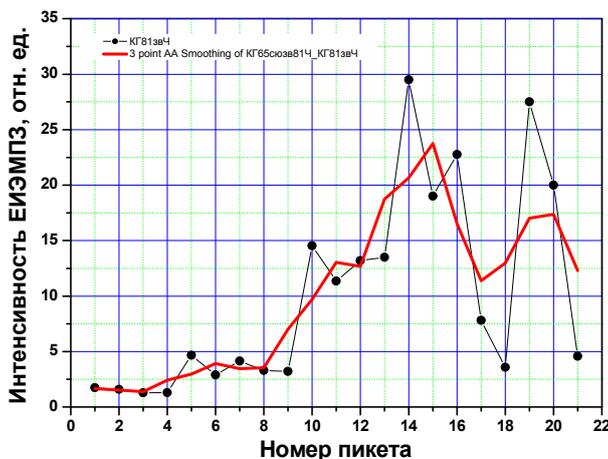


Рис. 2. Пространственные вариации электромагнитных шумов по профилю, пересекающему термокарстовая воронка

По результатам комплексного геофизического исследования места вблизи указанных нарушений земной коры по инженерно – геокриологическим условиям относится к особо опасной категории. Категория сложности условий освоения – «очень сложные». Многолетнемерзлые породы имеют прерывистое распространение.

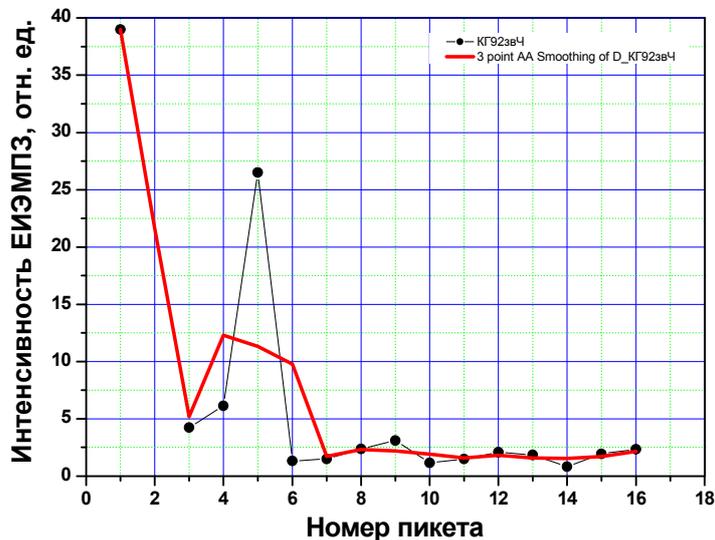


Рис. 3. Пространственные вариации электромагнитных шумов по профилю, пересекающему криогенное образование, связанное с морозным пучением

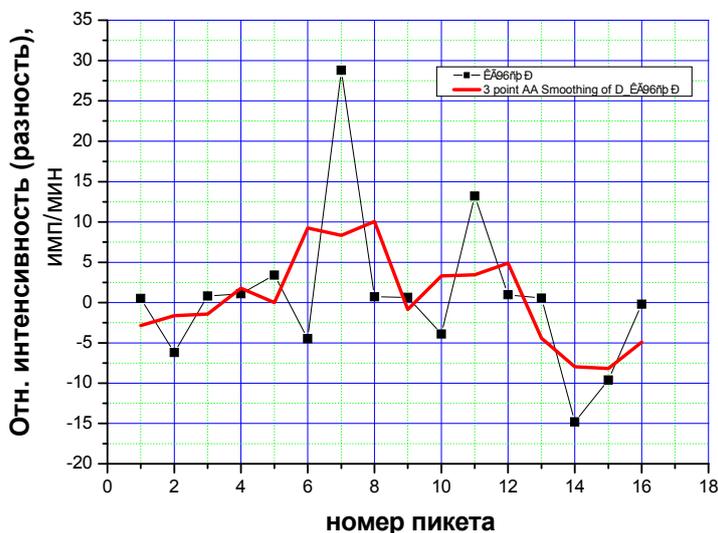


Рис. 4. Пространственные вариации электромагнитных шумов по профилю, пересекающему талик

Обсуждение

При полевых работах в местах геофизических аномалий выявленных методом ЕИЭМПЗ ставился комплекс инженерно-геокриологических работ: бурение, снегомерная съемка, полевые и лабораторные исследования водно-физических свойств грунтов, а также анализ фондовых материалов дистанционного морфотектонического анализа. Это позволило заверить результаты исследований другими методами и интерпретировать полученные аномалии.

Одна из аномалий (см. рис. 2) была связана процессами термокарста на исследуемой площадке. Территория площадки располагается на водоразделе и пологом склоне. Первый от поверхности геолого-генетический комплекс в пределах водораздела сложен дресвяным и щебнистым суглинком (содержание дресвы и щебня 25–50 %), в пределах склона суглинками с дресвой и щебнем (15–25 %) четвертичного возраста и имеют мощность до 5 м. На площадке отмечается как прерывистое распространение ММП, с температурой $-0,5 \div -1,5$ °С, так и сплошное с температурой $-1,5 \div -2,5$ °С. Мощностью сезонно-талого слоя 1,5–2,0 м. В естественных условиях экзогенные геологические процессы развиваются локально, но при освоении территории возможно их развитие. По инженерно-геокриологическим условиям территория площадки относится к опасной категории. Категория сложности условий освоения – очень сложные.

На рис. 3 приведен пример аномалии интерпретированной, как криогенное образование, связанное с морозным пучением. Территория площадки располагается на пологом склоне и пойме реки. Первый от поверхности геолого-генетический комплекс в пределах склона сложен дресвяным и щебнистым суглинком (содержание дресвы и щебня 25–50 %), в пределах поймы – сложен суглинками, супесями с прослоями песков, с включением гравия и гальки четвертичного возраста и имеют мощность до 5 м. На площадке развиты биогенные отложения (торф), мощностью до 0,5 м. ММП имеют прерывистое распространение, с температурами $0 \div -1,5$ °С, мощностью сезонно-талого слоя 2,0–2,5 м. На территории площадки развито многолетнее пучение, при освоении территории возможно его усиление. По инженерно-геокриологическим условиям территория площадки относится к особо опасной категории. Категория сложности условий освоения – очень сложная.

Пространственные вариации электромагнитных шумов по профилю пересекающему талик приведены на рис. 4. Территория площадки располагается на водораздельном плато. Первый от поверхности геолого-генетический комплекс сложен дресвяным и щебнистым суглинком (содержание дресвы и щебня 25–50 %) четвертичного возраста и имеет мощность до 5 м. ММП имеют прерывистое распространение, с температурам $-0,5 \div -1,5$ °С, мощностью сезонно-талого слоя 2,0–2,5 м. На территории площадки находится озеро, под ним в естественных условиях развит талик. По инженерно-геокриологическим условиям территория площадки относится к особо опасной категории. Категория сложности условий освоения – очень сложные.

Полученные результаты подтверждают возможность использования предложенного радиоволнового метода для геокриологических исследований. Возможность применения метода ЕИЭМПЗ для мониторинга динамики изменения напряженно-деформированного состояния грунтов подтверждена [14, 19–20] успешно действующими системами прогноза опасных геологических процессов на магистральных газопроводах. Предложенное применение обработки сигналов ЕИЭМПЗ и использование системы разнесенных в пространстве станций обеспечило высокоточные, хорошо воспроизводимые результаты, отражающие активность геодинамических процессов, с высокой достоверностью. Применение данной системы позволяет в реальном масштабе времени выявлять в структуре склона зоны повышенной и пониженной активности оползневых процессов, зоны растяжения и относительного сжатия, пространственную ориентацию напряжений. Систему, аналогичную описанной выше и внедренной для прогноза подвижек оползней, можно использовать и для мониторинга состояния ММГ.

Заключение

Проведенные полевые исследования в районе распространения ММГ показали возможность применения метода естественных импульсных электромагнитных полей для картирования элементов экзогенной геодинамики. Регистрируемые сигналы определяются структурными, прочностными и деформационными свойствами горных пород, этим новый метод геофизической разведки качественно отличается от традиционно применяемых методов основанных на измерении электрических и магнитных свойств мерзлых пород. Метод естественных импульсных электромагнитных полей Земли уже сейчас может применяться при выборе мест для строительства инженерных сооружений в условиях ММГ. В работе показана возможность мониторинга состояния этих грунтов в условиях техногенной нагрузки. Целью дальнейшего развития работ является разработка алгоритмов оценки несущей способности ММГ, ее динамики в условиях техногенной нагрузки и глобального потепления климата. Решение прикладной задачи невозможно без фундаментальных исследований. Необходима оценка связи аномалий различных видов геофизических процессов друг с другом, с процессами в атмосфере, а также с различными проявлениями внешних, в том числе антропогенных, воздействий на геосферу.

Благодарности

Авторы статьи выражают благодарность С. Г. Шталину за разработку многоканального геофизического регистратора «МГР-01».

Исследование было выполнено в рамках госбюджетной темы № АААА-А17-117013050036-3 и при поддержке гранта РФФИ № 18-47-700005p_a.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рекомендации по геокриологической съемке и районированию равнинных территорий для размещения объектов нефтяной и газовой промышленности по стадиям проектирования / ПНИИС. – М. : Стройиздат, 1984.
2. Заключение научно-методического Совета по геолого-геофизическим технологиям поиска и разведки твердых полезных ископаемых (НМС ГГТ) Минприроды России 18.12.2014. (89-я сессия).
3. Свод правил 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Ч. IV. Правила производства работ в районах распространения многолетнемерзлых грунтов.
4. Способ геофизической разведки: пат. 2414726 Рос. Федерация: МПК G01V 3/08 (2006/01) / Малышков Ю. П., Малышков С. Ю., Шталин С. Г., Гордеев В. Ф., Поливач В. И. 2009100934/28 ; заявл. 13.06.2009 ; опубл. 20.03.2011, Бюл № 8.
5. Воробьев А. А. О возможности электрических разрядов в недрах Земли // Геология и геофизика. – 1970. – № 12. – С. 3–13.
6. Беляев Л. М., Мартышев Ю. Н., Набатов В. В. Исследование свечения при разрушении минералов. Времена высвечивания // Физика щелочно-галлоидных кристаллов. – Изд-во Латв. ун-та, 1962. – С. 179–182.
7. Малышков Ю. П., Малышков С. Ю. Периодические вариации геофизических полей и сейсмичности, их возможная связь с движением ядра земли // Геология и геофизика. – 2009. – Т. 50, № 2. – С. 152–172.
8. Malyshkov Yu. P., Malyshkov S. Yu. 2012. Eccentric Motion of the Earth's Core and Lithosphere: Origin of Deformation Waves and their Practical Application. In *The Earth's Core: Structure, Properties and Dynamics*, Editors: Jon M. Phillips, Nova Science Publishers, Inc. ISBN: 978-1-61324-584-2, p. 115–212.
9. Malyshkov Y. P., Malyshkov S. Yu. The algorithm for calculating the Earth's core runs on the parameters of natural pulsed electromagnetic field of the Earth // *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 2016, 48 012028.
10. Malyshkov Yu. P et al. 2013 Earth's Natural Electromagnetic Noises in a Very-Low Frequency Band; In *Electromagnetic Fields: Principles, Engineering Applications and Biophysical Effects*, Editors: Myung-Hee Kwang and Sang-Ook Yoon, Nova Science Publishers, Inc. ISBN: 978-1-62417-063-8, p. 1–86.
11. Малышков Ю. П., Малышков С. Ю. Признаки воздействия ядра Земли на население планеты // *Биофизика*. – 2015. – Т. 60, вып. 3. – С. 589–624.
12. Malyshkov Yu. P., Malyshkov S. Yu., Gordeev V. F., Shtalin S. G., Polivach V. I., Krutikov V. A., Zaderigolova M. M. Earth's Natural Electromagnetic Noises: Their Deep-Seated Origin, Effect on People, Recording and Application in Geophysics// *Horizons in World Physics*. 2015, v. 283, pp. 43–127.
13. Интернет-портал системы контроля геодинамических процессов / М. М. Кабанов, С. Н. Капустин, П. Н. Колтун, П. Б. Милованцев // *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. 138–142.
14. Gordeev V. F., Kabanov M. M., Kapustin S. N. Algorithm and Software for Landslide Slopes Stability Estimation with Online Very Low Frequency Monitoring// *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2017, 189 (1), 012015.
15. Малышков С. Ю., Гордеев В. Ф., Поливач В. И. Полевые исследования динамики техногенного оползня // *Геология и геофизика Юга России*. – 2017. – No 2. – С. 82–90.
16. Gordeev V. F., Malyshkov S. Yu., Polyvach V. I., Electromagnetic Method for Exogenetic Geodynamic Elements Mapping in Permafrost Environment // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 2017 189(1), 012006.

17. Malyshkov S. Yu., Gordeev V. F., Polyvach V. I., Shtalin S. G., Pustovalov K. N. Estimation of the Lithospheric Component Share in the Earth Natural Pulsed Electromagnetic Field Structure // 2017, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 189(1), 012023.

18. Регистратор импульсных электромагнитных полей для мониторинга геодинамических процессов и геофизической разведки / С. Г. Шталин и др. // Датчики и системы. – 2012. – № 4. – С. 32–37.

19. Gordeev V. F., Malyshkov S. Yu., Botygin I. A., Sherstnev V. S., Sherstneva A. I. Development and implementation of the software for visualization and analysis of data geophysical loggers // Proc. SPIE. 2017. V. 10466. p. 104665D-1-6. doi: 10.1117/12.2286726.

20. Kabanov M. M., Kapustin S. N., Gordeev V. F., Botygin I. A., Tartakovsky V. A. Development of software for geodynamic processes monitoring system // Proc. SPIE. 2017. V. 10466. PP. 104665G-1-5. doi: 10.1117/12.2286817.

© С. Ю. Мальшиков, В. Ф. Гордеев, В. И. Поливач, 2019

ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ОПАСНЫХ ТЕХНОГЕННЫХ ПРОЯВЛЕНИЙ НА ПОДРАБАТЫВАЕМЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

Василий Федорович Гордеев

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, 634055, Россия, г. Томск, пр. Академический, 10/3, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, тел. (913)820-00-67, e-mail: gordeev@imces.ru

Сергей Юрьевич Малышков

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, 634055, Россия, г. Томск, пр. Академический, 10/3, старший научный сотрудник, тел. (913)820-00-27, e-mail: msergey@imces.ru

Виталий Игорьевич Поливач

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, 634055, Россия, г. Томск, пр. Академический, 10/3, младший научный сотрудник, тел. (913)820-00-37, e-mail: Polivach@imces.ru

Задачи оценки устойчивости горных пород на подрабатываемых территориях требуют не только предварительных изысканий, но и непрерывного оперативного мониторинга с возможностью информирования о потенциальных угрозах провалов. Использование данных ОНЧ мониторинга в составе аппаратно-программного комплекса автоматизированной системы контроля геодинамических процессов позволяет решать эти задачи. Авторы описывают использование оригинального метода, основанного на регистрации естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ) и делают выводы об эффективности примененных решений для мониторинга опасных геодинамических процессов на подрабатываемых территориях. Суть метода заключается в выделении пространственных вариаций интенсивности сигнала ЕИЭМПЗ на фоне суточных изменений и сигналов техногенного происхождения. Экспериментально показано взаимосвязь относительной интенсивности сигнала от напряженно – деформированного состояния горного массива.

Ключевые слова: мониторинг, естественное импульсное электромагнитное поле Земли, ЕИЭМПЗ, подрабатываемые территории, геодинамика, провал.

GEOPHYSICAL MONITORING OF TECHNOGENIC HAZARDS ON ANTHROPOGENIC SOILS

Vasily F. Gordeev

Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS, 10/3, Akademicheskii Prospect St., Tomsk, 634055, Russia, Ph. D., Senior Researcher, phone: (913)820-00-67, e-mail: gordeev@imces.ru

Sergey Yu. Malyshev

Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS, 10/3, Akademicheskii Prospect St., Tomsk, 634055, Russia, Senior Researcher, phone: (913)820-00-27, e-mail: msergey@imces.ru

Vitaly I. Polivach

Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS, 10/3, Akademicheskiiy Prospect St., Tomsk, 634055, Russia, Junior Researcher, phone: (913)820-00-37, e-mail: Polivach@imces.ru

Rock stability estimation tasks on anthropogenic soils require both preliminary survey and ongoing real-time monitoring providing alerts on possible cave-in threats. Using VLF monitoring data incorporated into software-hardware geodynamical processes automated surveillance system allows to accomplish that task. Authors describe a unique method, based on Earth's natural pulsed electromagnetic field (ENPEMF) recording and make conclusions on the efficiency of the solutions applied for hazardous geodynamic processes monitoring on anthropogenic soils. The principle of the method is to distinguish spatial variations of ENPEMF signal against diurnal oscillations and technogenic signals. Correlation between relative signal intensity and stress-strained state of the rocks is experimentally demonstrated.

Key words: monitoring, Earth's natural pulsed electromagnetic field, ENPEMF, anthropogenic soils, geodynamics, cave-in.

Введение

В 1925 г. было открыто Верхнекамское месторождение калийных солей, которое является одним из крупнейших в мире. Его соляные запасы составляют более 3 млрд тонн, а соляная залежь распространяется с севера на юг на 200 км шириной до 50 км и занимает площадь 6,5 тыс. кв. км. Составляющими частями месторождения являются подстилающая каменная соль, калийная и калийно-магниева соли и покровная каменная соль. Минеральный состав промышленных пластов – сильвин, галит, карналлит с некоторым количеством карбонатов, сульфатов кальция и глинистых минералов.

На базе Верхнекамского месторождения в 1934 г. начал работать первенец отечественной калийной промышленности – Соликамский (первый калий был получен еще в 1930 г.), а с 1954 г. – Березниковский калийные комбинаты. ОАО «Сильвинит» является правопреемником Соликамского калийного комбината, являющегося родоначальником калийной отрасли России. Производственное объединение «Уралкалий» создано в 1964 г., в 1992 г. после приватизации было переименовано в ОАО «Уралкалий».

Активная добыча полезных ископаемых в конце XX и начале XXI вв. привело к тому, что на подрабатываемой территории стали проявляться провалы в земной коре не только на промышленных объектах, но и в жилых массивах. Последний такой провал образовался в районе города Соликамска 18 ноября 2014 г. на территории садовых участков и эпицентр его расположился в 1,3 км от оси магистрального газопровода (рис. 1). К 2016 г. размеры провала увеличились в 25 раз, и было принято решение провести инженерные мероприятия по укреплению горного массива с целью предотвращения дальнейшего его развития.

Задача оценки устойчивости горного массива имеет широкое применение в инженерных и геодезических областях. Преимущественно методы таких оце-

нок связаны с решением задачи количественного оценивания напряженно-деформированного состояния горных пород, предваряя проектные или строительные работы в соответствующей местности [1–2]. Однако, в последние годы активно развивается новое направление исследований в данной области, связанное с оперативной оценкой, контролем и прогнозированием инженерной устойчивости грунтов. В данном подходе важным источником информации о возможных опасных геодинамических процессах, включая и провалы на подрабатываемых территориях, могут быть исследования параметров естественно-го импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ) [3–8].

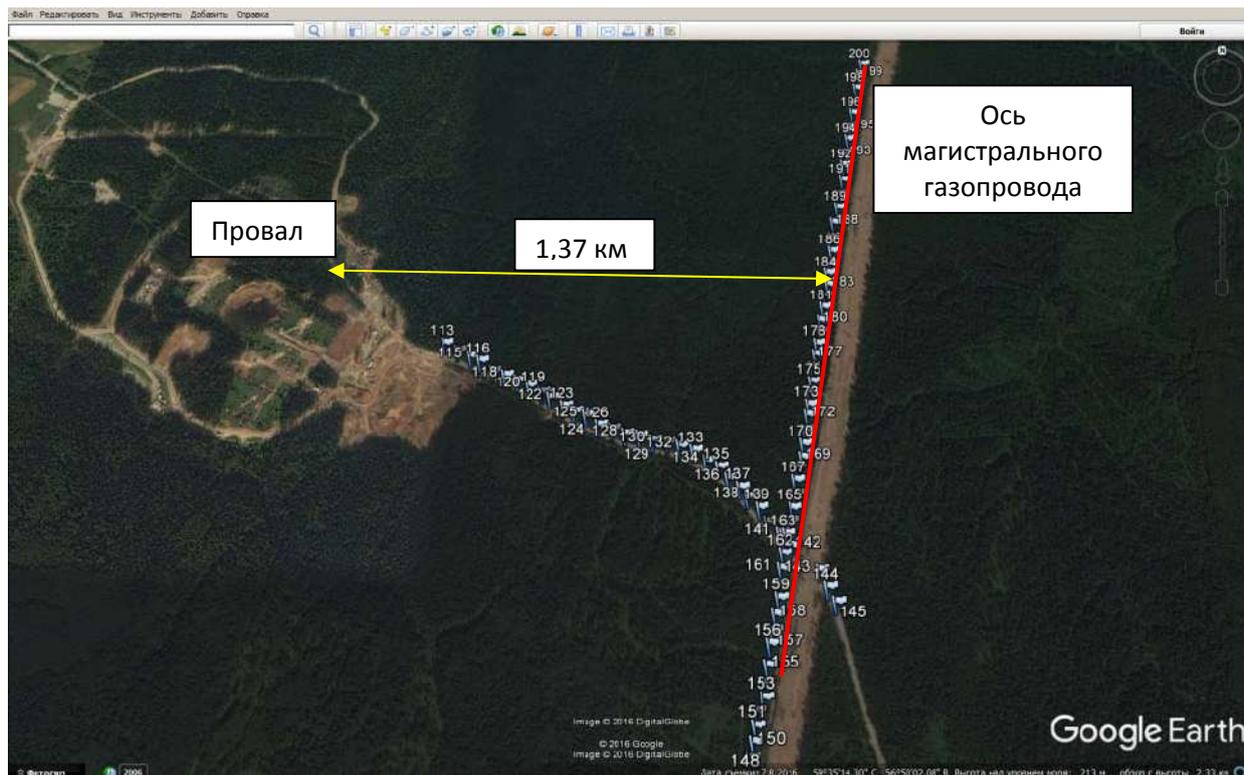


Рис. 1. Схема работ в районе Соликамского провала

Методика измерений

Для измерения параметров ЕИЭМПЗ, в Институте мониторинга климатических и экологических систем Сибирского отделения Российской академии наук (ИМКЭС СО РАН), разработаны специализированные многоканальные геофизические регистраторы «МГР-01» [9]. В «МГР-01» предусмотрена регистрация импульсных сигналов по электрической и магнитной составляющим поля, причем по магнитной компоненте измерения ведутся на узкой полосе частот в ОНЧ-диапазоне по двум взаимно перпендикулярным направлениям приема сигналов. Регистраторы «МГР-01» сертифицированы (сертификат № 24184), зарегистрированы в государственном реестре средств измерений и допущены к применению в Российской Федерации.

В предлагаемом нами способе из регистрируемого потока импульсов удаляются импульсы атмосферного происхождения и импульсы, источники которых находятся за пределами интересующей территории [10–13]. Регистрируемый поток импульсов определяется пространственно-временными вариациями. В случае выполнения геофизических работ из зарегистрированного сигнала должны быть удалены временные вариации полей и все импульсы от удаленных источников. Это достигается с помощью системы из нескольких синхронно работающих регистраторов «МГР-01».

Во время профильных измерений один из регистраторов используется как реперный (вариационный) для регистрации временных вариаций ЕИЭМПЗ. Он устанавливается на удалении не более 20 километров от исследуемой территории на основании изучения фондовых материалов геологического строения земной коры. Относительно этой точки в дальнейшем оценивается геодинамическая активность горных пород и их напряженно-деформированное состояние [14–15]. Привязка результатов измерений по времени осуществляется с использованием внутренних часов регистраторов МГР. Синхронизация регистраторов производится перед началом профильных измерений. Разница во времени в показаниях различных регистраторов не превышает нескольких долей секунды. Это позволяет удалять из показаний импульсы, пришедшие одновременно на все регистраторы, а, следовательно, имеющие внешнее происхождение. В качестве информативного параметра используется частное между показаниями маршрутных и реперных регистраторов. Время дискретизации 1 секунда. На каждой точке (пикете) производится не менее 300 измерений интенсивности сигнала. Статистическая обработка результатов измерений предусматривает исключение суточного хода и импульсов внешнего происхождения [16–17].

Результатом напряженно-деформированного состояния горного массива в радиусе до 50 метров является отношение сигнала в точке измерения ($Nh1, Nh2$) к сигналу вариационной станции ($Nh1var, Nh2var$). Физически это величина относительного превышения или понижения сигнала в точке измерения к фоновому сигналу по двум взаимно перпендикулярным направлениям приема (Север – Юг, Запад – Восток) соответственно.

$$h1 = \frac{Nh1}{Nh1\ var} - 1; \quad h2 = \frac{Nh2}{Nh2\ var} - 1.$$

Если результат $h1, h2 > 0$ это свидетельствует о том, что в зоне измерения существуют напряжения растяжения, а если результат $h1, h2 < 0$, то зона сжатия [18–21]. Условно считается, что относительное превышение или понижение сигнала в точке измерения к фоновому сигналу от $-0,5$ до $+0,5$ соответствует слабому проявлению геодинамических процессов в горном массиве и не может привести к нарушению устойчивости поверхности Земли (зеленая зона). Зона (желтая) от $\pm 0,5$ до $\pm 1,0$ считается умеренно активной с точки зрения геодинамики и свидетельствует о начале изменения напряженно-деформированного состояния горного массива, которые могут служить критерием активизации опас-

ных геодинамических процессов. Если значения $h1$ или $h2 > 1,0$, то это свидетельствует, о критическом состоянии в данном месте, которое может привести к разрушению горных пород и проявиться в виде провала или оползня.

Эксперимент

Маршрутные измерения проводились от провала до оси газопровода с шагом между пикетами 25 метров (см. рис. 1) при этом реперный (вариационный) регистратор находился в 4 км южнее точки пересечения.

Измерения проводились в три этапа: в июне, сентябре 2016 г. и в июле 2017 г. В этот период проводились инженерные работы по стабилизации напряженно-деформированного состояния горного массива методом нагнетания специальных растворов в скважины пробуренных вокруг провала.

На рис. 2 представлены результаты маршрутных измерений относительной интенсивности сигнала ЕИЭМПЗ по направлению приема Запад – Восток ($h2$) от провала до пересечения с осью магистрального газопровода.

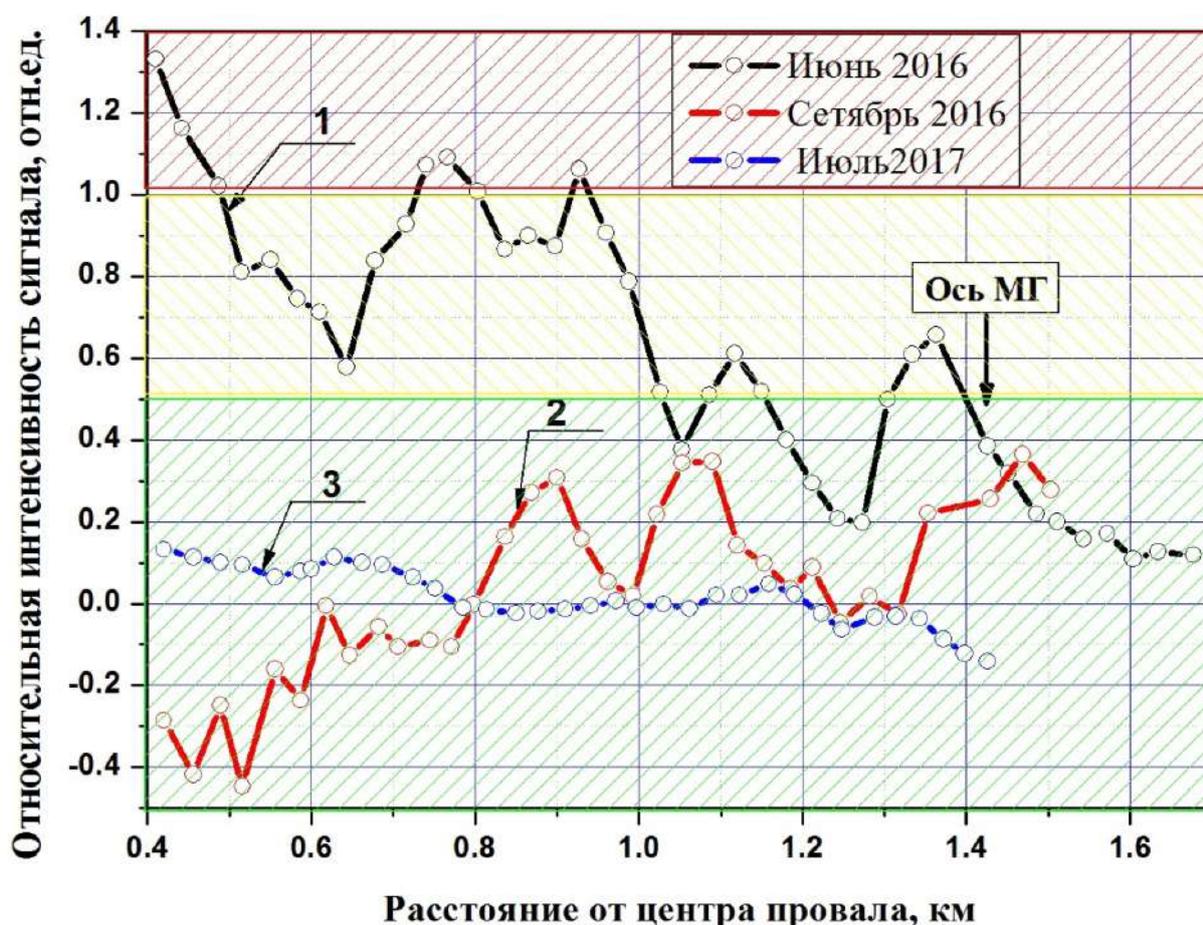


Рис. 2 Зависимость относительной интенсивности сигнала ЕИЭМПЗ от расстояния до провала:

1 – в июне; 2 – в сентябре месяце 2016 г.; 3 – в июле 2017 г.

До начала проведения инженерных работ, относительная интенсивность сигнала ЕИЭМПЗ (рис. 2, кривая 1) на расстоянии до 500 метров от провала, превышала более чем в два раза ($h_2 > 1$ – красная зона) фоновые значения (реперного регистратора), что соответствовала критическому состоянию геодинамических процессов в данной области. Положительное превышение сигнала свидетельствует о напряжениях растяжения в горном массиве, и это состояние прослеживается на протяжении всего маршрута до 1,4 км (пересечение с осью газопровода).

В течение четырех месяцев июнь – сентябрь 2016 г. проводились интенсивные инженерные работы по нагнетанию специальных растворов в скважины вокруг провала, для стабилизации напряженно-деформированного состояния горного массива, были проведены повторные измерения параметров ЕИЭМПЗ по маршруту от провала до пересечения с осью магистрального газопровода (рис. 2, кривая 2). Из графика видно, что относительная интенсивность сигнала уменьшилась более чем в три раза, при этом изменила знак с положительного на отрицательный на расстоянии до 800 метров от провала. Этот факт может свидетельствовать об изменении напряжений растяжения на напряжения сжатия в горном массиве, причем их величина соответствует слабому проявлению геодинамических процессов ($h_2 < -0,5$ – зеленая зона). На протяжении всего маршрута значения h_2 не выходят за границы зеленой зоны, с трендом до $\pm 0,4$, что свидетельствует о положительном эффекте инженерных работ по релаксации аномальных значений напряженно-деформированного состояния горного массива в данной области.

Контрольный замер интенсивности импульсного потока ЕИЭМПЗ по предыдущему маршруту был проведен в июле 2017 г. (рис. 2, кривая 3). Из графика видно, что сигнал на всем протяжении маршрута, меняется в пределах $\pm 0,2$ отн. единиц, это соответствует слабому проявлению геодинамических процессов в горном массиве, которые не могут привести к нарушению ландшафта.

Таким образом, можно достоверно утверждать, что метод мониторинга параметров ЕИЭМПЗ позволяет оценивать напряженно-деформированное состояние горного массива и следить за его динамикой.

Заключение

Геофизический метод, основанный на регистрации относительной интенсивности сигнала естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ), может быть использован для мониторинга опасных тектонических проявлений на подрабатываемых территориях.

По результатам профильных измерений выявлено однозначная взаимосвязь параметров ЕИЭМПЗ в зависимости от инженерных работ по нагнетанию специальных растворов в скважины вокруг провала (в районе г. Соликамска, 2016–2017 гг., Северный Урал), для стабилизации напряженно-деформированного состояния горного массива.

Используя опыт работ на оползневых склонах [22], целесообразно применять на подрабатываемых территориях аппаратно-программный комплекс автоматизированной системы постоянного контроля геодинамических процессов по параметрам естественного импульсного электромагнитного поля Земли, с целью упреждающих инженерных мероприятий для предотвращения техногенных аварий.

Благодарности

Авторы статьи выражают благодарность Шталину С. Г. за разработку и создание оригинального аппаратно – программного многоканального геофизического регистратора «МГР-01», Капустину С. А. и Кабанову М. М. за обсуждение результатов исследований и разработку Интернет портала автоматизированной системы контроля горных пород (АСК-ГП).

Исследование было выполнено в рамках госбюджетной темы № АААА-А17-117013050036-3 и при поддержке гранта РФФИ № 18-47-700005р_а.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аксютин О. Е. Повышение надежности функционирования газотранспортных систем ОАО «Газпром». Сб. тезисов III Межд. конф. 27-28.10.2009. ВНИИГАЗ, с. 4.
2. Нормативно-методическое пособие Минтопэнерго РФ «Основы повышено-экологической безопасности объектов ТЭК. ч. I, разд. 6, 7. МИНТОПЭНЕРГО. – М., 1997.
3. Воробьев А. А. О возможности электрических разрядов в недрах Земли // Геология и геофизика. – 1970. – № 12. – С. 3–13.
4. Воробьев А. А. Тектоноэлектрические явления и возникновение естественного импульсного электромагнитного поля Земли – ЕИЭМПЗ – Томск, 1979. – 585 с. – Рукопись представлена Томским политехническим институтом. Деп. в ВИНТИ: Ч. 1 – № 4296-79 – 202 с.; Ч. 2 – № 4297 – 79 – 149 с.; Ч. 3 – № 380-80 – 243 с.
5. Импульсное электромагнитное излучение минералов и горных пород, подверженных механическому нагружению / Р. М. Гольд, Г. П. Марков, П. Г. Могила, М. А. Самохвалов // Физика Земли. – 1975. – № 7. – С. 109–111.
6. Оперативные электромагнитные предвестники землетрясений / М. Б. Гохберг, В. А. Моргунов, Е. А. Герасимович, Е.А. Матвеев. – М. : Наука, 1985. – 116 с.
7. Гохберг М. Б., Моргунов В. А., Похотелов О. А. Сейсмоэлектромагнитные явления. – М. : Наука, 1988. – 174 с.
8. Мастов Ш. Р., Саломатин В. Н., Яворович Л. В. Выявление степени деформации участков оползня методом регистрации импульсов электромагнитного поля // Инженерная геология. – 1983. – № 2. – С. 98–101.
9. Автоматизированная станция оперативного прогноза землетрясений (опыт четырехлетней эксплуатации) / С. Г. Шталин, С. Ю. Малышков, Ю. П. Малышков, В. Ф. Гордеев, О. К. Масальский // Физические основы прогнозирования разрушения горных пород : материалы 1-й Междунар. школы-семинара (9–15 сент., 2001, г. Красноярск) / ред. В. А. Мансуров. – Красноярск : СибГАУ, 2002. – С. 324–330.
10. Малышков С. Ю., Гордеев В. Ф., Поливач В. И. Картирование аномалий напряженно-деформированного состояния грунтов и оценка опасности разрывных нарушений для промышленных объектов // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2016. XII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 18–22 апреля 2016 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2016. Т. 2. – С. 13–18.

11. V. F. Gordeev, S. Yu. Malyshkov, S. G. Shtalin, V. I. Polivach, V. A. Krutikov. Detection of geodynamic activity areas based on the Earth's electromagnetic noise parameters IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 48 (2016) V. 48. 012026. doi:10.1088/1755-1315/48/1/012026.
12. Малышков В. Ф., Гордеев С. Ю. Регистратор импульсных электромагнитных полей для геофизической разведки // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2016. XII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Недропользование. Горное дело. Направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Геоэкология» : сб. материалов в 4 т. (Новосибирск, 18–22 апреля 2016 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2016. Т. 2. – С. 68–72.
13. Гордеев В. Ф., Поливач В. И., Малышков С. Ю. Метод естественного импульсного электромагнитного поля Земли для мониторинга динамики грунтов // 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. 152–157.
14. Малышков С. Ю., Гордеев В. Ф., Поливач В. И. Полевые исследования динамики техногенного оползня // Геология и геофизика Юга России. – 2017. – No 2. – С. 82–90.
15. Разработка и реализация программного обеспечения для визуализации и анализа данных геофизических регистраторов / В. Ф. Гордеев, С. Ю. Малышков, И. А. Ботыгин, В. С. Шерстнёв, А. И. Шерстнёва// Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы : тезисы докладов XXIII Междунар. симпозиума. – Иркутск, 2017. – С. D514–D518.
16. Vasily F. Gordeev, Sergey Yu. Malyshkov, Vladimir A. Krutikov, Vitaly I. Polivach and Sergey G. Shtalin. Lightning discharge bearing by monitoring of dangerous geological processes with a system based on Earth's natural pulsed electromagnetic field parameters // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 211 (2018) 012073, doi:10.1088/1755-1315/211/1/012073.
17. S. Yu. Malyshkov, V. F. Gordeev and N. A. Pustovalov. Detailing the tectonic structure of a nuclear industry construction site using an Earth's natural pulsed electromagnetic field method// IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2018, 211 012077, doi:10.1088/1755-1315/211/1/012077.
18. Yury P. Malyshkov, Sergey Yu. Malyshkov, Vasily F. Gordeev, Sergey G. Shtalin, Vitaly I. Polivach, Vladimir A. Krutikov, Michail M. Zaderigolova. Electromagnetic Fields: Principles, Engineering Applications and Biophysical Effects. Chapter 1, Earth's Natural Electromagnetic Noises in a Very-Low Frequency Band // Nova Science Publishers, Inc. 2013. P. 1–86.
19. Yury P. Malyshkov, Sergey Yu. Malyshkov, Vasily F. Gordeev, Sergey G. Shtalin, Vitaly I. Polivach, Vladimir A. Krutikov, and Michail M. Zaderigolova, Earth's Natural Electromagnetic Noises: Their Deep-Seated Origin, Effect on People, Recording and Application in Geophysics, Institute of Monitoring of Climate and Ecosystems, Siberian Branch of the Russian Academy of Science, Russia, and others// Journal of Magnetohydrodynamics, Plasma, and Space Research, Volume 20, Number 2, 2015, p. 107–192.
20. Анализ предвестников напряженного состояния региональных геосистем / Н. Н. Черedyкo, В. А. Тартаковский, Ю. В. Волков, В. А. Крутиков, В. Ф. Гордеев, С. Ю. Малышков // Системы контроля окружающей среды – 2018 : междунар. науч.-технич. конференция. 5–9 ноября 2018 г. Севастополь : [тезисы] – Севастополь, РИО ИПТС, 2018. – С. 96.
21. V. F. Gordeev, S. Y. Malyshkov, V. I. Polyvach. Electromagnetic Method for Exogenetic Geodynamic Elements Mapping in Permafrost Environment, 2017// IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 189 (1), 012006.
22. Gordeev V. F., Kabanov M. M., Kapustin S. N. Algorithm and Software for Landslide Slopes Stability Estimation with Online Very Low Frequency Monitoring/ 2017 // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 189(1), 012015.

© В. Ф. Гордеев, С. Ю. Малышков, В. И. Поливач, 2019

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕФОРМАЦИЙ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ СТАЛЬНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Ганзориг Эрдэнэнэмэх

Монгольский государственный университет науки и технологии, Горно-геологический институт, 14191, Монголия, г. Улан-Батор, Сухбаатарский район 8, Бага тойруу, 34, главный корпус, магистр технических наук, преподаватель кафедры геодезии, тел. (976)1145-2485, (976)9976-7782, e-mail: ganzo0209@must.edu.mn

Оюунцэцэг Даши

Монгольский государственный университет науки и технологии, Горно-геологический институт, 14191, Монголия, г. Улан-Батор, Сухбаатарский район 8, Бага тойруу, 34, главный корпус, кандидат технических наук, профессор, зав. кафедрой геодезии, тел. (976)1145-2485, (976)9917-2910, e-mail: daoyunaa@must.edu.mn

В настоящее время очень важно определить, проанализировать и обработать деформацию горизонтальных и цилиндрических запасов стали, а также разработать надежное, долговечное и безопасное решение для резервуара.

Топливные резервуары содержат самые разные типы в зависимости от формы, размера и материалов, а также измеряют деформацию и емкость резервуара объемом 50 м³ для хранения подземных горизонтальных цилиндров. Мониторинг деформации контейнера осуществляется с помощью геодезических измерений, что важно для измерения и распределения запаса и распределения топлива, а также отслеживания изменений, являющихся экономически значимыми. Результаты опроса были использованы для наблюдения, выборки и краткосрочных методов исследования.

Ключевые слова: резервуар, точка измерения, деформация, объем.

DETERMINE DEFORMATION OF HORIZONTAL AND CYLINDRICAL STEEL STORAGE FUEL TANK

Ganzorig Erdenenemekh

Mongolian University of Science and Technology, School of Geology and Mining, 8th khoroo, 34, Baga toiruu, Sukhbaatar district, Ulaanbaatar, 14191, Mongolia, MSc, Lecturer, Department of Geodesy, phone: (976)1145-2485, (976)9976-7782, e-mail: ganzo0209@must.edu.mn

Oyuntsetseg Dash

Mongolian University of Science and Technology, School of Geology and Mining, 8th khoroo, 34, Baga toiruu, Sukhbaatar district, Ulaanbaatar, 14191, Mongolia, Ph. D., Professor, Head of Department of Geodesy, phone: (976)1145-2485, (976)9917-2910, e-mail: daoyunaa@must.edu.mn

It is very important to define, analyze, and process the deformation of horizontal and cylindrical steel reserves, and to develop a reliable, durable and secure solution for the storage tank. In this survey, the deformation of the horizontal and cylindrical steel cans is determined by volume measurement by the geodetic measurements. Fuel storage tank contain a wide variety of types depending on the shape, size, and materials, and measure the deformation and capacitance of a tank of 50m³ capacity to store the underground horizontal cylinders. The stability of the storage tank is important for measuring and distribution of fuel, as well as the measurement and calculation of the fuel. The results of the survey were used for observation, sampling and short-term research methods.

Key words: reservoir, measurement point, deformation, volume.

Research of fuel tanks

Oil and its products are stored in vertical, horizontal, droplets and in reinforced concrete containers. Oil and its products under oil and high pressure are highly volatile, fire-fighting, explosive, and electrified, so they are different. Evaporation of precious aluminum fractions of crude oil and opaque oils leads to quantitative and qualitative losses in their storage. In order to minimize these evaporation, a tank with floating and floating tanks is used [3].

Steel containers can be classified by several characteristics. These include:

Gas space in terms of working pressure:

- Low pressure (up to 2000 Pa);
- High pressure (up to 7000 Pa);
- Air pressure (heavy oil, lime storage).

By:

- Vertical cylinder;
- Horizontal cylinder;
- Drainage;
- Drifting style.

Vertical cylindrical steel basins are the most widespread and with cone and spider roofs, floats, cylindrical and spherical roofs. The most widely used vertical cylindrical steel tanks are distinguished by their size and roof structure.

Horizontal steel reservoir is a cylindrical metal basin with a sphere, spherical, cone, and cone-shaped bottom for the purpose of storage and volume control. Fuel reservoirs contain many different types, sizes, and materials. The containers and their accessories shall be made of metallic materials that are sufficiently resistant to the physical and chemical effects of the external environment, working fluids. [3]

In Mongolia, 100 % of its fuel is imported from abroad. According to the amount of imported petroleum products, NIC LLC is 17.25 %, Petrost Co. LLC 6.11 %, Magnai Trade LLC 11.64 %, Shunkhlai LLC 8.94 %, Sod Mongol Group LLC 7.18 %, Tes Petroleum Co., 6.6 % and ICOO LLC 10.14 %. Companies operating above are typically used as steel tanks (Table 1).

Table 1

Specifications for concrete and steel containers

Specifications	Concrete reservoir	Steel reservoir
Weight		
Height	3.1–6 m	12–15 m
Diameter	–	22.8 /20.92/ m
Volume	10 000 m ³	5 000 m ³
Material cost	1.949.718.323 MNT	495.654.500 MNT
Equipment cost	188.658.250 MNT	18.865.825 MNT
Operating term	–	20–25 years

There are currently no cases of using concrete containers in oil and gas companies in Mongolia.

2. Determine deformation of cylindrical fuel tank and horizontal steel reservoir

Within the scope of the study, geodetic measurements were identified. The measurements were performed by Trimble R6's high-precision GPS, Faro 3D laser scanners and Trimble S3 electronic tachometer. These include:

The geodesy positioning network was established by the GPS Trimble R6 high-precision GPS map (Figure 1).

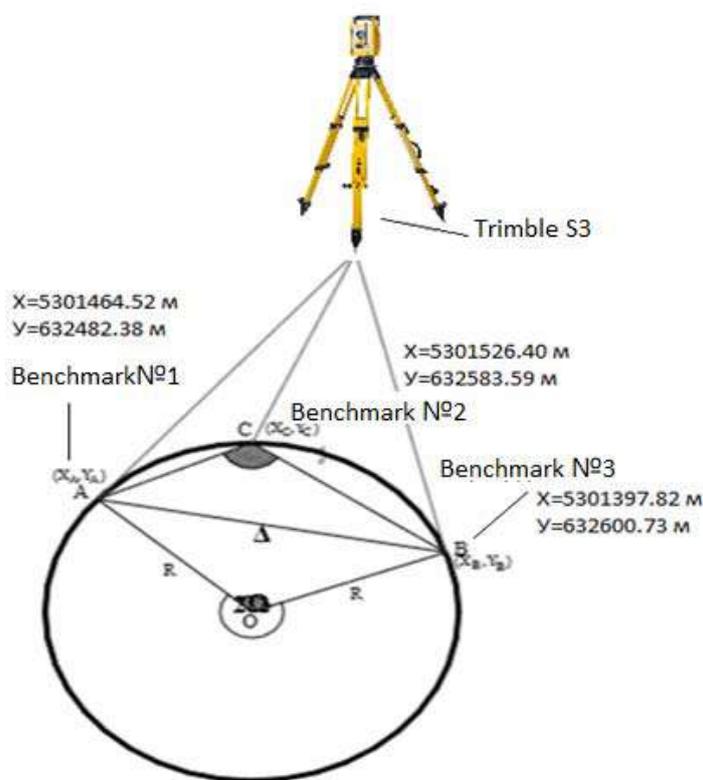


Fig. 1. Positioning scheme

When setting up an ad network, two wavelength settings are configured as follows:

- Retreat ellipsoid: WGS84
- $a = 6378137.0$ / longer half-axis /
- $f = 1 / 298.257222101$ /suction /
- Projection: Reflection of UTM 6° /48 zones /
- Level System: The Baltic Sea Height System

The stations and control points are required to determine object movement (its deformation) [1]. The monitoring points were installed during measurement (Figure 2).

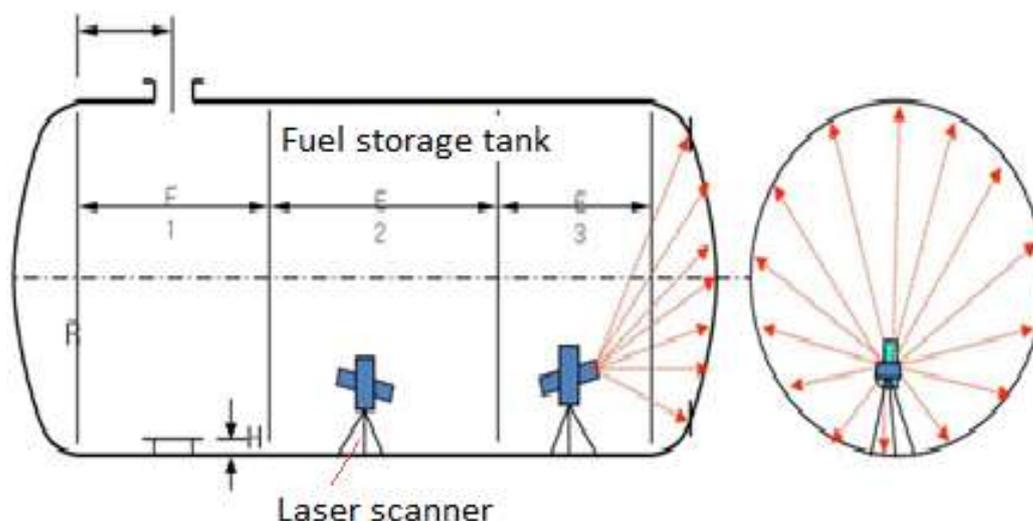


Fig. 2. Measurement of sections within the storage tank method

The trimble S3 electronic tachometer for the location of the checkpoint storage tank was measured by a 3D laser scanner and the following results were compared (Table 2).

Table 2

Results of deformation measurements on horizontal and steel storage tanks

Station points	Control points for storage tanks	Deformation, MM	
		2018.10.30	2018.12.18
Stations № 1	Control point № 1	-10	-11
	Control point № 2	-11	-11
	Control point № 3	60	60
	Control point № 4	-80	-81.1
Stations № 2	Control point № 1	50	50.3
	Control point № 2	-15	-15
	Control point № 3	16	16.1
	Control point № 4	+54	+53.6
Stations № 3	Control point № 1	-45	-45.3
	Control point № 2	4	4
	Control point № 3	-18	-18
	Control point № 4	52	52
Stations № 4	Control point № 1	40	39
	Control point № 2	-19	-19
	Control point № 3	20	19
	Control point № 4	-50	-48.7
	Maximum value	-10 +4	-11 +4
	Minimum value	+54 -80	+53.6 -81.1

The symbol (+) in the table deflects the wall expansibility and the minus sign (–) represents the wall groove.

Control points mark and maximum deformation of the storage tanks in Figure 3.

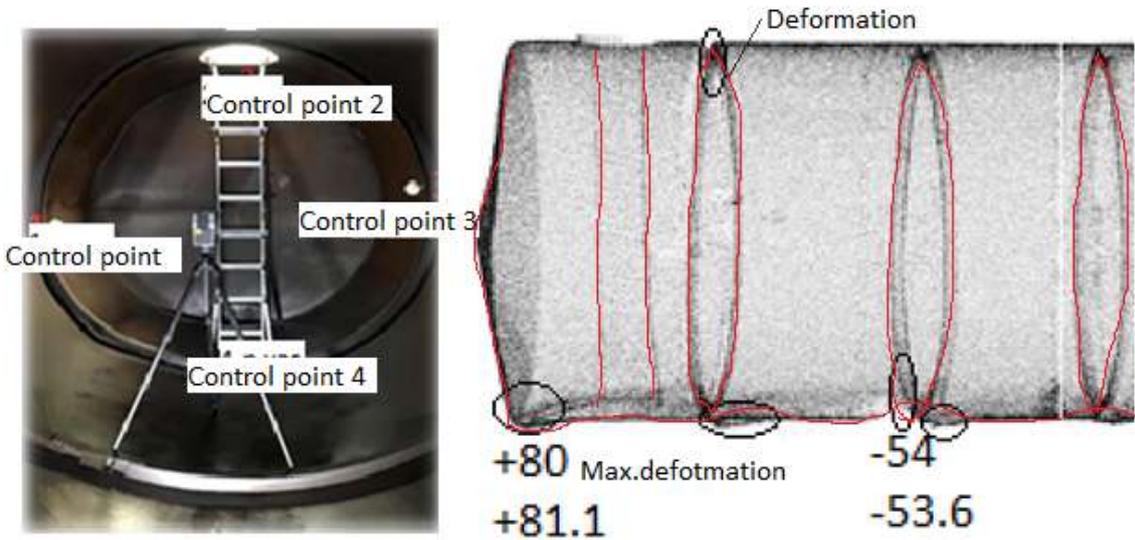


Fig. 3. Deformation of the measurement control point and storage tank

3. Determine capacity of the horizontal cylinder storage tank

The volume of the backup storage tank is determined by laser scanners. Laser scanner is placed with station in storage tank, picture format of 10240×4267 , distance between points $6.136 \text{ mm} / 10 \text{ m}$, resolution 6x, duration of 32 minutes and measurement is made with 4 station signs.

The data obtained from the 164 000 point of measurement resulted from the Trimble Realworks program to calculate the volume of $49,914 \text{ m}^3$ (Figure 4).

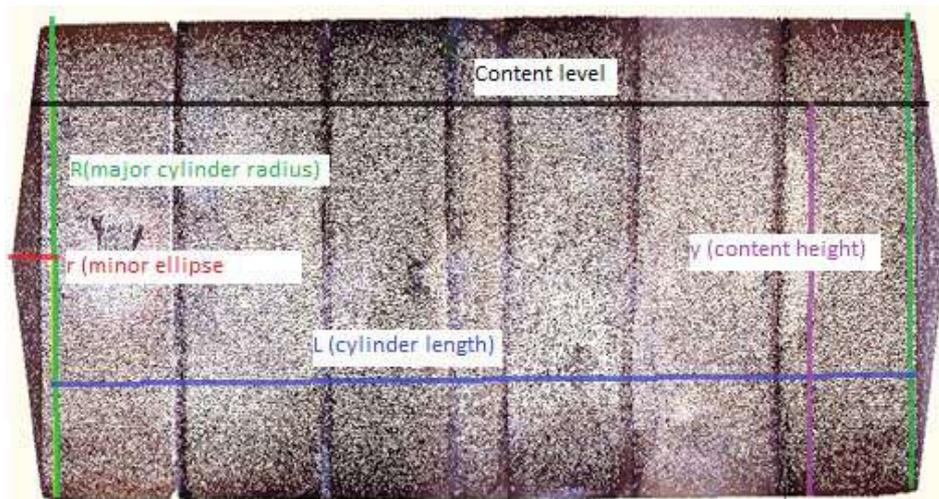


Fig. 4. The dimensions of the storage tank

Tank capacity table was performed by laser scanners.

Table 3

Table of tank capacity

Depth	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	0.6	1.7	3.2	4.9	6.9	9	11.4	13.9	16.6
100	607	617.1	629.2	634.8	643.5	652.8	662.1	671.5	680.6	690.4
200	1706.6	1719.2	1731.9	1744.6	1757.3	1170	1782.8	1795.6	1808.4	1821.3
300	3100.9	3116.1	3131.3	3146.5	3161.7	3177	3192.3	3207.6	3222.9	3238.2
400	4719.4	4736.6	4753.7	4770.9	4788.1	4805.4	4822.6	4839.9	4857.1	4874.4
500	6516.7	6535.5	6554.2	6573	6591.8	6610.6	6629.5	6648.3	6667.2	6686.1
600	8459.9	8480	8500.1	8520.2	8540.3	8560.4	8580.6	8600.7	8620.9	8641
700	10523	10544.2	10565.4	10586.6	10607.7	10628.9	10650.2	10671.4	10692.6	10713.8
800	12684.4	12706.4	12728.5	12750.5	12772.6	12794.7	12816.8	12838.9	12861	12883.1
900	14925	14947.7	14970.5	14993.3	15016	15038.8	15061.6	15084.4	15107.1	15129.9
1000	17227.8	17251.1	17274.4	17297.7	17321	17344.3	17367.6	17391	17414.3	17437.6
1100	19577.2	19600.9	19624.6	19648.2	19671.9	19695.6	19719.3	19743	19766.7	19790.4
1200	21958.3	21982.2	22006.1	22030	22054	22077.9	22101.8	22125.7	22149.7	22173.6
1300	24356.7	24621	24645.1	24669.1	24693.1	24717.2	24741.2	24765.2	24789.2	24813.3
1400	26758.7	26782.7	26806.7	26830.7	26854.7	26878.6	26902.6	26926.6	26950.6	26974.6
1500	29150.2	29174	29197.9	29221.7	29245.5	29269.3	29293.1	29316.9	29340.7	29364.5
1600	31517.3	31540.7	31564.2	31587.7	31611.2	31634.7	31658.2	31681.7	31705.1	31728.6
1700	33845.3	33868.3	33891.3	33914.3	33937.4	33960.4	33983.4	34006.4	34029.4	34052.3
1800	36119	36141.4	36163.8	36186.2	36208.6	36231	36253.4	36275.7	36298.1	36320.4
1900	38322.2	38343.8	38365.4	38387	38408.6	38430.2	38451.8	38473.4	38494.9	38516.5
2000	40437	40457.6	40478.2	40498.8	40519.4	40540	40560.6	40581.2	40601.7	40622.3
2100	42443.1	42462.5	42481.9	42501.3	42520.7	42540.1	42559.5	42578.9	42598.2	42617.5
2200	44316.9	44334.9	44352.9	44370.8	44388.7	44406.6	44424.5	44442.4	44450.3	44478.1
2300	46029.5	46045.7	46061.9	46078	46094.2	46110.3	46126.4	46142.4	46158.5	46174.5
2400	47542.8	47556.7	47570.7	47584.6	47598.5	47612.3	47626.1	47640	47653.7	47667.5
2500	48800.6	48811.6	48822.6	48833.5	48844.4	48855.3	48866.1	48876.9	48887.7	48898.4
2600	49698.4	49704.8	49711.2	49717.5	49723.8	49729.9	49736.1	49742.1	49748.1	49754
2640	49895.5	49898.3	49901	49903.5	49905.9	49908	49910	49911.7	49913.2	49914.3

The volume of the storage tank is 49759.95 l or 49.780 m³ in geometric method. Tank capacity table was performed by geometric method.

Table 4

Table of tank capacity

Depth	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	0.6	1.7	3.2	4.9	6.9	9	11.4	13.9	16.6
100	609	618.1	627.2	636.4	645.6	654.9	664.2	673.5	682.9	692.3
200	1704.1	1716.7	1729.3	1742	1754.7	1767.4	1780.2	1792.9	1805.7	1818.6
300	3095.4	3110.6	3125.7	3140.9	3156.1	3171.3	3186.6	3201.8	3217.1	3232.4
400	4709.9	4727	4744.2	4761.3	4778.5	4795.6	4812.8	4830	4847.3	4864.5
500	6502.3	6521	6539.7	6558.5	6577.2	6596	6614.7	6633.5	6652.3	6671.2
600	8439.7	8459.8	8479.8	8499.8	8519.9	8539.9	8560	8580.1	8600.2	8620.3
700	10496.4	10517.5	10538.6	10559.7	10580.8	10602	10623.1	10644.3	10665.4	10686.6
800	12650.7	12672.6	12694.6	12716.6	12738.6	12760.6	12782.6	12804.6	12826.6	12848.7
900	14883.7	14906.3	14929	14951.7	14974.4	14997.1	15019.8	15042.5	15065.2	15087.9

End of table 4

Depth	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1000	17178.5	17201.7	17224.9	17248.1	17271.3	17294.5	17317.8	17341	17364.2	17387.5
1100	19519.5	19543.1	19566.7	19590.3	19613.9	19637.5	19661.1	19684.7	19708.3	19731.9
1200	21891.9	21915.8	21939.6	21963.4	21987.3	22011.1	22035	22058.8	22082.7	22106.5
1300	24281.7	24305.7	24329.6	24353.5	24377.5	24401.4	24425.3	24449.3	24473.2	24497.2
1400	26674.9	26698.8	26722.7	26746.6	26770.5	26794.4	26818.3	26842.2	26866.1	26890
1500	29057.8	29081.5	29105.3	29129	29152.7	29176.4	29200.1	29223.9	29247.6	29271.3
1600	31416.3	31439.8	31463.2	31486.6	31510	31553.4	31556.8	31580.2	31603.5	31626.9
1700	33736.1	33759.1	33782	33805	33827.9	33850.8	33873.8	33896.7	33919.6	33942.5
1800	36002.1	36024.4	36046.7	36069	36091.4	36113.7	36136	36158.2	36180.5	36202.8
1900	38197.9	38219.4	38241	38262.5	38284	38305.5	38327	38348.5	38370	38391.5
2000	40305.9	40326.4	40347	40367.5	40388.1	40408.6	40429.1	40449.6	40470.1	40490.6
2100	42305.8	42325.2	42344.6	42363.9	42383.3	42402.6	42421.9	42441.2	42460.5	42479.8
2200	44174.3	44192.3	44210.2	44228.1	44245.9	44263.8	44281.7	44299.5	44317.3	44335.1
2300	45882.4	45898.6	45914.7	45930.8	45946.6	45963	45979.1	45995.1	46011.1	46027.1
2400	47392.2	47406.1	47420	47433.9	47447.8	47461.6	47475.4	47489.2	47502.9	47516.7
2500	48647.6	48658.6	48669.6	48680.5	48691.4	48702.2	48713	48723.8	48734.6	48745.3
2600	49544.1	49550.5	49556.9	49563.2	49569.5	49575.6	49581.7	49587.8	49593.8	49599.7
2640	49741	49743.9	49746.6	49749.1	49751.4	49753.6	49755.6	49757.3	49758.7	49759.9

Conclusion

The following conclusions are being made as a result of the survey. These include:

1. Determination of deformation by geodetic measurements using the selected points located on the structure and to check the technical and installation documentation of the storage tank prior to the measurement, the technicality of the surface of the tank wall or the wall of the container to be deformed, the wall thickness, the thickness of the paint wall should be checked.

2. Measuring the deformation of the receptacle, the maximum dimensions of wall expansibility 81.1 mm, -54 mm, and the minimum values are 4 mm and -10 mm.

3. The geometric method of tables was 49.780 m³ and the initial volume was 0.22 m³ or 220 liters of fuel less from the original volume.

4. The results of the laser scanners were 49.914 m³ and the initial volume was 0.086 m³ or 86 liters of fuel less.

Consequently, the deformation of the storage tank will be determined by geodetic measurements and it will be more efficient to measure the capacity of the storage tank by measuring the size of the laser scanners.

REFERENCES

1. Design recommendation for storage tanks and their supports with emphasis on seismic design (2010 edition).
2. The Architectural Institute of Japan: Design Recommendation for Storage Tanks and Their Supports, 1990.
3. Cylinder and horizontal steel tanks. Methods and means of verification MNS 5309: 2003 GOST-8.346-2000.

4. GOST 8.400-80 State system to provide uniformity of measurement. Examples of examples. Method of verification.
5. Petroleum products level meter in removable and settled tanks. Methods and means of verification MNS 5661: 2006.
6. Petroleum products. Inspection of horizontal cylindrical backing tanks. Part 2: Internal test methods for electromagnetic measurements MNS ISO 12917-2: 2014.
7. GOST 9392-89 Level gauge. Technical conditions.
8. GOST 12.4.132-83 Men cloak. Technical conditions.
9. GOST 12.1.011-78 Occupational safety standard system. Hazardous blasting. Classification and test methods.

© Ганзориг Эрдэнэнэмэх, Оюунцэцэг Даш, 2019

ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ КАРТОГРАФИЧЕСКОЙ ОСНОВЫ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТЫ МОНГОЛИИ

Улзийсайхан Ганболд

Монгольский государственный университет науки и технологии, Горно-геологический институт, 14191, Монголия, г. Улан-Батор, Сухбаатарский район 8, Бага тойруу, 34, главный корпус, магистр технических наук, ст. преподаватель кафедры геодезии, тел. (976)1145-2485, (976)9909-8479, e-mail: ulziis@must.edu.mn

Оюунцэцэг Дааш

Монгольский государственный университет науки и технологии, Горно-геологический институт, 14191, Монголия, г. Улан-Батор, Сухбаатарский район 8, Бага тойруу, 34, главный корпус, кандидат технических наук, профессор, зав. кафедрой геодезии, тел. (976)9917-2910, e-mail: daoyunaa@must.edu.mn

Геоморфология изучает тектоническое движение, структуру ландшафта, старение, происхождение, впадины, выпуклую структуру и факторы, влияющие на них природой, физическими и географическими условиями на основе топографических карт. Поэтому геоморфология является промежуточной наукой, объединяющей результаты и методологию географии, геологии и геодезии. Хотя геоморфология – относительно молодая наука, она продолжает расти неуклонно. На сегодняшний день встает задача использования некоторых современных геодезических технологий и методов, таких как наземное лазерное сканирование и БПЛА для создания картографической основы геоморфологических карт Монголии в масштабе 1 : 50 000.

Ключевые слова: топографическая карта, цифровая модель рельефа, наземный лазерный сканер, БПЛА, ортофото.

ISSUES OF CREATION OF A LARGE-SCALE GEOMORPHOLOGICAL BASE MAP OF MONGOLIA

Ulziisaikhan Ganbold

Mongolian University of Science and Technology, School of Geology and Mining, 8th khoroo, 34, Baga toiruu, Sukhbaatar district, Ulaanbaatar, 14191, Mongolia, MSc, Senior Lecturer, Department of Geodesy, phone: (976)1145-2485, (976)9909-8479, e-mail: ulziis@must.edu.mn

Oyuntsetseg Dash

Mongolian University of Science and Technology, School of Geology and Mining, 8th khoroo, 34, Baga toiruu, Sukhbaatar district, Ulaanbaatar, 14191, Mongolia, Ph. D., Professor, Head of Department of Geodesy, phone: (976)9917-2910, e-mail: daoyunaa@must.edu.mn

It is an alternative science, as the geomorphology plays out in a complex geographic, topographic setting in which both the tectonic and climate processes responsible for driving evolution of the topography change in style and intensity. Geomorphology is a relatively young science, growing along with interest in other aspects of the earth sciences in the mid-19th century.

While geomorphological development continues to grow steadily today, there is a need to use some advanced theoretical and mapping techniques. This paper is issued to cover the creation of topographic maps with a scale of 1 : 50 000 of geodetic measurements by terrestrial a laser scanner and an unmanned aerial vehicle (UAV) for geomorphological map.

Key words: topographic map, digital elevation model (DEM), terrestrial laser scanner, unmanned aerial vehicles (UAV), orthophoto.

Introduction

Geomorphology determines the processes of the internal and external forces of the earth, and based on topographic maps and geology maps, remote sensing, aerial photos [1]. The result depends on structure and shape, distortion of the land surface.

Geomorphological research has required a new surveying system with new techniques and technologies based on geographic information system (GIS), remote sensing, modern geomorphological mapping techniques by laser scanners technology, combined with traditional methods. Therefore, it has required an analyzed DEM and 3D digital images, such as hillshade, aspect, slope etc. and topographical map using laser scanner and UAV for the geomorphological map.

Geomorphological map is the categorization and description of the nature, origin and development of landforms. The fundamental framework is that a geomorphic unit can be classified based collectively on its origin and development (process), on its general structure and shape (landform), on measurements of its dimensions and characteristics (morphometry), and on the presence and status of process overprinting (geomorphic generation). This paper will describe creating topographic map scale 1 : 50 000 with UAV and laser scanning results. The basics of all these study will depend on the topo relief and DEM representation.

Subject area

Chosen territory is in Manlai soum, Umnugobi province, it is located in the southern of the Mongolia, in the Gobi Desert (Figure 1).

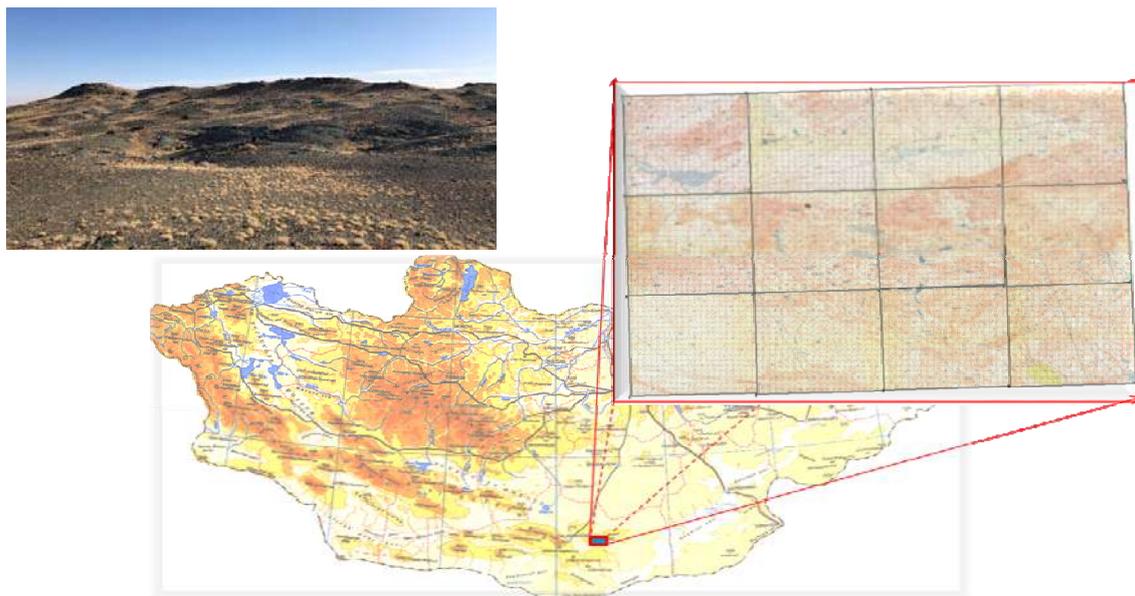


Fig. 1. Area of interest – Ulziit mountain in Manlai soum

It is surrounded by natural scenery of Bayangol, Argalant, Ulziit, Buural Ugalz, Sum suvarga, Haraat dependent mountain ranges between steppe such as Zagiin Us, Bulan Delger, Uudbayar, and Amgalan Gobi. Subject area is destined in 470 km from Ulaanbaatar, 230 km east of the Dalanzadgad, bordering Mandakh soum of Dundgovi province. Umnugobi means South Gobi, whole territory of the sub province locates in gobi desert regions. Unlike the Sahara, there are few sand dunes in the Gobi. The elevation of the subject area varies in the range between 1000 m and 1300 m, with a mean altitude of 1154 m.

Methodology, equipment and processing

Geomorphological map is based on the field study geodetic measurements, high accurate digital elevation model (DEM), topographical map and targeted to use mapping methodology on chosen territory. Mapping methodologies are depending on base map, such as topographic map and geology map, additional other field works using aerial photographs (Figure 2).

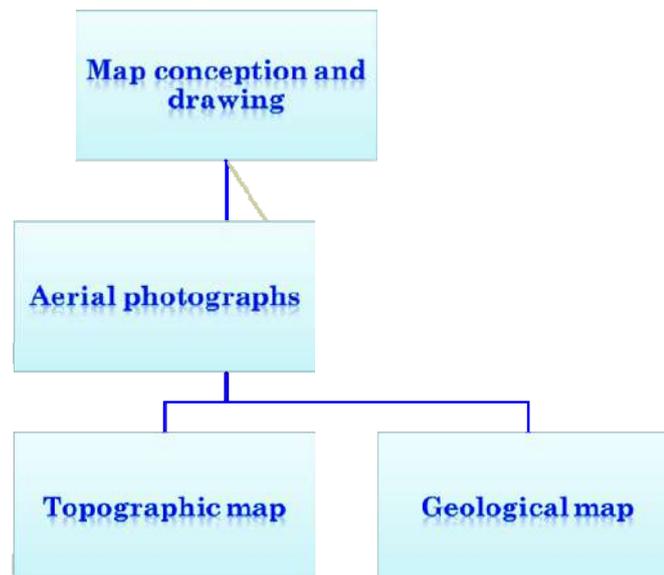


Fig. 2. Brief method of geomorphological mapping

The purpose of research is focused on preparing 1:50000 topographic map, DEM, hillshade, aspect, slope, orientation with indicators and profiles for geomorphology.

In 2009, legal frame about map projection and coordinate system is changed by cabinet decision of Government of Mongolia. In this decision, UTM is must be used to topographic map with various scale [2]. X, Y coordinates of UTM are calculated for topographical map scale with 1 : 50 000. It will connect of geodetic measurement data. UTM is conformal secant transverse cylindrical map projection and scale factor is 0.9996 [3]. Coordinate grid is drawn in AutoCAD and area. Datum and parameters, distortion are shown in following Table 1.

Table 1

Datum and Parameters of UTM projected coordinate system

Datum	WGS 84	
Parameters	a	6378137
	b	6356752.314
	f	0.003352811
	1/f	298.2572236
	r	6367435.68
	k_0	0.9996
	e	0.081819191
Distortions	m	1.00098
	p	1.00099
	ω	0°

In first, topographic surveying with UAV Phantom 4 pro was done in subject area about 40 hectares in November, 2018. The selected technical parameters of “Phantom 4 pro” are as below:

- Weight: 1388 g;
- Sensor: 1” CMOS, Effective pixels: 20M;
- Lens: FOV 84° 8.8 mm / 24 mm;
- Resolution: 5472 × 3648.

Vertical overlap is 80 % and horizontal overlap is 70 %, about 180 images are captured with pixel 5 cm from flight height 180 m. Quality of used UAV digital camera and lens is very important for image processing.

The results of the processing of the aerial images in specialized software are typically orthophoto map, point cloud or DEM for geomorphological mapping. The general workflow for UAV data acquisition and processing is shown in Figure 3.

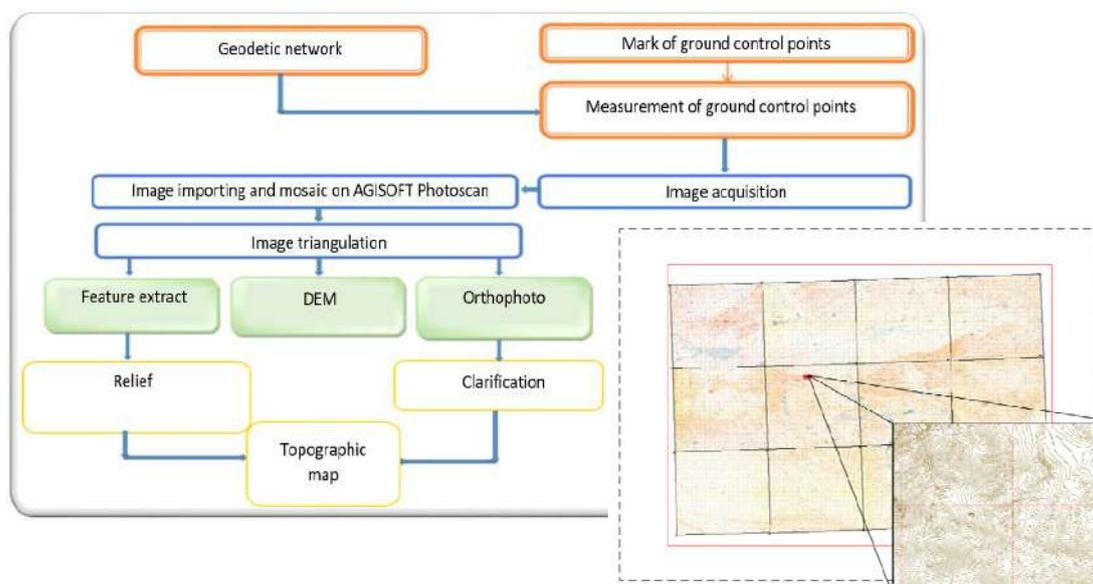


Fig. 3. Workflow for UAV data processing and part of topographic map with scale 1 : 50 000

AGISOFT Photo Scan software can perform the calibration automatically when processing images [4]. The most common method to determine elements of external orientation is the use of ground control points with known coordinates determined by geodetic methods in the field.

The geometric survey was operated with horizontal field-of-view (360°) Trimble FARO HD x130 laser scanner (Figure 4). The laser scanner is a 0.6–130 m reflection, a dynamic frame with a high resolution 170MP camera, 1-million-point data per a second, a measurement error ± 2 mm, and a telescope. The general workflow for laser data acquisition and processing is shown in Figure 5.

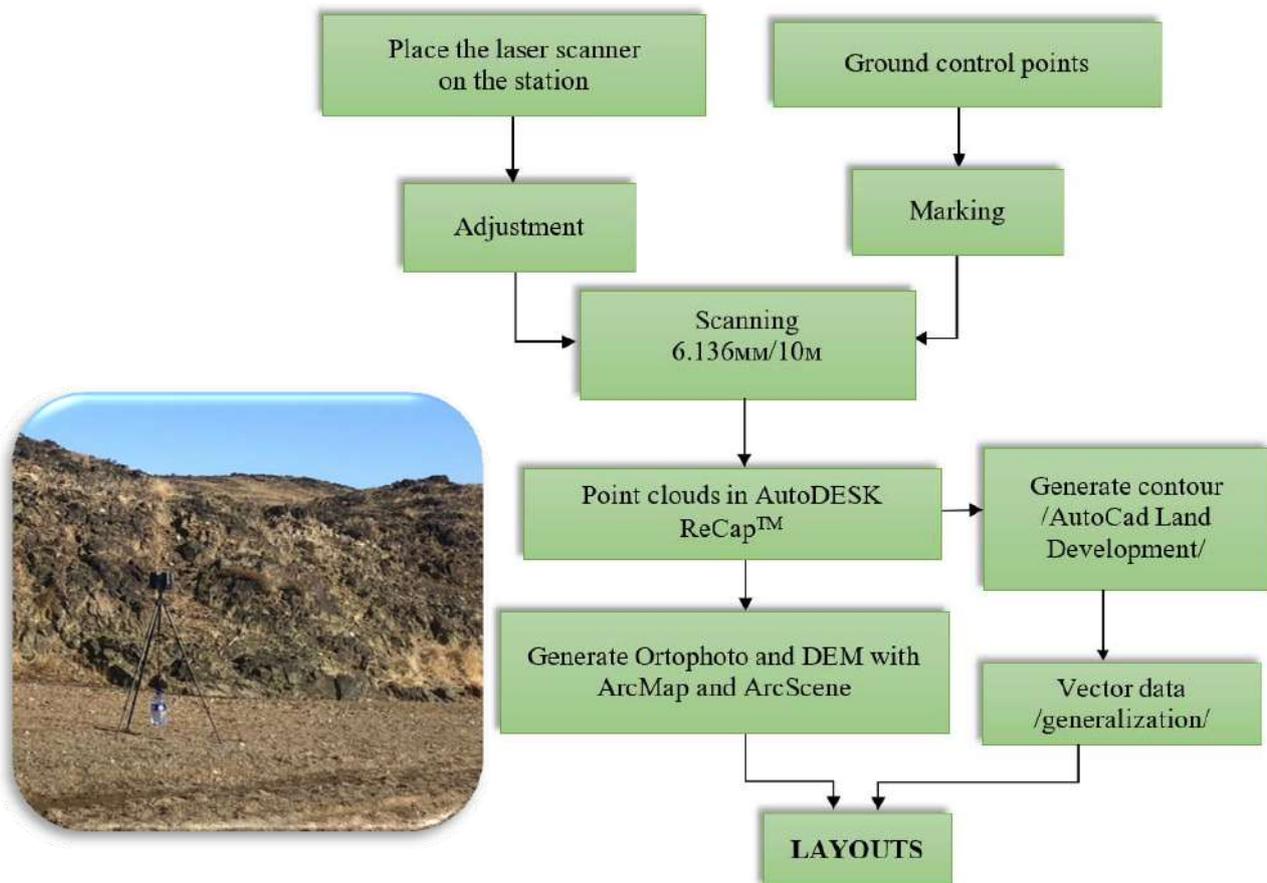


Fig. 4. Workflow for laser data processing of Trimble FARO HD x130 laser scanner

Study was purposed to create DEM and relief, which is an important component of any project dealing with the territory (geomorphology, hydrology, land resources etc.). One mean is the digital elevation model, considers the altitude as continuous variable over the space.

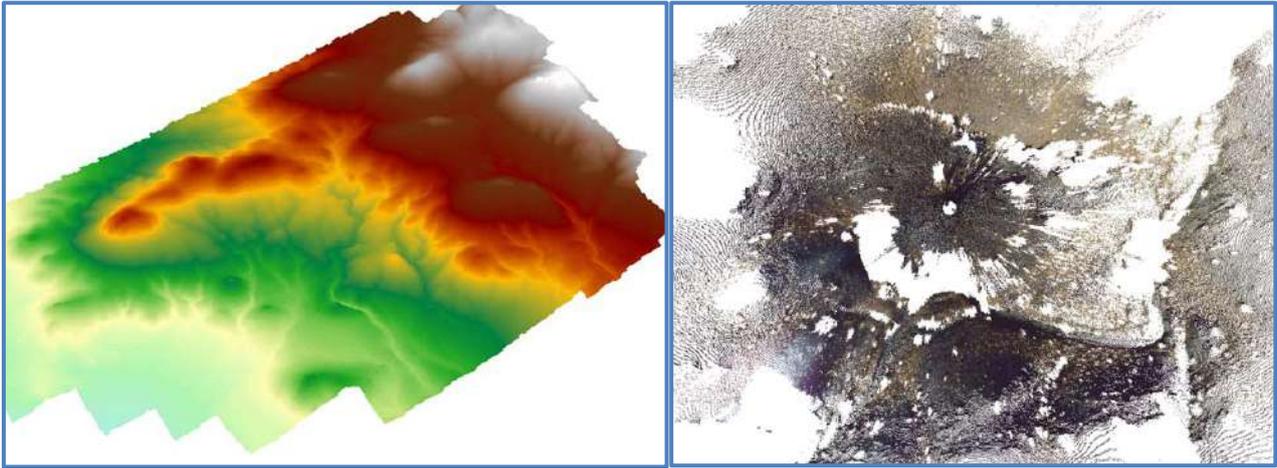


Fig. 5. Point clouds data with 4M points) and acquired a 1m DEM

The digital elevation model corresponds to a regular grid of elevation. Each node of the grid shows an altitude value. Quality value and geometric data of geomorphology map depend on DEM accuracy. Several analyses are used to digital elevation models as below:

- hillshade;
- slope, aspect and orientation indicators;
- curvature indicators;
- visibility analysis and radiation;
- profile and contour extraction.

Created analyzed DEM and slope, aspect by GIS software are shown in Figure 6. Recently analysis is helped for geomorphological mapping and others.

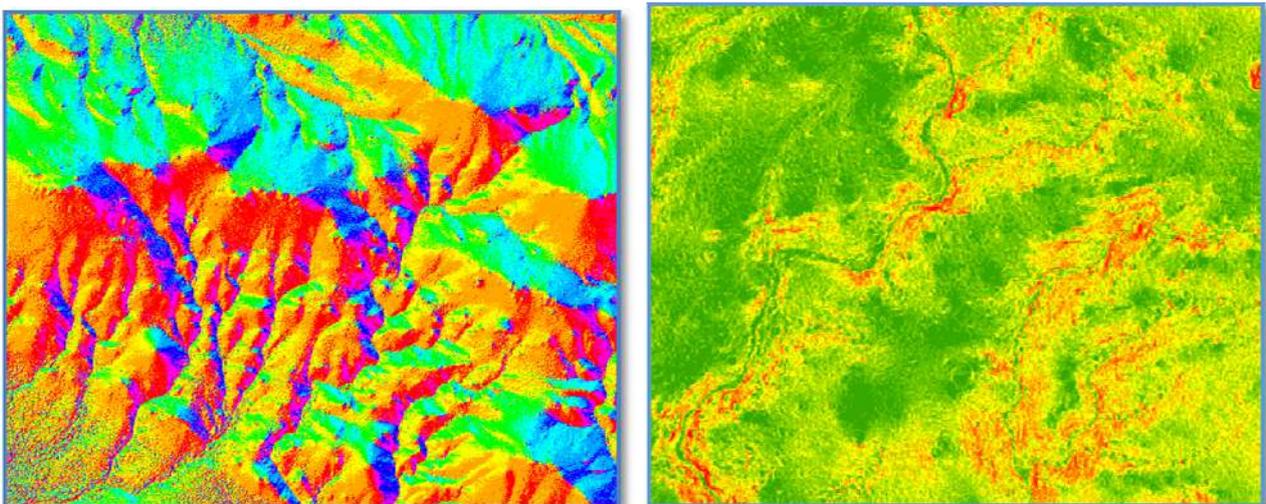


Fig. 6. Analyzed DEM (Slope and Aspect)

Created hillshade raster from the DEM is a grayscale 3D representation of the surface as shown in Figure 7, with the sun's relative position taken into account for shading the image [3]. The sun's position was calculated on date of June 22, latitude is $43^{\circ}20'$, as follow:

$$H_s = 90^{\circ} - \varphi \pm 23.5^{\circ}, \quad (1)$$

where H_s – the sun's position, φ – latitude.

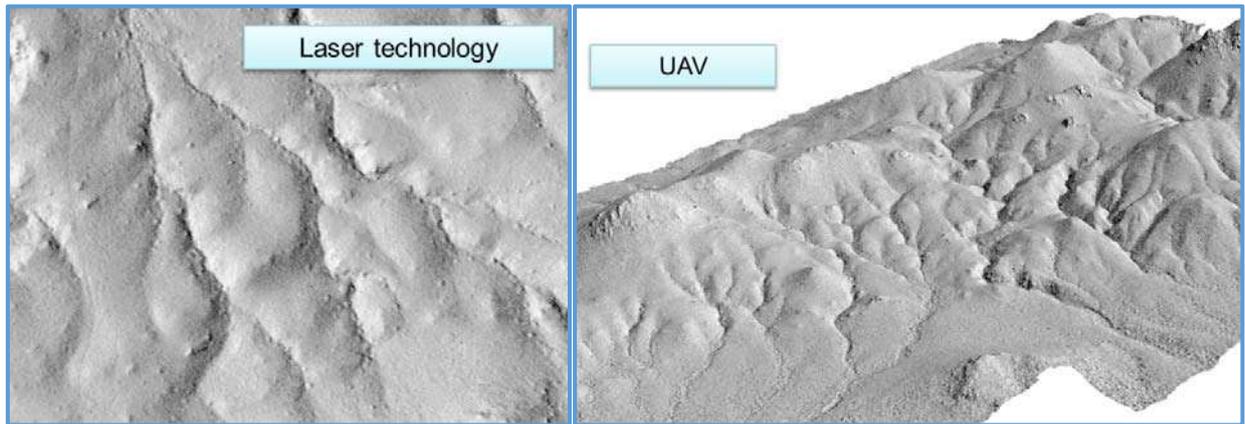


Fig. 7. Hillshade raster by UAV and laser scanner

Acquired a 1m DEM from UAV was overlapped with orthoimage, which is an aerial photographs corrected to scale such that geodetic measurements may be taken directly from perpendicular point. In result, overlapping orthophoto is provided for geomorphological map (Figure 8).

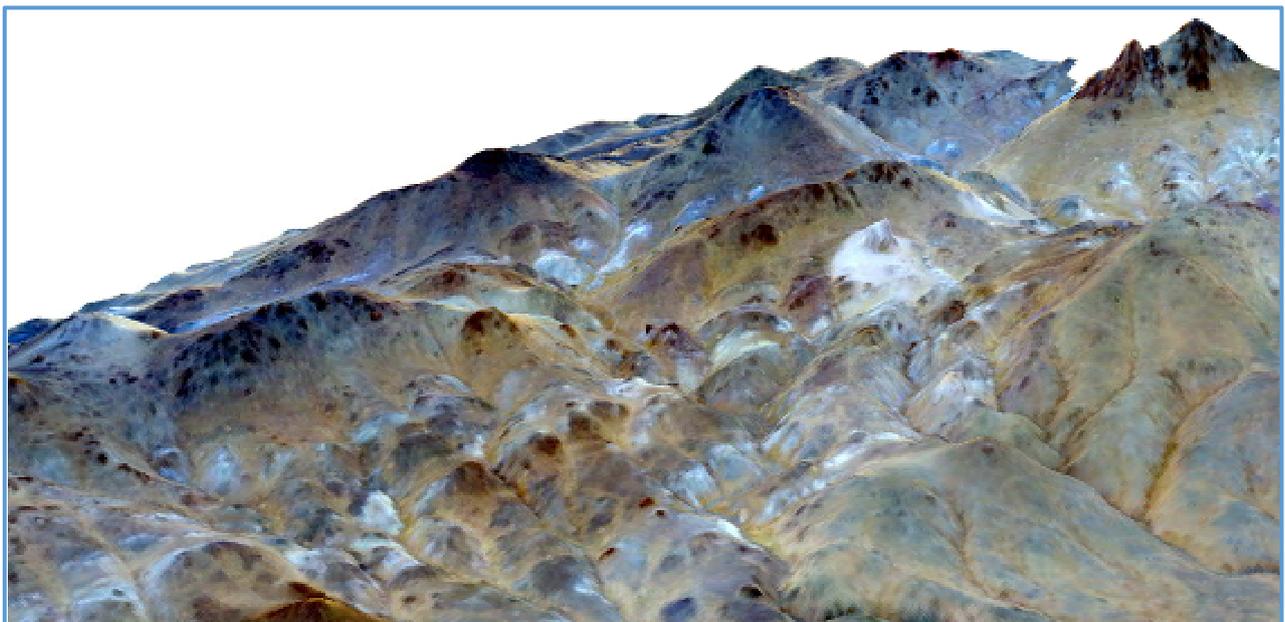


Fig. 8. Overlapping of orthophoto and DEM

Therefore, overlapped orthophoto and topographic map will be geomorphological base map and used to many various geomorphological topics, surveying and monitoring researches.

Conclusion

The main base for preparing geomorphological map is topographic maps and it commonly depends on 3D representing of relief and raster data of DEM. In first, grid lines and X, Y coordinates was calculated on UTM projected coordinate system. Distortions are provided of requirements of topographical surveying. Using aerial photogrammeter technology with UAV for topographic map, can reduce the timing of fieldwork compared to traditional methods, as well as massive amounts of required data. Acquired DEM and overlapped orthophoto are important basis for geomorphology. About the result of laser technology can be used to determine the boundaries of surface, elevation crease, age, lateral slope, and surface shapes. Some of data are limited from point station, in besides that data are more accuracy than UAV.

REFERENCES

1. Bayanjargal B. Nyamkhuu M. Methodological issues in processing medium-scale geomorphological map. 2017 [in Mongolian].
2. Government of Mongolia. Decision of Coordinate system, projections and elevation, 2009 [in Mongolian].
3. Oyuntsetseg D. Ulziisaikhan G. Mathematical Cartography. 2016 [in Mongolian].
4. Peter Blistan. Ľudovít Kovanič, Vladislava Zelizňaková. Using UAV photogrammetry to document rock outcrops, 2016.
5. Colomina, I. and Molina, P.: Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 2014.
6. Bemis, S. P., Micklethwaite, S., Turner, D., James, M. R., Akciz, S., Thiele, S. T. and Bangash, H. A.: Groundbased and UAV-Based photogrammetry: A multi-scale, highresolution mapping tool for structural geology and paleoseismology. Journal of Structural Geology, 2014.
7. Fritz, A., Kattenborn, T. and Koch, B.: UAV-based photogrammetric point clouds tree stem mapping in open stands in comparison to terrestrial laser scanner point clouds, international Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 2013.
8. The Future of Geomorphology Olav Slaymaker* Department of Geography, University of British Columbia 2008.
9. Snyder, John P. Flattening the earth: two thousand years of map projections. University of Chicago Press, 1993.
10. Choosing a World Map. Falls Church, Virginia: American Congress on Surveying and Mapping, 1988.
11. American Cartographic Association's Committee on Map Projections, 1986.
12. Understanding Map projections, GIS by ESRI, 2004.

© *Улзийсайхан Ганболд, Оюунцэцэг Даш, 2019*

КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ТУРИЗМА В МОНГОЛИИ

Оюунханд Бямба

Монгольский государственный университет, Институт науки, Монголия, г. Улан-Батор, 2-й корпус, магистр технических наук, преподаватель кафедры географии; Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, аспирант кафедры картографии и геоинформатики, тел. (976)11-75754400, (976)11-96028580, e-mail: oyunkhand_55@yahoo.com, b.oyunkhand@num.edu.mn

Елена Леонидовна Касьянова

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

В статье рассмотрено современное состояние и дальнейшее развитие туризма в Монголии, его картографирование. Туризм Монголии является одним из приоритетных направлений экономики и играет важную роль в обеспечении экономического роста и социально-культурного благополучия страны. В стране существует огромный потенциал и возможность для успешного развития туризма, используя богатые природные и культурно-исторические ресурсы страны и кочевой образ жизни. В статье кратко представлены туристические регионы, которые особенно привлекательны для иностранных и отечественных туристов и экскурсантов, и которые необходимо отразить на туристских картах Монголии. Количество иностранных туристов и налоговых поступлений в бюджет подтверждает актуальность развития туризма в Монголии.

Ключевые слова: туризм, туристический поток, налоговые поступления, туристский потенциал, туристские регионы.

MAPPING OF TOURISM IN MONGOLIA

Oyunkhand Byamba

National University of Mongolia, School of Science, Building 2, Ulaanbaatar, Mongolia, MSc, Lecturer, Department of Geography; Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D. Student, Department of Cartography and Geoinformatics, phone: (976)11-75754400, (976)11-96028580, e-mail: oyunkhand_55@yahoo.com, b.oyunkhand@num.edu.mn

Elena L. Kasyanova

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D., Associate Professor, Department of Cartography and Geoinformatics, phone: (383)361-06-35, e-mail: helenkass@mail.ru

The article considers the current state and further development of tourism in Mongolia, its mapping. Tourism in Mongolia is one of the priority areas of the economy and plays an important role in ensuring the economic growth and socio-cultural well-being of the country. The country has a huge potential and opportunity for the successful development of tourism, using natural, cultural and historical resources of the country and the nomadic way of life. The article presents the tourist regions, which are particularly attractive for foreign and domestic tourists, tourists, and should be

shown in the tourist maps of Mongolia. The number of foreign tourists and tax revenues to the budget confirms the relevance of the development of tourism in Mongolia.

Key words: tourism, tourist flow, tax revenues, tourism potential, tourist regions.

Туристско-рекреационный комплекс представляет собой один из популярнейших видов активного отдыха, который все более становится неотъемлемой составляющей жизни человека в его стремлении к познанию новых мест, достопримечательностей, норм и правил бытия различных народов. Туризм в Монголии играет одну из ключевых ролей в обеспечении экономического роста и социально-культурного благополучия страны, и способствует формированию ее позитивного международного имиджа.

Современная туриндустрия не может обходиться без различных карт и схем, причем не только изданных на бумаге, но и представленных в электронном виде. Современный турист имеет в своем арсенале не только котелок и рюкзак, но и ноутбук, смартфон или планшет. Различные виды туризма (пеший, водный, авто- и проч.) нуждаются в разнообразных картах и схемах.

По статистическим данным Министерства окружающей среды и туризма Монголии за 2018 г. сумма налоговых поступлений в бюджет от туризма достигла 562,5 млн долларов, что на 168,7 млн (29,6 %) больше чем в 2017 г. (рис. 1) [12].

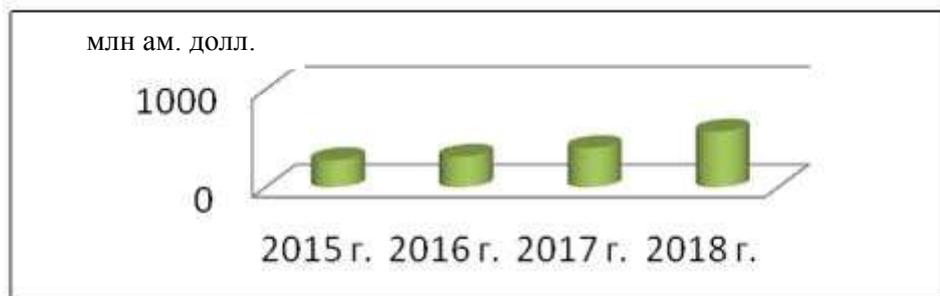


Рис. 1. Налоговые поступления в бюджет Монголии от туристской индустрии

По данным 2018 г. 529 370 иностранных туристов посетили Монголию. Поток интуристов увеличился на 58 276 (11,01 %) по сравнению с предыдущим годом (рис. 2) [12].

В составе интуристов лидируют граждане Китая, России, Южной Кореи, Японии, США. Большое количество туристов приезжает также из Казахстана, Германии и Франции. Из соседних с Монголией стран приезжают посетители, доля которых во въездном потоке составляет 55,4 % [12].

Надо отметить, что большая часть туристов прибывает в Монголию с целью рассмотрения кочевого образа жизни, бескрайних степей и пустынь, нетронутых участков дикой природы.

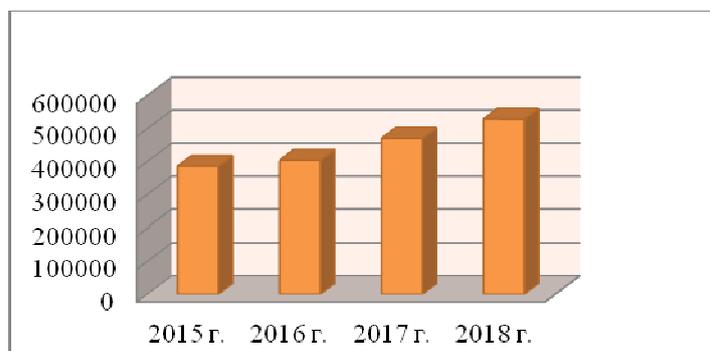


Рис. 2. Количество интуристов по годам

Из общего количества прибывших в Монголию (на 2018 г.):

- по служебным делам 10,27 %;
- по личным делам 34,68 %;
- с туристической целью 41,97 %;
- транзитных пассажиров 0,73 %;
- другие 8,39 % (рис. 3) [12].

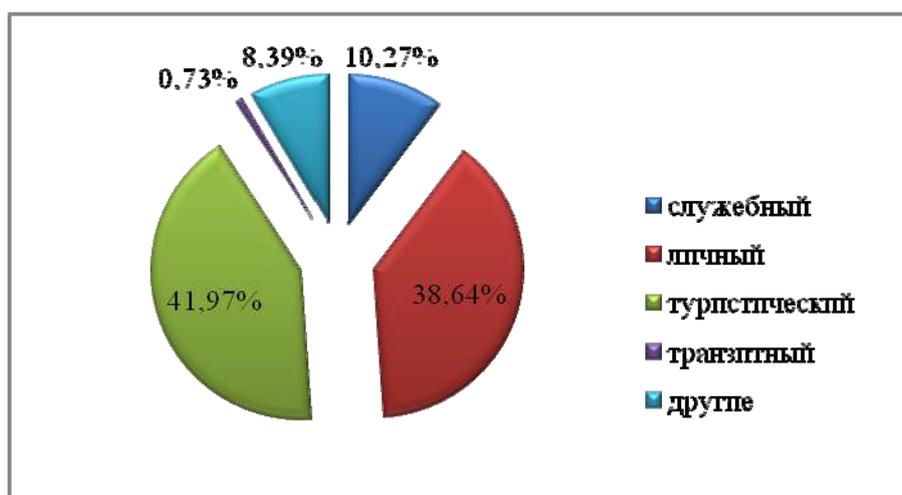


Рис. 3. Количество приезжающих в Монголию с разной целью

Специалисты туристической отрасли разных стран высоко оценивают рекреационные ресурсы Монголии: огромная территория, расположенная в нескольких климатических поясах, разнообразие ландшафтов, наличие нетронутых участков дикой природы. Они считают, что Монголия очень перспективная страна для успешного развития как внутреннего, так и иностранного туризма.

1954–1990 гг. считаются периодом основного развития туризма в Монголии и являются новым и молодым сектором экономики. В 1954 г. туристическая компания «Жуулчин» была создана при Министерстве внешней торговли как «Бюро обслуживания иностранных туристов». Она предоставляла услуги

туристам-охотникам и группам туристов стран социалистического содружества, в результате чего было положено начало развития туризма в Монголии.

С 1990 г. Монголия перешла на новую социально-экономическую систему и в 1991 г. стала членом Всемирной Туристической Организации (ВТО), что дало возможность для развития международного туризма, налаживания связей с США, Японией, Южной Кореей и т. д. 1990-е гг. в Монголии привели к развитию туристского бизнеса согласно международного стандарта.

В связи с этим в 1990–2001 гг. развивается рыночная экономика и открываются новые туристские компании. Кроме того, создано Агентство по туризму при Министерстве окружающей среды и туризма с целью управления перспективным развитием туризма в Монголии.

5 мая 2000 г. был утвержден закон о Туризме, он является фундаментом правового положения для туристического бизнеса. Министерством окружающей среды и туризма 29 июня 2015 г. была утверждена национальная программа «Стратегия развития туризма в Монголии на период до 2021 г.». Основная цель программы – создание условий для устойчивого развития туризма в Монголии и увеличение к 2021 г. количества иностранных туристов, посещающих страну до миллиона человек [11]. Для реализации данной программы необходимо четкое представление об имеющемся туристском потенциале по регионам и их эффективном использовании в социально-экономическом развитии страны.

Территория Монголии располагает разнообразными туристическими ресурсами и дает туристам возможность познакомиться с культурными и природными богатствами. Древняя история, уникальный ландшафт и традиционный образ жизни кочевых народов, обычаи, традиции дают туристам незабываемые впечатления. На современном этапе развития туризма предлагаются различные его виды:

- туры пешие, на лошадях, на верблюдах;
- охота и рыбалка;
- экскурсии по интересным историческим и культурным местам.

Это самые популярные виды досуга, давно освоенные иностранными гостями страны.

Культура Монголии многовековая и представлена как археологическими памятниками – наскальной живописью и руинами древних поселений, так и средневековыми буддийскими монастырями и храмами.

Сегодня на территории Монголии обнаружено около 9 400 древних исторических и культурных объектов, из них:

- 190 наскальных рисунков и надписей;
- 101 развалина древних поселений;
- 1200 олених камней и 440 каменных изваяний;
- 16 буддийских монастырей, храмов и дворцов,
- 7600 могильников.

Некоторые из них находятся в Хентийском аймаке, связанных с жизнью Чингис-хана и Монгольской империи.

Теперь в Монголии насчитывается всего 534 турбаз, из которых 40,76 % находятся в Уланбаторе и его окрестностях, 59,24 % в сельских местах (рис. 4) [12].

В сельской местности насчитывается 340 турбаз, из которых 40 % находятся в Центральном, 21,8 % в Хубсугуле, 9 % в Увурхангай и 7,35 % Умнуговь аймаках [12].

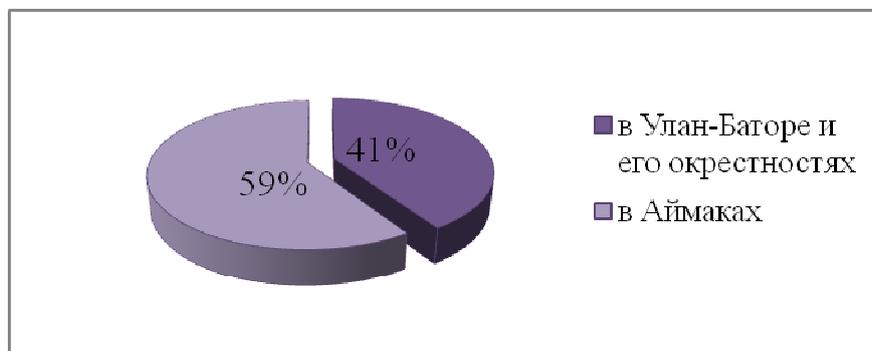


Рис. 4. Количество туристических баз

В рамках реализации национальной программы по развитию туризма каждый регион создал свои неповторимые туристические маршруты в соответствии со спецификой и особенностями культуры и традиций.

Наиболее посещаемыми местами туристов являются: Центральный аймак (Улан-батор и его окрестности), Хубсугул, Умнуговь и Увурхангай аймаки.

Центральный аймак первый по количеству турбаз, так как на его территории находится Уланбатор. Ведь обычно путешествие по Монголии начинается с Уланбатора, расположенного в долине реки Туул и окруженного горами. Самые посещаемые места в столице – многочисленные буддийские монастыри (Гандантэгченлин, храм-музей Чойжин лама, дворец Богдыхана, парки Будды), национальный исторический музей, музей изобразительного искусства им. Занабазара, художественная галерея во Дворце культуры. В окрестностях Уланбатора находятся национальные парки Хустайн нуруу (50,6 тыс. га) и Горхи-Терелж (293,1 тыс. га), образованные в 1993 г. [2,11]. Новым символом Монголии является 40-метровая статуя Чингисхана и организованный вокруг нее туристический комплекс, расположенный в 50 км от столицы. Внутри него находится музей, где хранятся копия легендарного золотого кнута и карта завоеваний. Если подняться на смотровую площадку на голове коня, то с нее открывается восхитительный панорамный вид на окрестности. В столице регулярно работают 210 гостиниц, 322 мотеля, 30 курортов, 6 санаториев, 234 турбазы, 40 семейных отелей [12].

Хубсугул аймак – любимое место отдыха туристов, основным объектом которого является живописное озеро Хубсугул, привлекающее туристов красотой таежной природы, жизнью цаатан-оленоводов и отменной рыбалкой. Оно одно из самых больших и прозрачных озер не только в Монголии, но и в Азии, протянулось на 136 км в длину, шириной в 36,5 км [4]. Его глубина достигает до

262 м. Озеро Хубсугул входит в национальный парк (образован в 1992 г., территория которого охватывает площадь в 838 тыс. га. Вокруг озера построено более 74 турбаз, 16 гостиниц, 17 санаториев, 14 мотелей, 130 семейных отелей, где останавливаются приезжающие на Хубсугул [12].

Умнуговь аймак известен национальным парком Гоби-Гурван-Сайхан (Гурвансайхан), часто посещаемый иностранными туристами. Это один из крупнейших национальных парков Монголии, расположенный на севере пустыни Гоби. Он был создан в 1993 г., а в 2000 г. его территория была увеличена до 2694,7 тыс. га [2,11]. Наиболее известен вытянутый на 180 км узкий песчаный массив Хонгорын-Элс (Светло-рыжие пески), некоторые дюны которого достигают в высоту 100 метров и несколько сот метров в ширину. Также в парке расположено известное ущелье Ёлын-Ам, на дне которого круглый год сохраняется вечный снег. На территории парка и к северу от него находятся знаменитые кладбища динозавров, возраст некоторых из них оценивается в 80 миллионов лет. Также по пустыне разбросаны юрточные турбазы, которые включаются в экскурсионные маршруты туристов. В Умнуговь находятся 25 турбаз, 61 гостиница, 4 курорта, 10 мотелей, 48 семейных отелей [12].

Увурхангай аймак расположен в центральной части страны, богат историческими и архитектурными достопримечательностями. Город Хархорум расположен на севере Увурхангай, в долине реки Орхон, который в 2004 г. внесен в список объектов Всемирного наследия ЮНЕСКО. Его главная достопримечательность Хархорума – развалины древнего города Хархорум, основанного Чингисханом в 1220 г., и монастырь Эрдэнэ-Дзу – один из древнейших буддийских монастырей, основанный в XVI в. В 2011 г. был открыт музей, экспозиция которого состоит из археологических находок, обнаруженных на развалинах Хархорума. В настоящее время в аймаке Увурхангай насчитывается 30 турбаз, 7 гостиниц, 6 курортов, 3 санатория, 31 семейный отель [12].

Заключение

Все приведенные данные должны быть использованы при разработке содержания туристских карт, создаваемых на территорию Монголии.

Туризм в Монголии стал одним из основных секторов экономики развивающимся и быстро растущим. Поддержка и развитие туризма правительством страны остаются актуальными направлениями социально-экономического развития Монголии. После принятия национальной программы по развитию туризма в Монголии на период до 2021 г. предлагается:

- расширить сотрудничество между государственными органами, общественными и частными организациями;
- активизировать зарубежное сотрудничество и маркетинговое продвижение туристического сектора;
- развивать исследовательскую и информационную систему туризма, повышать качество и доступность информации для туристов;

– создать благоприятные налоговые условия для развития туристских регионов;

– обеспечить развитие человеческого ресурса сектора туризма.

Результаты исследования позволяют выделить основные особенности и преимущества туристического потенциала.

Развитие туристической отрасли повышает требования к качеству информационного обеспечения. В связи с этим возникает необходимость комплексного отражения туристического пространства.

Для полной оценки историко-культурных, архитектурных памятников, интересных объектов природы необходимо провести их комплексный пространственный анализ и отображение на картографических материалах.

Раньше использовались отпечатанные на бумаге туристские карты, на которых отображались только некоторые объекты туризма с помощью значков (рис. 5).

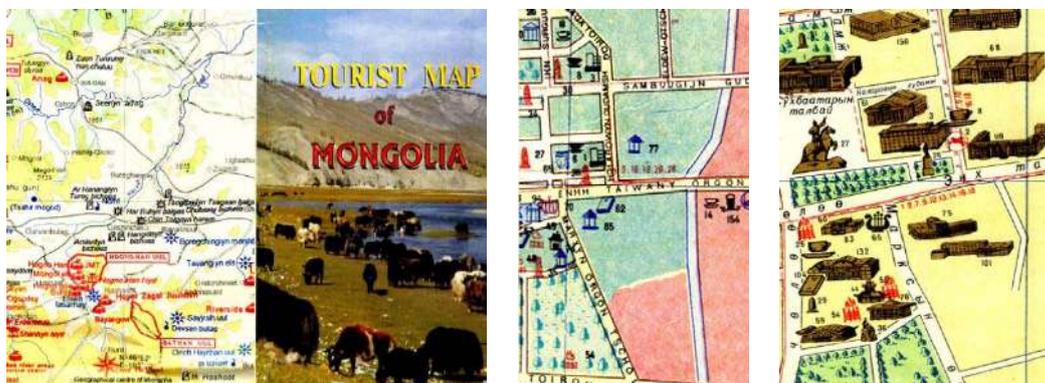


Рис. 5. Фрагменты туристских карт

Эти карты передавали только расположение туристических, природно-исторических и культурных объектов. Невозможно было отображать все объекты полностью и детально, только основные. Это зависело от масштаба карты и формата бумаги. С развитием компьютерных технологий и программного обеспечения стало возможным отображать на картах и в картографических модулях туристских ГИС 3D-модели объектов, интересующие туристов.

Особенно важно ГИС-картографирование с целью управления туристской индустрией, информационной поддержкой иностранных и отечественных туристов. В рамках реализации Национальной программы развития туризма необходимо создать комплексную систему туристической информации в Монголии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. National Registration and Statistics office. Mongolian Statistical Yearbook 2017 : справочник. – Улан-Батор, 2017. – 413 с.
2. Myagmartseren D. Special protected areas of Mongolia : монография. – Улан-Батор, 2000. – 190 с.

3. Дашням Л., Очир А., Уртнасан Н., Цэвээндорж Д. Монгол нутаг дахь түүх соёлын дурсгал : справочник. – Улан-Батор : Монголын Хүмүүнлэгийн Ухааны Академи, 1999. – 286 с.
4. Шагдар Ш. Монгол орноор жуулчлах Зуун зам : монография. – Улан-Батор, 2003. – 319 с.
5. Намнандорж О. Монгол орны гайхам сонин : монография. – Улан-Батор, 1967. – 180 с.
6. Буянбадрах Ч. Монгол орны лавлах : монография. – Улан-Батор, 2003. – 380 с.
7. Энхтайван Д. Хөвсгөлийн мужийн аялал жуулчлалын өнөөгийн байдал, хэтийн төлөв // Географические вопросы. – 2003. – Вып. 3 (ISBN 99920-76-01-2). – С. 195–206.
8. Bilegsaikhan M., Chinbat B., Natural recreation geography of Ulaanbaatar region : монография. – Ulaanbaatar, 2009. – 205 с.
9. Оюунгэрэл Б. Тусгай хамгаалалттай газар нутгийн зохистой сүлжээний хэтийн төлөв // Географические вопросы. – 2003. – Вып. 3 (ISBN 99920-76-01-2). – С. 159–171.
10. Национальное статистическое управление Монголии. Единая статистическая база данных Монголии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.1212.mn/Stat.aspx?LIST_ID=976_L18&type=tables (дата обращения: 01.26.2019).
11. Об утверждении национальной программы Монголии «Развитие туризма» до 2021 года [Электронный ресурс] : постановление Правительства Монголии от 04.08.2015 № 334. – Режим доступа: <https://www.legalinfo.mn/annex/details/6964?lawid=11386> (дата обращения: 05.03.2019).
12. Министерство окружающей среды и туризма [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://eic.mn/index_spa.php (дата обращения: 10.02.2019).
13. Горина К. В., Новикова М. С., Соловова А. Т., Багова В. З. Туристические районы Забайкальского края [Электронный ресурс]. – Mode of access: https://elibrary.ru/download/elibrary_26165544_72465188.pdf (дата обращения: 25.11.2018).
14. Горбунова О. В., Михайлин А. Н. Роль и принципы туристического районирования в Болгарии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://elibrary.ru/download/elibrary_32819239_74786050.pdf (дата обращения: 25.11.2018).
15. Кирильчук С.П., Наливайченко Е.К. Развитие туристско-рекреационного комплекса Крыма [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://elibrary.ru/download/elibrary_32245943_99129006.pdf (дата обращения: 25.11.2018).
16. Развитие туризма в Современной Монголии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.nomadic.ru/upload/library_articles/files/v_mongolii_1396517309.pdf (дата обращения 01.03.2019).
17. Карта «Tourist map of Mongolia, Scale 1 : 2100 000». – Улан-Батор, 2017.
18. Туристический атлас Монголии «Tourist atlas of Mongolia, Scale 1 : 4800 000». – Улан-Батор, 2009. – 73 с.
19. ГУГиК Монголии и СССР. Национальный атлас МНР. – М. ; Улан-Батор, 1990. – 143 с.
20. Uglugchingol Site, Mongolia, “Report of the Research of Overseas Antiquities of the National Museum of Korea, the National Museum of Mongolian history, the Institute of History, Mongolian Academy of Sciences. – Ulaanbaatar, 2001. Vol. I. – P. 127–139.
21. Ган-Өлзий Г. Хөх тэнгэрийн орноор: справочник туристов. – Улан-Батор : Мөнхийн үсэг, 2015. – 97 с.

© Оюунханд Бямба, Е. Л. Касьянова, 2019

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ФУНКЦИИ ПО ИНТЕГРАЛЬНЫМ ДАННЫМ НА ЛОМАНЫХ И ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СТРУКТУРА ОБЪЕКТА

Акбар Хасанович Бегматов

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, доктор физико-математических наук, профессор кафедры высшей математики, тел. (383)343-25-77, e-mail: begah@ngs.ru

В работе рассматриваются задачи восстановления функции по известным интегралам от нее с заданной весовой функцией на ломаных в полосе и соответствующие интегральные уравнения первого рода типа Вольтерра. Изучены вопросы единственности и устойчивости решения рассмотренных задач, получена формула обращения. Исследуются проблемы численного решения рассмотренных задач.

Ключевые слова: обратная задача, задачи интегральной геометрии, интегральные уравнения Вольтерра, уравнения первого рода, некорректные задачи, численное решение.

RECOVERY OF A FUNCTION FROM INTEGRAL DATA ON BROKEN LINES AND SPATIAL STRUCTURE OF AN OBJECT

Akbar H. Begmatov

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, D. Sc., Professor, Department of Higher Mathematics, phone: (383)343-25-77, e-mail: begah@ngs.ru

We consider problems of function recovery from its given integrals with known weight function over broken lines in a strip and connected first kind integral equations of Volterra type. Uniqueness and stability questions for considered problems are studied, inversion formula is obtained. Problems of numerical solution of the considered problems are investigated.

Key words: inverse problem, integral geometry problems, Volterra integral equations, first kind equations, ill-posed problem, numerical solution.

Введение

Изучается задача определения функции, если всюду в полосе известны интегралы от этой функции с заданной весовой функцией по ломаным, которые однозначно параметризуются при помощи координат своих вершин [1, 2]. Эта обратная задача связана с задачей определения важнейших параметров среды или объекта по наблюдаемым интегральным данным этих параметров ([3, 4]).

С математической точки зрения задача сводится к исследованию решения специального интегрального уравнения Вольтерра первого рода [5]. Эта задача является некорректно поставленной. Отметим, что в виде табличных данных с погрешностью может быть задана не только правая часть уравнения, но и ядро интегрального оператора, что также влечет за собой существенные трудности исследования.

В работе изучаются вопросы единственности и устойчивости решения математической модели задачи. Предлагается метод ее приближенного решения. Показано, что такой метод может послужить основой нового конструктивного метода построения регуляризирующего алгоритма для данной задачи.

Постановка задачи

Введем обозначения, которые будем использовать далее:

$$(x, y) \in R^2, \quad (\xi, \eta) \in R^2, \quad \lambda \in R^1, \quad \mu \in R^1,$$

$$L_H = \{(x, y) : x \in R^1, y \in [0, H], H < \infty\}.$$

В полосе L_H рассмотрим семейства ломаных, которые определяются соотношениями

$$\Gamma(x, y) = \{(\xi, \eta) : |x - \xi| = y - \eta, 0 \leq y \leq H\}.$$

Сформулируем математическую модель задачи восстановления структуры среды в полосе по ее интегральным характеристикам на ломаных: *восстановить функцию двух переменных $u(x, y)$, если в полосе L_H известны интегралы от нее по кривым семейства $\{\Gamma(x, y)\}$ с весовой функцией $g(x, y)$:*

$$\int_{\Gamma(x, y)} g(x, \xi) u(x, y) d\xi = f(x, y). \quad (1)$$

Пусть функция $f(x, y)$ известна для всех $(x, y) \in L_H$, весовая функция имеет экспоненциальный вид.

Тогда решение уравнения (1) в классе $C_0^2(L_H)$ единственно и имеют место оценки его устойчивости

$$\|u(x, y)\|_{W_2^{0,1}} \leq C_1 \|f(x, y)\|_{W_2^{2,2}}, \quad (2)$$

здесь C_1 – некоторая константа.

Интегральные преобразования и оценки устойчивости

Уравнение (1) можно представить в следующем виде:

$$\int_0^y [u(x-h, \eta) + u(x+h, \eta)] e^{-(y-\eta)} d\eta = \frac{1}{\sqrt{2}} f(x, y), \quad (3)$$

где $h = y - \eta$.

Применим к обеим частям уравнения (3) преобразование Фурье по первой переменной x :

$$\hat{f}(\lambda, y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{i\lambda x} \int_0^y [u(x-h, \eta) + u(x+h, \eta)] e^{-(y-\eta)} d\eta dx.$$

Получим уравнение

$$\int_0^y \hat{u}(\lambda, \eta) \cos(\lambda(y-\eta)) e^{-(y-\eta)} d\eta = \hat{\phi}(\lambda, y), \quad (4)$$

где $\hat{\phi}(\lambda, y) = \frac{1}{2\sqrt{2}} \hat{f}(\lambda, y)$.

Применим к уравнению (4) преобразование Лапласа по переменной y :

$$\tilde{\phi}(\lambda, p) = \int_0^{+\infty} e^{-py} \int_0^y \hat{u}(\lambda, \eta) \cos(\lambda(y-\eta)) e^{-(y-\eta)} d\eta dy, \quad (5)$$

Таким образом, из уравнения (5) получаем:

$$\tilde{u}(\lambda, p) \cdot I(\lambda, p) = \tilde{\phi}(\lambda, p), \quad (6)$$

где $\tilde{u}(\lambda, p) = \int_0^{\infty} e^{-p\eta} \hat{u}(\lambda, \eta) d\eta$, $\tilde{\phi}(\lambda, p) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} e^{i\lambda y} \hat{\phi}(\lambda, y) dy$.

Из формулы (6), обращая интегральные преобразования Фурье – Лапласа, можно получить формулу обращения и оценку устойчивости (2).

Численный эксперимент

Для получения достаточно хорошего приближенного решения рассматриваемых задач требуется регуляризация. Отметим, что методы регуляризации интегральных уравнений Вольтерра первого рода, не нарушающие их вольтерровость, позволяют, как правило, создать не менее надежные и существенно более быстрые алгоритмы обращения, чем классический метод регуляризация по Тихонову.

В работе получен дискретный аналог интегрального уравнения (1) с учетом табличных данных. Затем исследуется обратная задача устойчивого решения (1). Вводится равномерная сетка в прямоугольной области $D = [a, b] \times [c, d]$. Отыскиваем приближенные решения задачи на этом прямоугольнике. Способ решения основан на применении метода конечно-разностных схем для численного дифференцирования в частных производных.

Результаты вычислительного эксперимента для тестовой функции полиномиального вида проиллюстрированы ниже (рис. 1, 2).

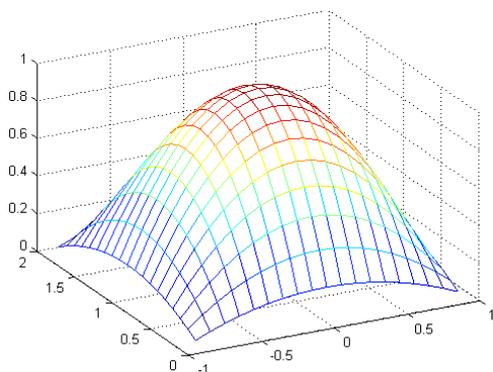


Рис. 1. Точное решение

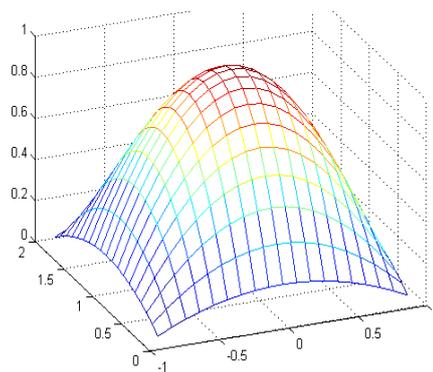


Рис. 2. Приближенное решение

Заключение

В работе рассматривается математическая модель задачи восстановления структуры объекта по интегральным характеристикам основных параметров. Восстановление производится по наблюдаемым данным вне данного объекта.

С математической точки зрения задача представляет собой задачу обращения интегрального оператора с известной весовой функцией, заданного на линейных многообразиях. Изучаются соответствующие интегральные уравнения Вольтерра первого рода. Получена явная формула обращения и оценки устойчивости, использующие производные не выше второго порядка от данных задачи.

Проведен численный эксперимент, результаты которого показывают хорошее совпадение с аналитической формулой обращения. Таким образом, в работе получены теоретические основы разработки эффективного алгоритма численного решения обратной задачи (1).

Рассмотренная в работе модель и полученные результаты по алгоритму ее аналитического и численного решения могут быть использованы в задачах геоинформационной обработки пространственных данных при математическом моделировании земной поверхности, а также объектов на этой поверхности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Begmatov A. H. Inversion of X-ray Transforms with Incomplete Data in n-Dimensional Space // International forum on strategic technology, IFOST 2016, Novosibirsk, Russia, 1–3 June 2016: Conference proceedings. Part 3. – Novosibirsk, 2016. – P. 99–101.
2. Begmatov A. H., Djaykov G. M. Numerical Recovery of Function in a Strip from Given Integral Data on Linear Manifolds // International forum on strategic technology, IFOST 2016, Novosibirsk, Russia, 1–3 June 2016: Conference proceedings. Part 1. – Novosibirsk, 2016. – P. 478–483.
3. Natterer F. and Wubbeling F. Mathematical Methods in Image Reconstruction. SIAM, Philadelphia, PA, 2001.

4. Begmatov Akbar H. Volterra-type integral geometry problems // Integral methods in science and engineering, B. Bertram, C. Constanda and A. Struthers, Eds., Research Notes in Mathematics Series, 418. – Chapman&Hall/CRC, Boca Raton, Fl, 2000. – P. 46–50.

5. Бегматов А. Х. О единственности решения задачи интегральной геометрии вольтерровского типа на плоскости// Доклады Академии наук. – 2009. – № 4 (427). – С. 439–441.

© А. Х. Бегматов, 2019

УДК 528.91: 004.9

DOI: 10.33764/2618-981X-2019-1-2-102-110

РАСШИРЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ ЕМКОСТИ ТРАДИЦИОННЫХ КАРТ С ПОМОЩЬЮ QR-КОДОВ

Дмитрий Витальевич Лисицкий

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

Алексей Александрович Колесников

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

Елена Владимировна Комиссарова

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

Анна Юрьевна Сотникова

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, обучающийся, тел. (913)209-44-21, e-mail: sotnikova_1998@inbox.ru

Несмотря на достаточно хорошую степень исследованности традиционных печатных карт, тем не менее еще можно найти новые способы увеличения информационной емкости карты и тем самым частично разрешить существующее противоречие между наглядностью и читаемостью карты. Одним из таких способов является использование технологии QR-кодов. В статье рассмотрены базовые возможности QR-кодов, обеспечивающие интерес к этой технологии. В результате исследований выделен ряд достоинств использования QR-кодов при создании традиционных карт. Исследование технологий с применением QR-кодов в картографии имеет как научное, так и прикладное значение в аспекте создания традиционных карт различного содержания и назначения.

Ключевые слова: информационная емкость, традиционные карты, QR-код.

EXPANSION OF INFORMATION CAPACITY OF TRADITIONAL MAPS WITH USING QR-CODES

Dmitry V. Lisitsky

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, D. Sc., Professor, Director, Institute of Strategic Development, phone: (383)344-35-62, e-mail: dlis@ssga.ru

Aleksey A. Kolesnikov

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

Elena V. Komissarova

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D., Associate Professor, Department of Cartography and Geoinformatics, phone: (913)710-85-60, e-mail: komissarova_e@mail.ru

Anna Yu. Sotnikova

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Student, phone: (913) 209-44-21, e-mail: sotnikova_1998@inbox.ru

Despite a good enough degree so traditional printed maps, however you can still find new ways to increase information card capacity and thus partially resolve the existing contradiction between the clarity and readability of the maps. One such way is to use QR code technology. The article describes the basic features of QR codes, to ensure that the interest in this technology. The research identified a number of advantages of using QR codes when creating traditional cards. Technology research with the use of QR codes in cartography has both scientific and practical value in terms of creating traditional cards for various content and destination.

Key words: extension, information capacity, traditional maps, QR-code.

Введение

QR-коды, при создании и использовании интерактивных картографических произведений, начали использоваться сравнительно недавно. Поэтому технологии, терминология и методики их применения в картографии находятся в стадии развития.

Цель данного исследования – выявить ряд особенностей, достоинств и недостатков применения QR-кодов при создании и использовании традиционных карт [1–4].

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- исследовать зависимость удобства и надежности считывания QR-кодов от геометрических размеров их изображения;
- исследовать возможности размещения QR-кодов на ранее изданных традиционных (бумажных) картах;
- разработать варианты новой компоновки изданных карт с учетом дополнения их содержания QR-кодами;
- рассмотреть возможность упрощения условных знаков на карте с компенсацией потери информации за счет применения QR-кодов и выполнить соответствующие экспериментальные работы [5–7].

Методы и материалы

Все стандартные программы считывания QR-кодов в соответствии со стандартом, позволяют закодировать преимущественно текстовые типы данных: событие в календаре, контакт адресной книги, адрес электронной почты, координаты точки, номер телефона, текст, ссылка на интернет ресурс [8–9]. Для того чтобы хранить в QR-коде другие типы данных, например, изображения,

звуковые эффекты, анимационные эффекты и так далее нужна разработка специализированной программы, которая будет ориентироваться на определенные форматы двоичных данных [9–13]. Задача описанного исследования заключалась в оценке степени увеличения полезной информации при заполнении свободного места (либо заполненного малозначимыми объектами) на традиционных картах.

Исследование возможности размещения QR-кодов на ранее изданных пяти традиционных (бумажных) картах описанным способом было выполнено путем экспериментальных работ. Для этого были взяты пять карт разных лет издания на территорию Новосибирской области, Новосибирского водохранилища и г. Новосибирска (рис. 1, табл. 1).



Рис. 1. Ранее изданные традиционные (бумажные) карты

На каждой карте выбирались пространства, потенциально пригодные и удобные для размещения QR-кодов и определялись параметры их размещения (рис. 2).

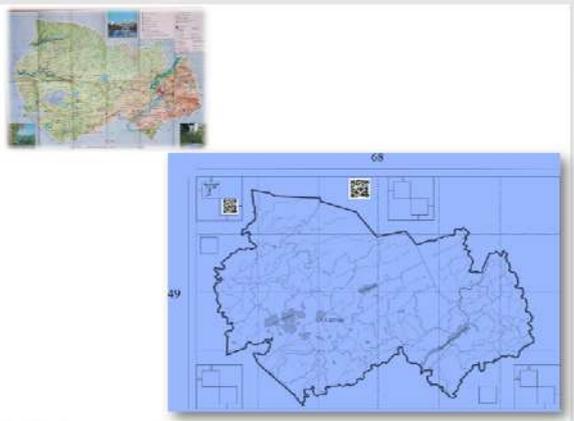


Рис. 2. Выбранное пространство на карте, пригодное для размещения QR-кодов

Ранее изданные традиционные (бумажные) карты

№ п/п	Фото карты	Название карты, масштаб, год издания
1		Карта «Новосибирск» Масштаб 1 : 26 000 1997 г. Федеральная служба геодезии и картографии России ПО «Инженерная геодезия»
2		Туристская схема «Новосибирск» Масштаб не указан, 1985 г. Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР Фабрика № 3
3		Туристская карта «Новосибирское водохранилище» Масштаб 1 : 200 000 2000 г. Новосибирская картографическая фабрика
4		Туристская карта «Новосибирская область» Масштаб 1 : 1 000 000 1983 г. Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР Фабрика № 3
5		Карта «Новосибирская область» Масштаб 1 : 750 000 Карта «Новосибирск» Масштаб 1 : 43 000 2006 г. Карты напечатаны на одном листе бумаги с двух сторон (формат бумаги 61 × 86): карта Новосибирской области – лицевая сторона, карта Новосибирска – на другой стороне (на обороте) ООО «Селена» г. Новосибирск, Сибирская государственная геодезическая академия, 2006 г.

Затем были выполнены экспериментальные работы, в ходе которых исследовались удобство и надежность считывания QR-кода в зависимости от его

геометрических размеров. Сравнивались изображения кодов 1×1 , 2×2 , 3×3 и 4×4 [14–16].

Исходя из этого, для каждой карты рассчитывались площадь места и ее процент относительно общего пространства в квадратных сантиметрах на которой без ущерба для полезной информации можно разместить QR-коды и подсчитывалось общее их количество на карте [17–19].

Поскольку QR-код способен записать часть информации об объекте местности, традиционно отраженной в условном знаке (например, его характеристики), то также был проведен анализ имеющейся библиотеки условных знаков [20] с целью возможного обобщения включенных в нее условных знаков.

Результаты

В процессе проведенных исследований были получены следующие результаты.

По размерам QR-кода установлено, что наиболее оптимальными оказались размеры 3×3 и 4×4 см (рис. 3).

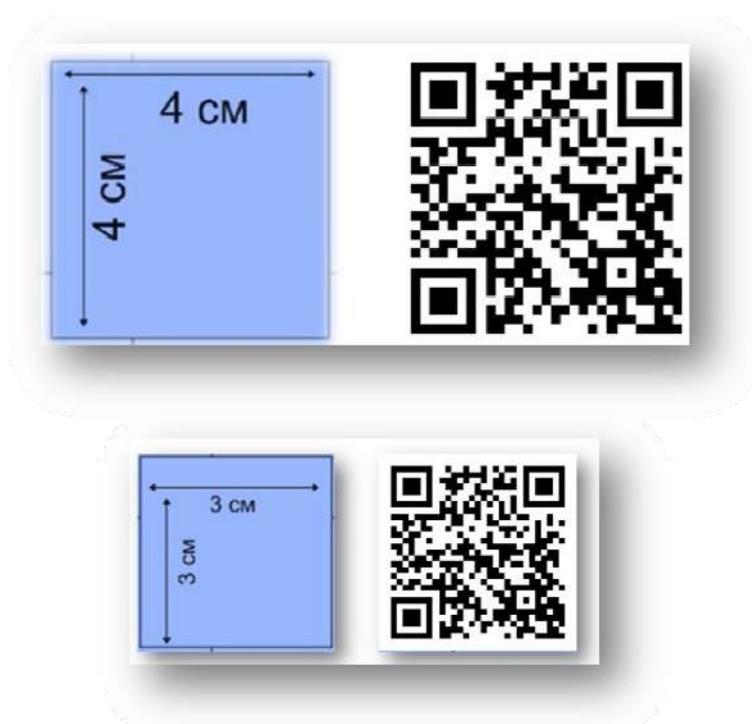


Рис. 3. Размеры QR-кодов

По определению места для размещения QR-кодов была получена сводная таблица расчетных параметров возможностей их размещения (табл. 2).

Выполненные исследования показывают, что на таких картах без ущерба для отражения основного содержания можно выделить порядка 20–40 % свободного мест как в части зарамочного оформления, так и непосредственно в пределах картографического изображения, что соответствует не менее чем

14 килобайтам текста. В соответствии с этим были разработаны макеты новых компоновок ранее изданных карт с использованием QR-кодов, оптимальных по геометрическим размерам (рис. 4).

На основе анализа традиционных условных знаков (с точки зрения возможности переноса части информации в QR-код) были разработаны обобщающие условные знаки на группы объектов. На рис. 5 показан фрагмент топографической карты с обобщенными условными знаками.

Таблица 2

Сводная таблица расчетных параметров размещения QR-кодов

№ п/п	Название карты, масштаб карты, год издания карты	Площадь основы под QR-коды, см ²	Количество QR-кодов, размеры QR-кодов, см	Площадь QR-кодов, см ²	% места на карте, не несущего полезную нагрузку
1	Карта «Новосибирск» Масштаб 1 : 26 000 1997 г.	450	14, 3 × 3	126	28
2	Туристская схема «Новосибирск» Масштаб не указан 1985 г.	290	11, 3 × 3	99	34,1
3	Туристская карта» Новосибирское водо- хранилище» Масштаб 1 : 200 000 2000 г.	450	7, 4 × 4	112	24,8
4	Туристская карта «Новосибирская об- ласть» Масштаб 1 : 1 000 000 1983 г.	382.75 (лицевая)	11, 3 × 3	99	26,8
		264 (оборотная)	11, 3 × 3	99	37,5
5	Карта «Новосибир- ская область» Масштаб 1 : 750 000	480	8, 4 × 4	128	26,6
	Карта «Новосибирск» Масштаб 1 : 43 000 2006 г.	220	10, 3 × 3	90	40,9

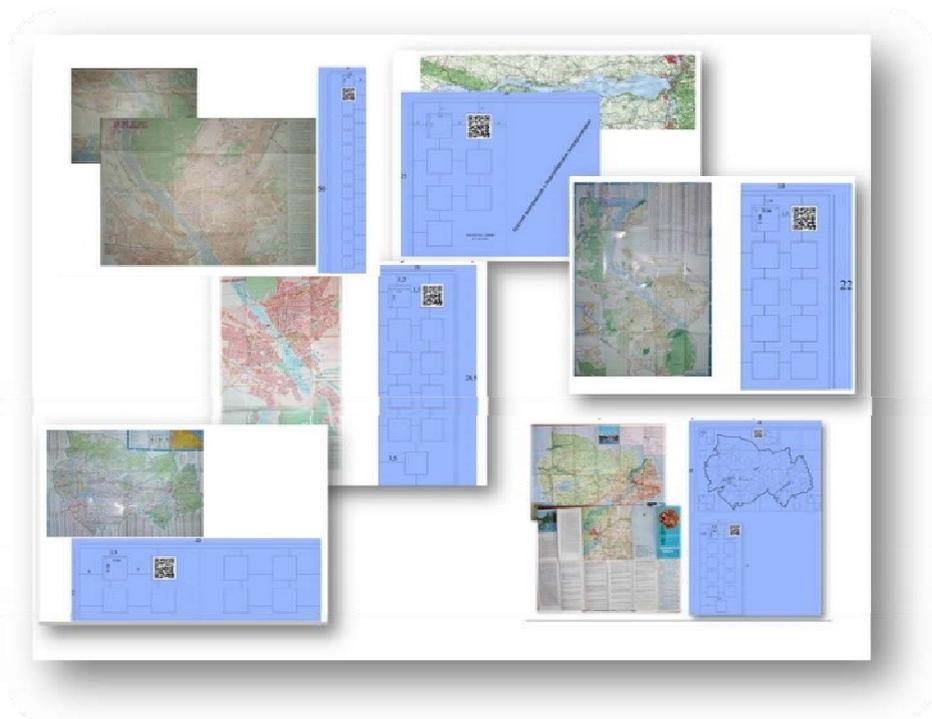


Рис. 4. Новые компоновки изданных карт с учетом дополнения их содержания QR-кодами

Геодезические пункты (1-8)

□ Квадрат со стороной 2 мм и центром внутри.

Населенные пункты (9-11, 29)



Прямоугольник 20 мм на 10 мм, Розовый - нейтральный цвет, Внутри жилые строения разделены по цвету (черные огнестойкие, оранжевые - не огнестойкие)

Отдельные строения (12-15)



Прямоугольник 8 мм на 3 мм, разделен пополам (4 мм*3 мм) в зависимости от типа сооружения (огнестойкое/ не огнестойкое)

Религиозные сооружения (18-23)



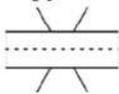
Восходящее солнце, с центром, обозначающий положение здания

Отдельстоящие сооружения сельскохозяйственного назначения (16-17, 24, 30-34)



Прямоугольник (4 мм*3 мм) с центром указания на основании. Показывает точное положение строения. Необходимы соответствующие подписи (погреб, овощ., юрты, беседка, разв. (разваленное здание))

Сооружения, предназначенные для транспорта (25-28)



Общая длина полосы 15 мм, ширина 5 мм, боковой припуск на пешеходную часть 0,25 с каждой стороны. Средняя полоса, разделяющая дорогу, шириной 0,25 мм. Выступы - длина 3,82, угол наклона - 60 (120) градусов. показывается с той стороны где переход, выезд со двора, туннель.

Рис. 5. Фрагмент топографической карты с обобщенными условными знаками

Заключение

Исследование QR-кодов для применения в картографии имеет как научное, так и прикладное значение в аспекте создания нового вида интерактивного картографического произведения. Оценка возможности использования QR-кодов совместно с различными видами картографических произведений позволяет сформулировать ряд положительных сторон:

- дополнение картографической информации другими формами информации (видео, звук, анимация) как непосредственно включенными в сам QR-код, так и посредством ссылок на интернет-ресурсы;
- сочетание интегрированного представления картографируемой территории в целом и представления отдельных ее объектов более детально с помощью размещения дополнительной семантической информации посредством QR-кодов;
- обеспечение автоматизированного поиска необходимой дополнительной информации об объектах карты посредством размещения гиперфайловых ссылок к внешним ресурсам в QR-коде;
- осуществление интерактивного взаимодействия пользователя с источниками картографической информации.
- При использовании QR-кодов изменяется подход к применению в картографии различных видов данных: от доминирующей графической формы, дополненной текстами и фотографиями (например, бумажная карта с условными знаками) происходит переход к использованию в неразрывном сочетании разных форм информации – ссылок к интернет-ресурсам (видео, анимация, звук), определение местоположения с помощью географических координат.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лисицкий Д. В. Картография в эпоху информатизации: новые задачи и возможности // География и природные ресурсы. – 2016. – № 4. – С. 22–28.
2. Салищев К. А. Картоведение : учебник – М. : МГУ, 1990. – 400 с.
3. Мультимедийные средства и технологии в картографии : монография / Д. В. Лисицкий, Е. В. Комиссарова, А. А. Колесников, Т. С. Молокина. – Новосибирск : СГУГиТ, 2016. – 190 с.
4. Лисицкий Д. В. Перспективы развития картографии: от системы «Цифровая Земля» к системе виртуальной реальности // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 2 (22). – С. 8–16.
5. O. Bulan, H. Blasinski, and G. Sharma. Color qr codes: Increased capacity via per-channel data encoding and interference cancellation. In Color and Imaging Conference, 2011.
6. Y. Liu, J. Yang, and M. Liu. Recognition of qr code with mobile phones. In Chinese Control and Decision Conference. IEEE, 2008.
7. F. Romero Ramirez, R. Muoz-Salinas, and R. MedinaCarnicer. Speeded up detection of squared fiducial markers. Image and Vision Computing, 2018.
8. J. Rouillard. Contextual qr codes. In Computing in the Global Information Technology, 2008.
9. T. J. Soon. Qr code. Synthesis Journal, 2008
10. J. Deng C. C. Loy Z. Yang, H. Xu and W. C. Lau. Robust and fast decoding of high-capacity color qr codes for mobile applications. arXiv:1704.06447, 2017.

11. D. Samretwit and T. Wakahara, "Measurement of reading characteristics of multiplexed image in QR code," in Proc. 3rd Int. Conf. Intell. Net. Collab. Syst., 2011, pp. 552–557.
12. G. J. Garateguy, G. R. Arce, D. L. Lau, and O. P. Villarreal, "QR images: optimized image embedding in QR codes." IEEE Transac. Image Process., vol. 23, no. 7, pp. 2842–2853, 2014.
13. S.-S. Lin, M.-C. Hu, C.-H. Lee, and T.-Y. Lee, "Efficient QR code beautification with high quality visual content," IEEE Trans. Multimedia, vol. 17, no. 9, pp. 1515–1524, 2015.
14. ISO, "Information technology automatic identification and data capture techniques code symbology QR Code," Int. Org. Standard., Geneva, Switzerland, ISO/IEC 18004: 2000.
15. H. Bagherinia and R. Manduchi, "A theory of color barcodes," in IEEE Int. Conf. Comput. Vis. Workshops (ICCV Workshops), Nov. 2011, pp. 806–813.
16. Chang, Y.J., Tsai, S.K., Chang, Y.S. and Wang, T.Y. A Novel Wayfinding System Based on Geo-coded QR codes for Individuals with Cognitive Impairments. Proc. ASSETTS '07. ACM Press (2007), 231-232,
17. Geel, M., Huguenin, D. and Norrie, M.C. PresiShare: Opportunistic Sharing and Presentation of Content Using Public Displays and QR codes. Proc. PerDis '13. ACM Press (2013), 103-108.
18. Lorenzi, D., Vaidya, J., Chun, S., Shafiq, B., Nabi, G. and Atluri, V. Using QR codes for Enhancing the Scope of Digital Government Services. Proc. dg.o 2012. ACM Press (2013), 21-29.
19. Denso QR-code essential <http://www.denso-adc.com/pdf/qrcode> Retrieved: Apr, 2013
20. Условные знаки для топографической карты масштаба 1 : 10 000. – М. : Недра, 1977. – 143 с.

© Д. В. Лисицкий, А. А. Колесников, Е. В. Комиссарова, А. Ю. Сотникова, 2019

КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ПРАВ ЧЕЛОВЕКА

Елена Леонидовна Касьянова

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

Максим Владимирович Черкас

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, аспирант, тел. (383)361-06-35, e-mail: cherkasmv@list.ru

В статье раскрывается необходимость создания карт правозащитных организаций со специальным, специфическим содержанием для правозащитников и людей, пользующихся услугами таких организаций. Обосновывается создание этих карт с использованием ГИС-технологий.

Ключевые слова: тематические карты, интерактивная цифровая карта, ГИС, географическая основа, веб-сайт, права человека.

MAP OF HUMAN RIGHTS

Elena L. Kasyanova

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D., Associate Professor, Department of Cartography and Geoinformatics, phone: (383)361-06-35, e-mail: helenkass@mail.ru

Maxim V. Cherkas

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D. Student, phone: (383)361-06-35, e-mail: cherkasmv@list.ru

The article reveals the need to create maps of human rights organizations with special, specific content for human rights defenders and people using the services of such organizations. The creation of these maps using GIS technology is justified.

Key words: thematic maps, interactive digital map, GIS, geographical basis, website, human rights.

Введение

Давно разработана теория создания различных тематических карт как природы, так и социально-экономических. Существует много литературных источников и информации в сети Internet о картографировании – от классической (когда описывается технология создания карт картографами) до упрощенной (когда созданием карт занимаются обычные потребители). На тематических картах можно показывать разную информацию, используя существующие способы отображения. В статье рассматривается возможность создания нового ви-

да компьютерных карт, которые могут быть использованы как широким кругом пользователей, нуждающихся в правовой защите, так и организациями, которые занимаются защитой прав человека.

Государство и его органы в разной степени регулируют различные стороны жизни общества. В первую очередь, это относится к экономике, внутренней и внешней политике, а также к культурной жизни, науке (хотя в данных областях влияние государства в настоящее время ощущается чуть меньше), социальному обеспечению, здравоохранению, образованию.

Одной из самых важных задач государства и государственных органов, как подчеркивает действующая Конституция РФ, является защита прав и свобод человека, обеспечение правопорядка и законности, охрана интересов организаций и предприятий, борьба с различными правонарушениями и преступностью. В разной мере данными проблемами занимаются определенные государственные, муниципальные органы, общественные организации. Существуют и такие организации, которые призваны заниматься исключительно деятельностью в сфере охраны прав, называемые правоохранительными. Они создаются и существуют для того, чтобы реализовывать основную задачу государства – охрану и защиту прав человека, законных интересов организаций и общества в целом [1]. После распада СССР, появились различные некоммерческие правозащитные организации.

Постановка задачи

Особенность современного периода развития социума – информатизация производственных и общественных отношений. Важное значение в территориальной деятельности приобрели географические информационные системы, банки и базы данных [2].

При создании геоинформационных систем правозащитных организаций, в них нужно размещать картографический модуль, представляющий собой различные тематические карты, касающиеся правовой защиты. До сих пор не создавались карты, отображающие информацию, необходимую для правозащитных организаций и людей, пользующихся их услугами.

Одной из характеристик социального картографирования является его аналитический характер.

Картографирование нарушений и злоупотреблений в области прав человека направлено на выявление соответствующих факторов, ключевых участников и их взаимосвязей, с тем, чтобы определить какие меры можно принять для улучшения ситуации.

Аналитический характер картографирования позволяет информировать о таких факторах, как:

– нарушения прав человека или злоупотребления, распространенные в обществе (изнасилования, пытки, насилие по национальному признаку, насилие в семье и т. д.);

– кто совершает различные виды нарушений прав человека или злоупотреблений (полицейские, взрослые мужчины, военные и т. д.);

– кто или что поддерживает ситуации, в которых происходят нарушения или злоупотребления в области прав человека (родители, лидеры религиозных организаций и т. д.);

– где происходят нарушения или злоупотребления (дома, в тюрьмах, отделениях полиции, детских домах, религиозных заведениях и т. д.);

– кто страдает от различных видов нарушений или злоупотреблений (женщины, дети, солдаты и т. д.);

– каковы причины нарушения или злоупотребления (безнаказанность, культурные убеждения, плохое распределение ресурсов, политические интересы, неравенство полов и т. д.);

– каковы возможности для вмешательства в происходящие нарушения прав (повышение культурного уровня людей, образованность молодежи, расширение прав и возможностей женщин, укрепление системы правосудия, информированности и т. д.);

– каковы барьеры для вмешательства и изменения, например, финансовые проблемы, религиозные или культурные предрассудки, отсутствие политической воли и т. д.

Эта информация интересует организации, институты и учреждения, занимающиеся правовой защитой, а также учреждения, в которых находятся люди, нуждающиеся в такой защите.

На карте правозащитных организаций необходимо отобразить все организации, занимающиеся такой деятельностью, места, где происходили и в отношении кого произошли нарушения прав.

Защитой прав и свобод людей занимаются многие государственные и общественные организации, такие как:

– *суды*, относящиеся к судебной системе защиты прав и свобод человека посредством правовых средств – это наиболее эффективный механизм восстановления нарушенных прав. Судебная система представляет собой основную структуру для защиты прав человека на национальном уровне. В соответствии с Федеральным конституционным законом «О судебной системе Российской Федерации» от 31.12.1996 № 1-ФКЗ судебную систему Российской Федерации составляют федеральные суды, конституционные суды и мировые судьи субъектов Российской Федерации [1];

– *институты несудебной защиты* прав и свобод человека и гражданина, которые призваны дополнить существующие механизмы судебной защиты.

В последние годы повышенное внимание уделяется именно развитию *несудебной защиты* прав человека как на международном, так и национальном уровне.

Национальная система несудебных государственных институтов, призванных защищать права человека в Российской Федерации, состоит из нескольких звеньев: уполномоченный по правам человека в Российской Федерации

и Уполномоченный по правам человека в субъекте Федерации; прокуратура Российской Федерации; министерства и ведомства Российской Федерации; Совет по содействию развитию институтов гражданского общества и правам человека при Президенте Российской Федерации и др. [2].

Омбудсмен (уполномоченный по правам человека) – должностное лицо, на которое возлагаются функции контроля за соблюдением законных прав и интересов граждан, в деятельности органов исполнительной власти и должностных лиц.

Прокуратура занимается надзором за соблюдением прав и свобод человека и гражданина федеральными министерствами, государственными комитетами, службами и федеральными органами исполнительной власти, представительными (законодательными) и исполнительными органами субъектов Российской Федерации, органами местного самоуправления, органами военного управления, органами контроля, их должностными лицами, а также органами управления и руководителями коммерческих и некоммерческих организаций. Также прокуратура осуществляет надзор за исполнением законов органами, осуществляющими оперативно-розыскную деятельность, дознание и предварительное следствие с точки зрения соблюдения ими прав и свобод человека и гражданина. За прокуратурой также закреплено право надзора за исполнением законов администрациями органов и учреждений, исполняющих наказание и назначаемые судом меры принудительного характера, администрациями мест содержания задержанных и заключенных под стражу.

Прокуратура придает защите прав человека особое значение и основными направлениями надзорной деятельности считает надзор за законностью правовых актов, соблюдением прав и свобод человека и гражданина, надзор в сфере экономики и экологической безопасности, предупреждение преступных проявлений.

Правозащитные организации – это особый вид негосударственных некоммерческих организаций, деятельность которых направлена на утверждение и защиту прав и свобод человека, эффективный контроль за их соблюдением, государством, его органами и должностными лицами. Правозащитные организации содействуют уменьшению организованного насилия, осуществляемого государством.

Для этого они работают одновременно в трех направлениях:

- защита прав человека в конкретных случаях (эта помощь должна быть бесплатной для заявителя), общественные расследования фактов нарушений прав человека государственными органами;
- распространение информации о правах человека, правовое воспитание;
- анализ положения с правами человека.

Кроме перечисленных учреждений, существуют структуры, нуждающиеся в помощи правозащитных организаций.

Колонии заключенных. В 2006 г. несколько российских правозащитных организаций («За права человека», Московская Хельсинкская группа, Центр содействия реформе уголовного правосудия и комитет «За гражданские права»)

создали фонд «В защиту прав заключенных». Объединение правозащитников занимается проблемой соблюдения прав человека в российских исправительно-трудовых колониях, следственных изоляторах и других учреждениях принудительного содержания граждан.

Призывники. Сообщество российских правозащитных организаций в течение вот уже восьми лет проводит мониторинг случаев нарушения прав и свобод граждан при призыве на военную службу.

Результаты мониторинга показывают, что во всех без исключения регионах, где он проводится, деятельность военных комиссариатов и призывных комиссий осуществляется с нарушениями закона, во многих случаях носящих грубый характер. Фиксируются нарушения целого спектра конституционных прав граждан: от права на судебную защиту до права на охрану здоровья и права на образование.

Пожилые люди. Права пожилых людей можно разбить на три основные категории: защита, участие и отношение. Защита относится к обеспечению физической, физиологической и эмоциональной безопасности пожилых людей, учитывая высокий уровень их незащищенности от жестокого и плохого обращения. Участие относится к необходимости установления значительной и более активной роли пожилых людей в жизни общества. Отношение относится к необходимости определения позитивной, менее унижающей и дискриминационной идеи о том, кем являются пожилые люди и что они могут делать. Региональные межправительственные организации начали регулировать эти категории прав более подробно в своих рекомендациях и договорах.

Дети. Сегодня в России права детей регулируются следующими основными законами:

- Конституция Российской Федерации;
- Семейный кодекс Российской Федерации;
- Основы законодательства Российской Федерации об охране здоровья граждан;
- Федеральный закон «Об образовании»;
- Закон об основных гарантиях прав ребенка в Российской Федерации;
- Закон о дополнительных гарантиях социальной защиты детей-сирот и детей, оставшихся без попечения родителей;
- Закон о социальной защите инвалидов в Российской Федерации.

Помимо этого, существуют правительственные федеральные целевые программы, цель которых – создание благоприятных условий для развития детей, обеспечение защиты их прав [1].

Обсуждение

В последнее время стали появляться статьи, в которых говорится о том, что необходимо отображать на картах случаи нарушений прав человека. Например, Muthée Thuku, активист в области прав человека и окружающей среды, работающий в Кении, был вдохновлен многими видами тематических карт

и использования картографирования в разных областях деятельности. В его статье рассматривается теория способов картографирования, которые могут быть использованы в правозащитной деятельности и приведен пример отображения нарушения прав способом примитивных значков на картографическом изображении района Сондуи в Кении (рис. 1) [3]. Значками показываются, где и какие нарушения, в отношении кого происходили.

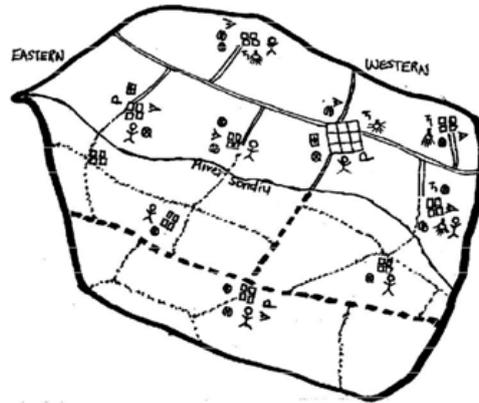


Рис. 1. Отображение нарушения прав на карте района Sondui в Кении

Также в статье представлено схематическое (иллюстрированное или наглядное) представление ситуации в области прав человека, с указанием различных нарушений или злоупотреблений, которое почему-то тоже отнесено к картографическим методам (рис. 2).

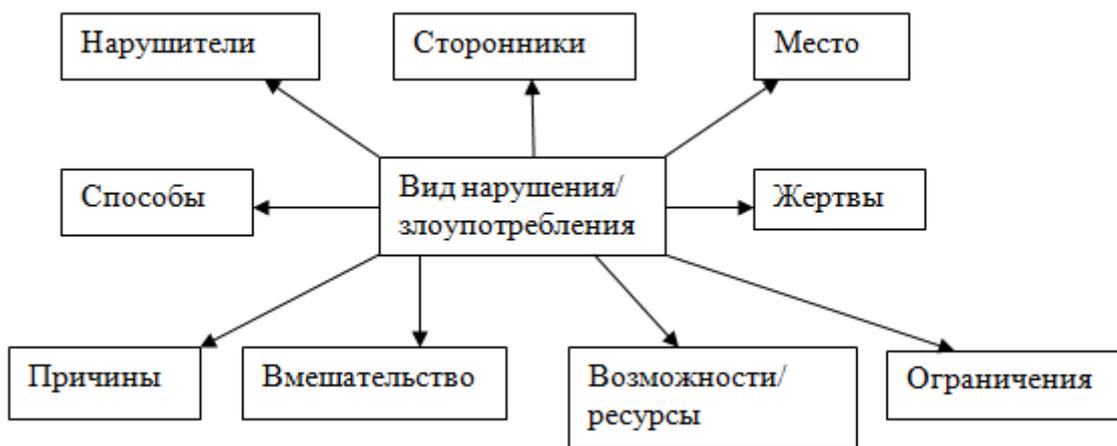


Рис. 2. Пример карты-диаграммы (схемы) с отображением нарушений прав человека

Видимо, автор по специальности правозащитник, а не картограф, если предлагает такие изображения отнести к тематическим картам. Для него сам

метод представления правозащитной информации в виде карт интересен, но как это делается, он не понимает.

В качестве другого примера, можно привести сайт Казахского информационного сервиса, созданный комитетом по правовой статистике и специального учета при Генеральной прокуратуре Республике Казахстан.

В соответствии с государственной программой развития правовой статистики и специальных учетов и основными нормативными принципами ее реализации в Казахстане развернута Единая унифицированная статистическая система (АИС ЕУСС). В ее состав входят картографический модуль и информационный сервис с несколькими порталными приложениями и адресный справочник (рис. 3).



Рис. 3. Автоматизированная информационная система «Единая унифицированная статистическая система» – АИС ЕУСС; овалом выделен раздел с картографическим модулем

В картографическом модуле АИС ЕУСС представлены:

- карты преступности в населенных пунктах, на которых способом картограммы изображено количество преступлений на 10 000 человек;
- карты аварийности на дорогах в Казахстане в целом и населенных пунктах в частности;
- карта преступности несовершеннолетних;
- карта анализа данных по ДТП (рис. 4).

Все карты, представленные в этом сервисе, являются результатом анализа происходящих событий и интересны, в первую очередь, правоохранительным органам.



Рис. 4. Карта преступности Республики Казахстан

До сих пор на традиционных картах городов отображались лишь такие объекты как администрации, Мэрия, налоговые инспекции, прокуратура, суды, управления таможни, отделы ГИБДД (рис. 5) [5]. Других организаций, которые могут заинтересовать правозащитников и людей, обращающихся к ним за помощью, нет. Такую информацию необходимо отображать не только на картах городов, но и на картах более крупных регионов, например, областей и республик.

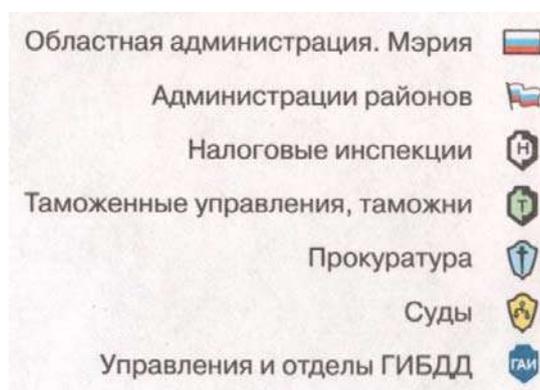


Рис. 5. Фрагмент специального содержания карты г. Новосибирска

Заключение

Целью дальнейшей работы является создание карты Новосибирской области для правозащитных организаций, при этом следует решить ряд задач, связанных с отображением тематического содержания:

– отразить специфику размещения правоохранительных органов и структур, нуждающихся в помощи правозащитных организаций;

- дать справочную информацию по каждому объекту;
- разработать удобную и современную систему поиска информации пользователем на карте;
- показать, какие и где нарушения прав человека происходят чаще всего.

В настоящее время идет активное развитие мультимедийного направления в картографическом отображении больших наборов пространственных данных. Наблюдается связь между совершенствованием систем управления пространственными данными и эволюцией специализированного программного обеспечения. Этому посвящен ряд научных публикаций и монографий как российских авторов, так и их зарубежных коллег [7–11]. В указанных работах рассмотрены вопросы, связанные с формированием геоинформационного пространства, анализом больших наборов пространственных данных и их отображением средствами цифровой веб-картографии.

Исходя из специфики создаваемой карты, большого количества обязательной информации для раскрытия тематики, необходимости в оперативных данных и удобстве использования традиционная карта будет неподходящей для решения поставленных задач. Сформулировав требования к создаваемой карте, для ее реализации выбрана компьютерная версия, отображаемая на основе картографического web-сервиса.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Закон и правопорядок [Электронный ресурс] / отдел «Правовая защита». – Электрон. дан. – М., 2013. – Режим доступа: <http://zakon.rin.ru>. – Загл. с экрана.
2. Бешенцев А. Н. Научные основы информационной концепции картографического метода исследования // Вестник СГУГиТ. – 2018. – Т. 23, № 1. – С. 85–111.
3. Азаров А. Я. Система защиты прав и свобод человека : учеб. пособие. – М. : Московская школа прав человека, 2007. – 41 с.
4. Muthu Thuku Mapping for human rights [Electronic resource]. – Mode of access: <https://blog.mapbox.com/mapping-human-rights-abuse-cbdda> (дата обращения 20.03.2019).
5. Комитет по правовой статистике и специальным учетам генеральной прокуратуры Республики Казахстан [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pravstat.prokuro.gov.kz/rus> (дата обращения 25.03.2019).
6. Атлас города. Новосибирск, выпуск 2. – ФГУП «ПО Инжгеодезия», 2004. – 142 с.
7. Визуализация данных [Электронный ресурс] // Tadviser. – Режим доступа : https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Визуализация_данных (дата обращения: 01.09.2018).
8. Карпик А. П., Лисицкий Д. В. Электронное геопространство – сущность и концептуальные основы // Геодезия и картография. – 2009. – № 5. – С. 41–44.
9. Кацко С. Ю. Возможности информационно-аналитических ГИС в работе непрофессиональных пользователей с пространственной информацией // Вестник СГГА. – 2011. – Вып. 1 (14). – С. 76–80.
10. Лисицкий Д. В., Хорошилов В. С., Бугаков П. Ю. Картографическое отображение трехмерных моделей местности // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2012. – № 2/1. – С. 98–102.
11. Мультимедийное направление в картографии / Д. В. Лисицкий, А. А. Колесников, Е. В. Комиссарова, П. Ю. Бугаков, В. С. Писарев // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2014. – № 3. – С. 40–44.

© Е. Л. Касьянова, М. В. Черкас, 2019

ПРИНЦИПЫ РАЗРАБОТКИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ИНТЕРФЕЙСА ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ КАРТОГРАФИЧЕСКИХ ПРИЛОЖЕНИЙ

Елена Степановна Утробина

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

Ирина Петровна Кокорина

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

Статья касается вопроса разработки пользовательского интерфейса для мобильных картографических приложений. Для неподготовленного пользователя, удобный и привлекательный пользовательский интерфейс – одно из главных условий успешной работы с мобильным картографическим приложением, поэтому необходимо детально рассмотреть вопрос о том, каким именно должен стать подобный интерфейс. С учетом проведенного анализа и опираясь на имеющийся опыт разработок интерфейсов, для работы с картографическими произведениями были собраны воедино и рассмотрены все общие требования, предъявляемые к интерфейсам мобильных приложений с целью выявить и сформулировать основные принципы, необходимые для разработки интерфейса картографических приложений. Предлагаемые принципы можно подразделить на три группы: принципы, определяющие общие вопросы построения интерфейса мобильных картографических приложений, их структуры в целом и взаимодействия с пользователем; принципы, определяющие дизайн интерфейса мобильных картографических приложений; принципы, определяющие разработку мобильных картографических приложений с учетом особенностей их использования и новых технических возможностей.

Ключевые слова: мобильная картография, мобильные картографические приложения, пользовательский интерфейс, принципы, требования, анализ.

PRINCIPLES OF DEVELOPING A USER INTERFACE FOR MOBILE MAPPING APPLICATIONS

Elena S. Utrobina

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D., Associate Professor, Department of Cartography and Geoinformatics, phone: (383)361-06-35, e-mail: kaf.kartography@snga.ru

Irina P. Kokorina

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D., Associate Professor, Department of Cartography and Geoinformatics, phone: (383)361-06-35, e-mail: kaf.kartography@snga.ru

The article deals with the development of a user interface for mobile mapping applications. For the inexperienced user, a convenient and attractive user interface is one of the main conditions for successful work with a mobile cartographic application, so it is necessary to consider in detail

the question of what exactly such an interface should become. Taking into account the analysis and existing experience in the development of interfaces for working with cartographic applications, all the general requirements for interfaces of mobile applications were collected and considered in order to identify and formulate the basic principles necessary for the development of an interface of cartographic applications.

The proposed principles can be divided into three groups: principles defining the general issues of building the interface of mobile mapping applications, their structure as a whole, and user interaction; principles defining the design of the interface of mobile mapping applications; principles defining the development of mobile mapping applications, taking into account the peculiarities of their use and new technical capabilities.

Key words: mobile cartography, mobile cartographic applications, user interface, principles, requirements, analysis.

Введение

С широким внедрением мобильных компьютерных технологий (телефонов, смартфонов и т.д.) в общественную жизнь людей, мобильные картографические приложения стали играть гораздо более значимую роль в жизни человека, не связанного с картографией. Число потребителей мобильных картографических приложений в городах постоянно увеличивается, поскольку с их помощью можно решать повседневные задачи; например, используя навигацию, можно оптимизировать удобство передвижения по городу в реальном времени, путем запроса найти нужный объект, просмотреть панорамные фотографии местности и получить справочную информацию.

Возможность работы с картографическим материалом, использование гео-данных, проведение анализа нужной пространственной информации и получение дополнительных справочных данных широкому кругу потребителей, не знакомых с картографией, обеспечивается новыми подходами к использованию карт. В мобильных картографических приложениях связующим звеном между потребителем и картографическим материалом является пользовательский интерфейс, который позволяет решать нужные задачи и упрощать процесс извлечения информации, необходимой для потребителя. Необходимо, чтобы картографическая информация была достоверной и легко доступной, что зависит от качества интерфейса. При этом для мобильного приложения основным ограничением является небольшой размер экрана, скорость загрузки, меньшая производительность устройства в отличие от компьютера, небольшой объем памяти и сенсорное управление, что ставит новые задачи к разработке интерфейсов, удобных для работы с картографическим материалом [1–6].

Для неподготовленного пользователя, удобный и привлекательный пользовательский интерфейс – одно из главных условий успешной работы с мобильным картографическим приложением, поэтому необходимо детально рассмотреть вопрос о том, каким именно должен стать подобный интерфейс. При этом пользователю важно, каким образом приложение обрабатывает информацию для получения и выдачи результата, важно удобство ее получения. С це-

лью упорядочивания систематизации элементов интерфейса и формирования принципов для их разработки необходимо оценить дизайн и эргономичность интерфейса различных мобильных картографических приложений [7–10].

Задачами исследования являются анализ и обобщение имеющегося опыта содержания пользовательских интерфейсов мобильных картографических приложений, а также формулировка принципов для их разработки.

Методы и материалы

Для решения поставленных задач использовались методы общенаучные и географических исследований, теория картографии, семиотика, современное программное и компьютерное обеспечение. Использовались материалы, находящиеся в открытом доступе, посвященные тематике исследования: Яндекс Google, 2ГИС, приложения для охотников и рыболовов [11–14].

На основе ранее проведенного анализа [4] было выявлено, что в мобильных картографических приложениях роль легенды, компоновки, а также дополнительного и вспомогательного оснащения карты принимает на себя пользовательский интерфейс, который помогает ориентироваться в картографическом изображении и извлекать необходимую информацию.

В связи с этим, проанализированы пользовательские интерфейсы различных картографических приложений и сформирован перечень типичных элементов интерфейса мобильных картографических приложений. Это: *главное окно карты с кнопками управления; строка для введения поисковых запросов; выпадающее и контекстное меню; временные поверхности; диалоговые окна боковые и нижние.*

Элементом интерфейса также могут быть картографические условные знаки. Через них можно организовать доступ к дополнительным данным об объекте, используя манипуляции пальцами с помощью различных жестов, являющихся альтернативой кнопок меню. В результате манипуляции появляется диалог или инструмент, с помощью которого можно получить определенную информацию об объекте [2, 4, 15, 16].

Результаты

Для мобильных картографических приложений разрабатывают интерфейсы совмещенного вида: графического, где диалог осуществляется с помощью окон, кнопок, меню и т. д., и приближенного к общению в аудио формате, где компьютер анализирует человеческую речь, отыскивая в ней ключевые фразы.

Основываясь на имеющемся опыте разработок интерфейсов [7–10, 15–23], для работы с картографическими произведениями были собраны воедино и рассмотрены все общие требования, предъявляемые к интерфейсам мобильных приложений с целью выявить и сформулировать основные принципы, необходимые для разработки интерфейса картографических приложений. Предлагаемые принципы можно подразделить на три группы:

1) принципы, определяющие общие вопросы построения интерфейса мобильных картографических приложений, их структуры в целом и взаимодействия с пользователем;

2) принципы, определяющие дизайн интерфейса мобильных картографических приложений;

3) принципы, определяющие разработку мобильных картографических приложений с учетом особенностей их использования и новых технических возможностей.

Обсуждение

Рассмотрим перечисленные группы принципов.

1. Принципы, определяющие общие вопросы построения интерфейса мобильных картографических приложений, их структуры в целом и взаимодействия с пользователем, обуславливают возможность быстро и правильно выполнять поставленные небольшие повседневные задачи.

Принцип интуитивно понятного и доступного интерфейса подразумевает, что все элементы интерфейса должны быть понятны пользователю, для того, чтобы он смог последовательно разобраться, как выполнить тот или иной запрос и получить необходимую картографическую информацию.

Для реализации принципа должен учитываться ряд требований.

Интерфейс должен быть максимально простым и лаконичным, т. е. использовать минимальное количество кнопок и предоставлять оптимальное количество вариантов выбора, чтобы не портить восприятие и не усложнять процесс получения информации, поскольку загроможденный интерфейс создает препятствие к его пониманию. При этом необходимо соблюдать баланс между минимальным и достаточным количеством команд меню; урезая материал для достижения простоты и минимализма, можно сделать интерфейс непонятными рядовому пользователю.

Кнопки команд на экране картографического приложения должны иметь интуитивно понятное графическое или текстовое обозначение. Для этого кнопкам с графическими обозначениями должна быть присуща наглядность, образность, изображения должны быть понятны пользователю и не вызывать сомнений. Кнопкам, пунктам меню и командам с контекстом процесса необходимо присваивать короткие четкие названия, учитывающие ассоциативное мышление, что будет способствовать лучшему пониманию действий, которые будет выполнять пользователь.

Элементы интерфейса должны быть предсказуемыми: это предполагает, что пользователь, взглянув на тот или иной элемент интерфейса, должен сразу понять, как он поведет себя в случае взаимодействия. Стандартизация графических обозначений элементов интерфейса и их функционального значения в мобильных картографических приложениях становится привычной для пользователя, что упрощает процесс работы [7, 8, 10, 13, 21].

Принцип структурности интерфейса определяет последовательность представления информации пользователю в удобной для него форме и включает следующие требования.

Структура интерфейса должна предусматривать логичность и последовательность действий. Это подразумевает, что команды внутри мобильного картографического приложения должны быть выстроены с учетом элементарной логики, чтобы пользователь смог последовательно, от действия к действию, получить интересующую его информацию. В начале работы пользователю предьявляется простейшая конфигурация интерфейса, *показывающая все важные опции*; далее она должна *раскрываться* по ходу работы, по мере необходимости, посредством появления соответствующих кнопок, команд пунктов меню, предлагающих реализовать дальнейшее возможное действие.

Элементы интерфейса должны стремиться к стандартной структуре размещения, что предполагает привычное расположение функций команд интерфейса для мобильных картографических приложений. Использование укрепившихся принципов структурирования системы блоков команд во вкладках поможет пользователю лучше ориентироваться в возможностях приложения.

Интерфейс должен предусматривать наличие обратных связей, от системы к пользователю. Обязательно должна быть возможность отменить действие и вернуться назад, а также сохранять действия пользователя и открывать последний сеанс перед закрытием приложения.

Интерфейс должен предусматривать возможность персонализации, т. е. настройки для работы под конкретного пользователя [7, 8, 10, 17, 20].

2. Принципы, определяющие дизайн интерфейса мобильных картографических приложений, обуславливают требования к цветовому оформлению, удобству использования и компоновке приложения.

Принцип привлекательности (эстетичности) подразумевает, что пользователю приятнее иметь дело с интерфейсом, который гармонично воспринимается, т. е. построен с учетом рационального использования законов цветоведения, психологии, композиции и восприятия изображения. Он включает в себя следующие требования.

Цветовые сочетания элементов интерфейса должны иметь единый стиль оформления, быть гармоничными, не затруднять читаемость, соответствовать смысловому содержанию раздела приложения, отображать связь с другими элементами, при этом все детали, должны быть видны. Выбирая гармоничное цветовое оформление большое внимание следует уделять композиции цвета – единству всех избранных цветов, учитывая назначения и способы использования приложения. Выбираются основные и дополнительные цвета и их оттенки, с помощью которых следует отразить соподчиненность и структурность разделов приложения, придать четкость и выразительность главным элементам интерфейса.

Все элементы должны быть взаимосвязаны между собой, а выделяться только главные. Элементы интерфейса должны иметь разные *стили* для кнопок

с разными типами действий в зависимости от их назначения. Выделение элементов интерфейса может осуществляться с использованием цвета, шрифта, стиля, тени, размера, контура, заливки [15–17, 23].

Принцип эргономичности интерфейса направлен на простоту, строгость, удобство восприятия и использования. Он включает несколько требований.

Элементы управления должны учитывать анатомические особенности управления приложением, должны быть простыми и удобными. Сенсорный экран позволяет пользователю напрямую взаимодействовать с содержанием мобильного картографического приложения, поэтому следует *предусматривать использование жестов* с альтернативой в виде кнопок. Чаще всего управление осуществляется большим пальцем, в связи с этим важен размер кнопок и расположение их на экране.

Интерфейс должен обладать отзывчивостью, т. е. мгновенно реагировать на все действия пользователя, и *скорость загрузки должна быть оптимальна для комфортного использования* мобильного приложения. При этом предусмотрено оповещение о выполнении задачи, например, в виде звукового сигнала, небольшого модального окна. Если пользователь произвел действие, для выполнения которого требуется время, то приложение должно об этом сообщить [7, 8, 10, 15, 16, 18].

Принцип рационального расположения элементов интерфейса определяет требования к компоновке и составу элементов интерфейса мобильного картографического приложения, с помощью которых осуществляется подача информации пользователю.

Компоновка макетов диалоговых окон должна быть приспособленной к размеру экрана и обеспечивать согласованный подход к распределению информации.

Единая структура интерфейса должна строиться в определенной последовательности с учетом заданного набора элементов интерфейса и макетов диалоговых окон. Организация элементов должна соответствовать постоянным областям на экране: это области, которые будут отражаться по команде. Диалоговые окна и временные поверхности должны открываться в заданных областях и не превышать размеров экрана [7, 8, 10, 15, 17].

3. Принципы, определяющие разработку мобильных картографических приложений с учетом особенностей их использования и новых технических возможностей.

Принцип целостности, комплексности и согласованности элементов интерфейса подразумевает тесную взаимосвязь разработки элементов интерфейса с возможностью наиболее полного использования содержания карты в зависимости от темы и назначения картографического приложения. Соответственно, учитывать дополнительные данные, дающие общие и частные характеристики системы в целом. Это включает следующие положения.

Различные приложения требуют разные подходы к своему воплощению. Мобильные картографические приложения должны в полной мере обеспечивать такой состав интерфейса, который позволит как передать содержание кар-

ты, так и использовать все имеющиеся возможности работы с ней. *Все элементы интерфейса должны иметь четкую взаимосвязь с элементами карты и ее содержанием, предусматривать возможность использования дополнительной справочной информации, мультимедийных средств и т. д. Необходимо определить элементы интерфейса, ответственные за работу с картой, возможные варианты действий [17, 23–25].*

Принцип логической согласованности обеспечивает взаимосвязь элементов интерфейса и содержания карты между собой и дополнительными данными, что обуславливает согласованность всей информации приложения. Все элементы карты и интерфейса должны быть увязаны между собой.

Логическая согласованность содержания карты обеспечивается легендой. Взгляд на карту как образно-знаковую модель реальной действительности требует выбора способов отображения и построения легенды карты. Наглядность и удобочитаемость, понимание содержания карты возможны за счет употребления наиболее общепринятых обозначений, которые не нуждаются в легенде, использования натуралистических и символических значков, вызывающих зрительные ассоциации. Таким образом, естественным способом происходит унификация условных обозначений. Конструктивные принципы построения системы условных знаков должны разрабатываться таким образом, чтобы возникающие дополнения в процессе создания встраивались в нее. Поэтому, говоря об особенностях разработки интерфейса, необходимо учитывать знание семиотики. Например, используя семантический аспект, рассматривающий смысловое значение, можно разработать условные знаки на основе ассоциаций с отображаемым объектом, а также включить текстовое справочное пояснение. Используя синтаксический аспект – учитывающий разработку формы знака, размера, цвета и т. д., можно условные знаки объединить в группы, безотносительно к картографируемым объектам. Используя прагматический аспект, предусматривающий оптимальность использования условного обозначения, разработка знака будет ориентирована на легкость, правильность и полноту восприятия и удобства использования знака для решения определенного круга задач. *Условные знаки на карте должны предоставлять пользователю не только толкование своего значения, но и являться одновременно инструментом, применяемым для выполнения возможных к объекту действий. С целью лучшего разъяснения пользователю смысла условного знака и команд, возможно использование контекстной подсказки [23–25].*

Принцип структурной гибкости интерфейса, предусматривающий возможность дальнейшего усовершенствования и доработки интерфейса мобильного картографического приложения под решаемые задачи.

Элементы интерфейса должны позволять пользователю самостоятельно добавлять на карту свои метки, маршруты, фото, замечания. Для этого должны быть предусмотрены дополнительные слои и классификаторы условных обозначений.

Гибкость интерфейса должна предусматривать возможность корректировки работы приложения при встраивании новых функций в общую систему.

Например, в перспективе, к мобильному картографическому приложению, возможно встраивание дополнительного модуля в виде виртуальных очков, с помощью которых потребитель имел бы возможность видеть карту целиком, поскольку вопрос с обзорностью карты в силу малого размера экрана пока остается открытым [7, 8, 10, 26].

Заключение

Разработка интерфейса мобильных картографических приложений должна быть ориентирована на простого потребителя и предлагать возможные варианты решения его повседневных задач, связанных с использованием пространственных данных наиболее простым путем, посредством использования сложных операций, которые в приложении реализованы в виде пользовательского интерфейса. В результате проведенного исследования выполнен анализ интерфейсов мобильных картографических приложений, на основании которого был разработан типовой состав элементов интерфейса для мобильного картографического приложения. На основании анализа требований к интерфейсам и обобщения опыта создания мобильных картографических приложений сформулированы авторские принципы разработки интерфейса для мобильных картографических приложений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Утробина Е. С. Особенности картографических произведений на мобильных устройствах // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2017. XIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 17–21 апреля 2017 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2017. Т. 2. – С. 88–93.
2. Утробина Е. С., Кокорина И. П. Мобильная картография для охотников и рыболовов // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XIV Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов (Новосибирск, 23–27 апреля 2018 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2018. – С. 171–178.
3. Утробина Е. С., Кикин П. М. Особенности разработки картографических произведений для мобильных устройств // Сборник докладов Междунар. научно-практической конф. «От карты прошлого – к карте будущего» : сб. науч. тр. в 3 т. – Пермь, 2017. Т. 2. – С. 198–205.
4. Утробина Е. С., Кокорина И. П. Мобильные картографические приложения для охотников и рыболовов // Вестник СГУГиТ. – 2019. – Т. 24, № 1. – С. 119–134.
5. Касьянова Е. Л., Кикин П. М., Грищенко Д. В. Разработка картографических приложений для мобильных устройств [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/v/razrabotka-kartograficheskikh-prilozheniy-dlya-mobilnyh-ustroystv>.
6. Заблоцкий В. Р. Мобильные ГИС – новое направление развития геоинформационных систем [Электронный ресурс] // Международный журнал экспериментального образования. – 2014. – № 11-1. – С. 22–23. – Режим доступа: <http://www.expeducation.ru/ru/article/view?id=6200>.
7. Гук А. П., Матерук А. Ю., Утробина Е. С. Придание смысловых дружественных свойств интерфейсу в различных ГИС // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2012. – № 2/1. – С. 194–198.
8. Утробина Е. С., Матерук А. Ю. Семантически дружественный интерфейс в инструментальной справочно-аналитической системе (ИСА ГИС) // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картогра-

фия, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск : СГГА, 2012. Т. 2. – С. 52–57.

9. Утробина Е. С., Писарев В. С. Разработка структуры пользовательского интерфейса инструментальной справочно-аналитической системы (ИСА ГИС) // 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. 8–13.

10. Проектирование интерфейса мультимедийного блока инструментальной справочно-аналитической ГИС / Д. В. Лисицкий, Е. В. Комиссарова, Е. С. Утробина, А. А. Колесников // ГЕО-Сибирь-2011. VII Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2011 г.). – Новосибирск : СГГА, 2011. Т. 1, ч. 1. – С. 205–209.

11. Пузаченко Ю. Г. Математические методы в экологических и географических исследованиях : учеб. пособие. – М. : Академия, 2004. – 416 с.

12. Мобильные карты охотничьих угодий России [Электронный ресурс] : Карта охотника. Геопортал охотничьих угодий России. – Режим доступа: [https:// navigator.huntmap.ru/](https://navigator.huntmap.ru/).

13. Kraak M. J., Brown A. Web Cartography: Developments and Prospects : монография. – London : Taylor & Francis, 2001. – 228 с.

14. Offline Land Ownership Hunting GPS Maps [Электронный ресурс] : The #1 GPS Hunting App. – Режим доступа : <http://www.onxmaps.com>.

15. Николай Геллар. UX дизайн. Процесс создания дизайна мобильного приложения с нуля [Электронный ресурс]: uxpub. – Режим доступа: <https://ux.pub/process-sozdaniya-dizajna-mobilnogo-prilozheniya-s-nulya/>.

16. 15 UI дизайнов мобильных карт [Электронный ресурс] : блог о веб-дизайне, SEO и интернет-маркетинге. – Режим доступа : <https://pt-blog.ru/15-ui-dizajnov-mobilnyx-kart/>.

17. Material Design for Android [Электронный ресурс] : Documentation for app developers. – Режим доступа: <https://developer.android.com/design/material?hl=ru>.

18. Бизнес идея № 4818. Он-лайн приложение для визуализации картографических данных [Электронный ресурс] : 1000 идей. Предложения для бизнеса. – Режим доступа: <https://www.1000ideas.ru/article/biznes/mobilnye-prilozheniya/biznes-ideya-4818-on-layn-prilozhenie-dlya-vizualizatsii-kartograficheskikh-dannykh/>.

19. Alex Voloshyn. Карта навигации [Электронный ресурс] : A Medium Corporation [US]. – Режим доступа <https://medium.com/ux-clan-flow/>.

20. Лучшие картографические приложения для iPhone, iPad и телефонов на Android [Электронный ресурс] : картографические приложения. – Режим доступа: http://apps.ru/dir/best_programms/maps/99.

21. Картографические приложения [Электронный ресурс] : разработка программного обеспечения. – Режим доступа : <https://www.arsis.ru/blog/openlayers>.

22. Формализация процессов формирования мультимедийных продуктов в инструментальной справочно-аналитической ГИС / Д. В. Лисицкий, Е. В. Комиссарова, Е. С. Утробина, А. А. Колесников // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2012. – № 3. – С. 93–99.

23. Гаврилов Ю. В. Картографический дизайн : монография. – Новосибирск. : СГГА, 2013. – 146 с.

24. Берлянт А. М. Картография : учебник. – М. : Аспект Пресс, 2001. – 336 с.

25. Виртуальные географические среды / под ред. В. С. Тикунова. – пер. с англ. – Краснодар : Краснодарская панорама досуга, 2015. – 352 с.

26. Выберите свой Cardboard [Электронный ресурс] : Выберите свой Cardboard. – Режим доступа : https://vr.google.com/intl/ru_ru/cardboard/get-cardboard/.

© Е. С. Утробина, И. П. Кокорина, 2019

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ШРИФТОВОГО ОФОРМЛЕНИЯ ТАКТИЛЬНЫХ КАРТ, СОЗДАВАЕМЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Юлия Николаевна Андрюхина

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, аспирант кафедры картографии и геоинформатики, тел. (999)466-00-90, e-mail: andryukhina.yuliya@yandex.ru

Технологии моделирования и 3D-печати стремительно внедряются во многие отрасли производства, дополняя или даже вытесняя традиционные методы, и позволяют получать новые результаты в различных сферах деятельности. Исследования и разработки, основанные на применении трехмерной печати, не обошли стороной и тактильную картографию, что вполне ожидаемо, учитывая саму сущность тактильного восприятия – осязание рельефа изучаемой поверхности.

В статье рассмотрена возможность использования 3D-печати для шрифтового оформления тактильных карт, предназначенных для людей с ограничением зрительной функции. Приводятся результаты исследования по восприятию шрифта Брайля, созданного на 3D-принтере.

Разработан алгоритм преобразования текстовых и численных данных полей атрибутивных таблиц баз географических информационных систем в надписи объектов, выполненных шрифтом Брайля.

Ключевые слова: тактильная картография, шрифт Брайля, географические информационные системы, незрячие и слабовидящие люди, аддитивные технологии.

DEVELOPMENT OF FONT DESIGN FOR TACTICAL MAPS, CREATED WITH THE USE OF ADDITIVE TECHNOLOGIES

Yulia N. Andryukhina

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D. Student, phone: (999)466-00-90, e-mail: andryukhina.yuliya@yandex.ru

Modeling technologies and 3D printing are being introduced into many branches of production, supplementing or displacing traditional methods and provide new results in various fields. Research and development based on the use of three-dimensional printing did not bypass tactile cartography, which is quite expected, given the very essence of tactile perception – the sense of touch of the surface under study.

The article discusses the possibility of using 3D printing for the font design of tactile maps intended for people with limited visual function. The author presents the results of a study on the perception of Braille created with a 3D printer.

An algorithm developed for converting textual and numerical data from fields in the attribute tables of geographic information system bases into inscriptions of objects executed in Braille was.

Key words: tactile cartography, Braille, geographic information systems, blind and visually impaired people, additive technologies.

Введение

Созданию картографических материалов, предназначенных для незрячих и слабовидящих людей, посвящен специальный раздел картографии – тактиль-

ная картография, которая базируется на создании рельефных картографических изображений, тактильно воспринимаемых кончиками пальцев человека. В последние годы научно-технический прогресс привел к появлению новых технологий и материалов для производства рельефной графики, что, безусловно, должно быть использовано для повышения качества тактильных карт.

Одним из перспективных направлений совершенствования тактильных картографических материалов являются аддитивные технологии, которые в комплексе с геоинформационными системами позволяют создавать тактильный план или карту на основе картографических цифровых данных.

В статье рассматривается использование шрифта Брайля на тактильных картах, созданного с использованием технологии 3D-печати. Стоит отметить, что исследований по восприятию шрифта Брайля, созданного с использованием аддитивных технологий, ранее не проводилось, исследовалось только тактильное восприятие условных обозначений [1–16]. Поэтому целью настоящего исследования явилось изучение возможности использования 3D-печати для создания подписей, выполненных шрифтом Брайля, на тактильных картах.

Задачей, стоявшей перед автором, было создание образца шрифта Брайля с использованием аддитивных технологий (3D-печати на пластике различных видов) и проверка тактильного восприятия созданного шрифта Брайля, с привлечением незрячих и слабовидящих людей.

Методы и материалы

Для проведения апробации с использованием 3D-печати были подготовлены три образца шрифта Брайля на пластике разных видов – ABS, PLA, Watson. Символы шрифта Брайля были размещены по столбцам, общее количество символов составило – 33.

Этапы исследования:

1. Исследование возможности использования стандартных размеров для шрифта Брайля, которые регламентируются ГОСТ Р 56832-2015 «Шрифт Брайля. Требования и размеры» при печати на 3D-принтере;

2. Исследование и определение оптимальных температурных характеристик печати шрифта Брайля пластиком на 3D-принтере, с достаточной для восприятия незрячими точностью и детальностью;

3. Выявление на каком виде пластика – ABS, PLA или Watson, напечатанный шрифт Брайля воспринимается незрячими наилучшим образом.

Место проведения исследования и апробации – г. Новосибирск, Новосибирская областная специальная библиотека для незрячих и слабовидящих.

Результаты

При исследовании размеров шрифта Брайля, регламентируемые ГОСТ Р 56832-2015 «Шрифт Брайля. Требования и размеры» [17] (рис. 1) был использован крупный размер шрифта.

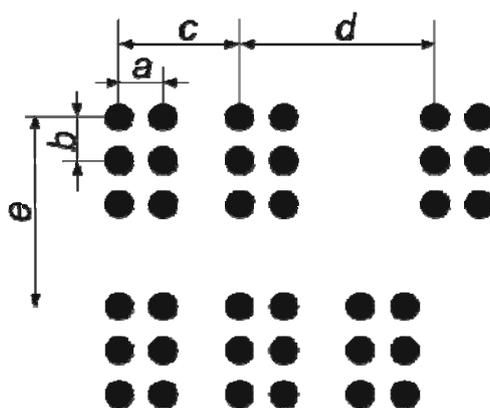


Рис. 1. Размеры шрифта Брайля [17]

Стандартные размеры крупного шрифта Брайля согласно [17]:

- расстояние a в горизонтальном направлении от центра одной точки до центра другой точки составляет 2,7 мм;
- расстояние b в вертикальном направлении от центра одной точки до центра другой точки составляет 2,7 мм;
- расстояние c от центра 1 точки до центра 2 точки следующего знака составляет 6,6 мм;
- расстояние d от центра 1 точки последнего знака слова до центра 2 точки первого знака следующего слова равняется двойному значению c , т. е. 13,2 мм;
- расстояние e от центра 1 точки до центра 2 точки следующей строки 10,8 мм. При использовании 8 точек шрифта Брайля, высота строки увеличивается на 2,7 до 13,5 мм;
- диаметр точки равняется примерно 1,5 мм.

При печати крупного шрифта были замечены следующие дефекты [1]:

- неравномерное экструдирование – излишки пластика, которые появляются в результате неверно заданной температуры плавления пластика (температура выше необходимой);
- пластиковые нити – дефект возникает в результате печати чересчур мелких деталей для конкретной модели 3D-принтера, точность принтера недостаточная для печати подобных моделей.

Для устранения выявленных дефектов печати был разработан и реализован в среде ГИС алгоритм сглаживания углов структурных элементов символов Брайля (точек) для более успешного их тактильного распознавания (рис. 2, a , b).

В результате многократной апробации печати шрифта Брайля на 3D-принтере, для более точного воспроизведения шрифта Брайля на 3D-принтере и устранения дефектов печати, были подобраны оптимальные технические характеристики – температура плавления пластика, температура нагрева стола и скорость печати 3D-принтера (таблица).

По результатам апробации более 50 % мужчин распознали шрифт Брайля на пластике ABS, порядка 40 % на пластике вида PLA и около 10 % на пластике вида Watson.

По результатам апробации более 20 % женщин распознали шрифт Брайля на пластике ABS, порядка 70 % на пластике вида PLA и около 10 % на пластике вида Watson.

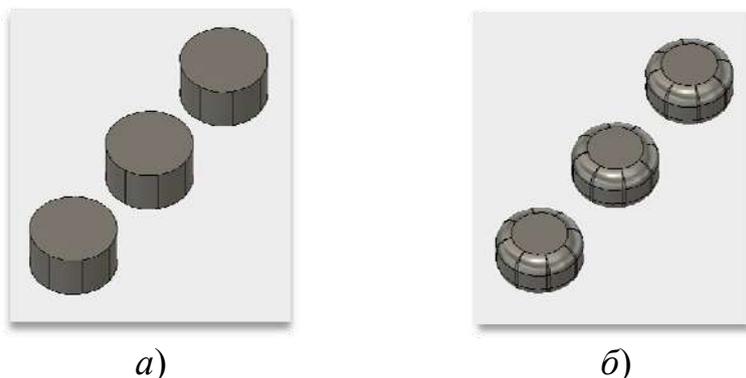


Рис. 2. Преобразование шрифта Брайля для печати на 3D-принтере
 а) до сглаживания прямых углов; б) после сглаживания

Температурные параметры печати для пластиков видов: ABS, PLA, Watson

Вид пластика	Температура плавления пластика, °C	Температура нагрева стола принтера, °C	Скорость печати, мм/с
PLA	210	50	45
ABS	240	90	15
Watson	240	45	15

Таким образом, шрифт Брайля, напечатанный на пластике вида PLA, воспринимается незрячими наилучшим образом. Это объясняется тем, что пластик ABS имеет самую высокую температуру плавления и температуру нагрева стола 3D-принтера среди остальных видов пластика, поэтому мелкие детали на тактильных картах более выражены на данном виде пластика, в отличие от пластика Watson или PLA. Следовательно, женщины при изучении шрифта Брайля, напечатанной на пластике ABS, тактильно воспринимают и замечают различные дефекты печати, в отличие от мужчин, которые не распознают дефекты печати тактильно. Это не позволяет достоверно распознать символ Брайля, этим и вызвано лучшее восприятие шрифта Брайля женщинами на пластике PLA, чем на ABS, так как на нем дефекты печати менее заметны. Такие выводы подтверждают результаты исследований по более точному восприятию рельефной графики женщинами [18–21].

Обсуждение

В ходе проведенного исследования доказана возможность использования аддитивных технологий для печати шрифта Брайля. Полученные результаты исследования позволяют создавать тактильные карты на более прочном материа-

ле – пластике, чем микрокапсульная бумага, которая не долговечна в использовании. По результатам исследования выявлен вид пластика, который наилучшим образом тактильно распознается незрячими людьми.

Следует отметить, что при печати шрифта Брайля на пластике с использованием аддитивных технологий современные принтеры не обладают достаточной точностью для печати углов точек Брайля, при печати замечены различные дефекты. Поэтому принятое технологическое решение по сглаживанию символов Брайля позволит использовать размеры, которые регламентируются ГОСТ Р 56832-2015 «Шрифт Брайля. Требования и размеры».

Заключение

По результатам проведенного исследования:

1. Исследована возможность использования размеров для шрифта Брайля, которые регламентируются ГОСТ Р 56832-2015 «Шрифт Брайля. Требования и размеры» при печати на 3D-принтере, доказано, что размеры, которые регламентируются ГОСТ, возможно использовать при печати пластиком на 3D-принтере, однако, необходимо выполнять сглаживание углов точек Брайля (рис. 2).

2. Исследованы и выявлены оптимальные температурные характеристики печати пластиком на 3D-принтере шрифта Брайля, с достаточной для восприятия незрячими точностью и детальностью (таблица).

3. Пластики вида ABS, PLA были тактильно распознаны более чем половиной тестируемых, однако в ранее проведенном исследовании [1] был определен пластик для печати тактильных карт – ABS, следовательно, для печати шрифта Брайля на тактильных картах будет использован пластик ABS.

По результатам полученных и проведенных ранее исследований, в дальнейшем необходимо определить оптимальный вид пластика для полноценных тактильных карт: картографическое изображение, легенда и подписи, выполненные на шрифте Брайля.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Андрюхина Ю. Н. Исследование возможности использования современных методик 3D-печати при создании тактильных карт и планов // Вестник СГУГиТ. – 2019. – Т. 24, № 1. – С. 72–82.

2. Андрюхина Ю. Н., Пошивайло Я. Г., Ананьев В. А. К вопросу разработки типовой методики создания тактильных карт // Геодезия и картография. – 2018. – Т. 79, № 11. – С. 25–33.

3. Пошивайло Я. Г., Андрюхина Ю. Н. Исследование особенностей восприятия тактильных условных знаков различными группами пользователей с целью разработки специальных картографических материалов // Вестник СГУГиТ. – 2017. – Т. 22, № 3. – С. 99–106.

4. Пошивайло Я. Г., Лесневский Ю. Ю., Андрюхина Ю. Н., Разработка условных знаков для серии тактильных карт субъектов Российской Федерации // Геоинформационное обеспечение пространственного развития Пермского края. – 2016. – С. 90–96.

5. Пошивайло Я. Г., Андрюхина Ю. Н. Исследование особенностей восприятия тактильных условных знаков школьниками с ограничением зрительной функции // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2017. XIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинфор-

матика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 17–21 апреля 2017 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2017. Т. 2. – С. 78–83.

6. Пошивайло Я. Г., Дмитриев Д. В., Лесневский Ю. Ю. Современное состояние и перспективы развития тактильной картографии // ИнтерКарто – Интер-ГИС-2014 «Устойчивое развитие территорий: картографо-информационное обеспечение» : сб. материалов Международной конференции (г. Белгород, 23–24 июля 2014 г.). – Белгород : БГНИУ 2014. – С. 607–609.

7. Пошивайло Я. Г., Андрюхина Ю. Н., Прысева А. В. Современные возможности использования средств навигации для людей с ограничением зрительной функции // Регулирование земельно-имущественных отношений в России: правовое и геопространственное обеспечение, оценка недвижимости, экология, технологические решения : сб. материалов Национальной научно-практической конференции, 14–15 декабря 2017 г. – Новосибирск : СГУГиТ, 2018. – 217 с.

8. Lobben A., Patton D. Design Guidelines for Digital Atlases // Cartographic Perspectives. – Milwaukee, 2003. – No. 44. – P. 51–62.

9. Lobben A. Navigational map reading: Predicting performance and identifying relative influence of map-related abilities [Электронный ресурс] // Annals of the Association of American Geographer – Malden. 2007. – Режим доступа: http://geog.uoregon.edu/geocog/information/library/lobben_07_navigational.pdf – Загл. с экрана.

10. Lawrence M. M., Lobben A. The design of tactile thematic symbols // Journal of Visual Impairment and Blindness. – Arlington, 2011. – No. 105 (10). – P. 681–691.

11. Guidelines and Standards for Tactile Graphics [Электронный ресурс]. – 2017. – Режим доступа: <http://brailleauthority.org/tg/web-manual/>. – Загл. с экрана.

12. Hagood L. A standard tactile symbol system: Graphic language for individuals who are blind and unable to learn braille. SEE/HEAR [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.tsbvi.edu/Outreach/seehear/archive/tactile.html. – Загл. с экрана.

13. Hagood L. A standard Tactile Symbol System: Graphic Language for Individuals who are Blind and Unable to Learn Braille. Life Skill Department, Texas School for the Blind and Visually Impaired [Электронный ресурс] // Life Skill Department, Texas School for the Blind and Visually Impaired. – Режим доступа: [from https://www.tsbvi.edu/selected-resource-topics](https://www.tsbvi.edu/selected-resource-topics) – Загл. с экрана.

14. Lawrence M. M., Lobben A. The design of tactile thematic symbols // Journal of Visual Impairment and Blindness. – Arlington, 2011. – No. 105 (10). – P. 681–691.

15. Gual, J. Visual impairment and urban orientation. Pilot study with tactile maps produced through 3D printing / J. Puyuelo, M. Loveras, L. Merino // Psychology: Ambiental-Bilingual Journal of Environmental Psychology, 2012 – № 3. – pp. 239–250.

16. Foundations of orientation and mobility / editors Bruce B. Blasch, William R. Wiener, Richard L. Welsh. – second edition. – N-Y: AFB press, 1997. – P. 284–316.

17. ГОСТ Р 56832-2015. Шрифт Брайля. Требования и размеры – М. : Стандартинформ, – 2016. – 7 с.

18. Ермаков В. П. Графические средства наглядности для слабовидящих : учеб. пособие. – М. : ВОС, 1988. – 20 с.

19. Соколов В. В. Эволюция тифлоинформационных средств // Дефектология / ред. Н. Н. Малофеев, И. А. Коробейников. – 2009. – № 5. – С. 57–63.

20. Литвак А. Г. Психология слепых и слабовидящих. – СПб. : Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 1998. – 271 с.

21. Литвак А. Г. Тифлопсихология : учеб. пособие для студентов пед. ин-тов по спец. Дефектология. – М. : Просвещение, 1985. – 264 с.

© Ю. Н. Андрюхина, 2019

КАРТОГРАФИРОВАНИЕ СЕЗОННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД СОЛЕННОГО ОЗЕРА

Людмила Константиновна Радченко

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плехотного, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры картографии и геоинформатики, тел. (913)909-51-88, e-mail: l.k.radchenko@sgugit.ru

Анна Владимировна Троеглазова

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плехотного, 10, доктор философии, доцент кафедры специальных устройств, инноватики и метрологии, тел. (923)254-06-87, e-mail: troeglasovaa@mail.ru

Дмитрий Александрович Тужик

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плехотного, 10, обучающийся, тел. (923)254-06-87, e-mail: buster9@bk.ru

Экологическое картографирование позволяет проводить анализ экологической ситуации и ее изменчивости во времени и пространстве. Для достижения этой цели необходимо выполнить сбор, анализ и интерпретацию информации о факторах природной среды, влияющих на здоровье человека и экосистемы, а также создать географически корректное картографическое представление на основе полученной экологической информации. Картографический метод исследования позволяет наглядно понять степень загрязнения химическими элементами поверхностных вод.

Объектом исследования является соленое озеро, расположенное в Аягозском районе на границе Восточно-Казахстанской и Алматинской областей. Пробы поверхностных вод были отобраны на трех станциях водоема в разные времена года. С помощью картографического моделирования были сделаны выводы о пространственно-временной изменчивости содержания ионов стронция, бора, алюминия и лития в соленых водах.

Ключевые слова: экологическое картографирование, загрязнение поверхностных вод химическими элементами, методика создания экологических карт.

A MAPPING OF SEASONAL VARIABILITY OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF SURFACE WATERS OF THE SALT LAKE

Lyudmila K. Radchenko

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D., Associate Professor, Department of Cartography and Geoinformatics, phone: (913)909-51-88, e-mail: l.k.radchenko@sgugit.ru

Anna V. Troeglazova

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D., Associate Professor, Department of Special-Purpose Devices, Innovatics and Metrology, phone: (923)254-06-87, e-mail: troeglasovaa@mail.ru

Dmitry A. Tajik

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Student, phone: (923)254-06-87, e-mail: buster9@bk.ru

Ecological mapping allows to analyzing the ecological situation and its spacio-temporal variability. To achieve this goal, it is necessary to collect, analyze and interpret information on environmental factors affecting human health and ecosystems, as well as to create a geographically correct cartographic representation based on the obtained environmental information. Cartographic research method allows clearly understanding the degree of contamination of surface water by chemical elements.

The object of the study is a salt lake located in Ayagoz district on the border of East Kazakhstan and Almaty regions. Surface water samples were taken at three stations of the reservoir at different times of the year. With the help of cartographic modeling, conclusions were made about the change in the spatio-temporal variability of the content of strontium ions, boron, aluminum and lithium in salt waters.

Key words: ecological mapping, pollution, surface waters, chemical elements, method of creation of ecological maps.

Введение

Экологическое картографирование позволяет проводить анализ экологической ситуации и ее изменчивости во времени и пространстве. Для достижения этой цели необходимо выполнить сбор, анализ и интерпретацию информации о факторах природной среды, влияющих на состояние экосистемы, а также создать географически корректное картографическое представление на основе полученной экологической информации. Кроме того, проведение экологического картографирования водоемов применимо при изучении путей миграции химических элементов в природных водах, выявлении экологически опасных зон, характеризующихся превышением установленных предельно допустимых концентраций, и изучении зависимости состава поверхностных вод от состава горных пород.

Условия накопления химических элементов в поверхностных водах соленых озер, несмотря на большое количество опубликованных работ [1–5], по-прежнему остаются невыясненными в полной мере. Состав поверхностных вод не постоянен в течение года и зависит от температуры поверхностных вод, кислотности водной фаз, особенностей химического состава горных пород [1–6].

Цель работы заключается в разработке картографического материала на основании результатов аналитического контроля содержания ионов металлов в природных водах соленого озера.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- провести химический анализ образцов поверхностной воды в течение одного календарного года и на различных станциях водоема;
- выбрать способ для картографического отображения экологических данных;
- сделать вывод об экологическом состоянии водоема.

Методы и материалы

Образцы поверхностных вод были отобраны в соленом озере, расположенном в Аягозском районе на границе Восточно-Казахстанской и Алматинской областей (рис. 1).



Рис. 1. Местоположение исследуемого объекта

Выбор объекта обусловлен близостью Актогайского месторождения, строение которого представлено на рис. 2.

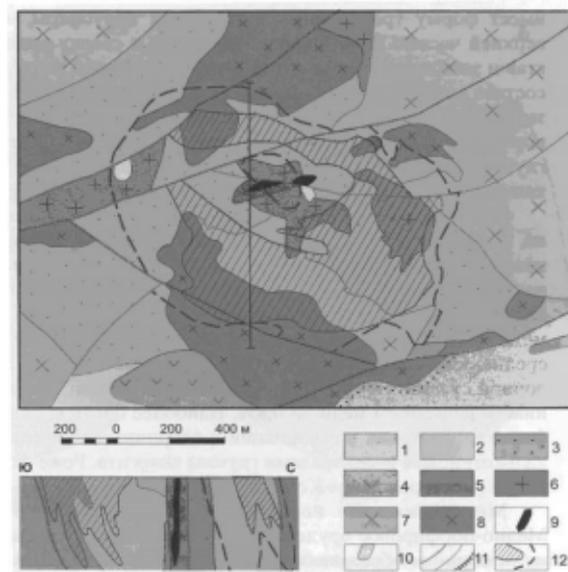


Рис. 2. Геологическое строение месторождения Актогай:

1 – песчаники, гравелиты с прослоями туфов липаритов и дацитов колдарской свиты; 2 – туфы дацитов и андезит-дацитов керегетасской свиты; 3 – роговики и ороговикованные порфириты и туфы керегетасской свиты; 4 – штоко- и дайкообразные тела андезит-дацитовых порфиритов; 5–8 – гранитоиды, диориты и габбро-диориты Колдарской интрузии; 9 – тела брекчий на турмалинизированном цементе; 10 – кварцевые тела; 11 – контакты тектонические, интрузивные и несогласные; 12 – границы рудных тел и рассеянной рудной минерализации

По геолого-промышленному типу Актогайское месторождение относится к медно-порфировым месторождениям, характеризующимся однотипным минеральным составом (пирит, халькопирит, молибденит, халькозин, борнит) и содержанием рудных компонентов в широком концентрационном диапазоне [7]. Запасы месторождения можно отнести также к полиметаллическим рудам медно-алюмосиликатного типа [8].

Исследования включали в себя три этапа: первый – отбор проб поверхностных вод на трех станциях водоема и проведение химического анализа, второй этап – картографический метод исследования путем нанесения показателей на карту и третий – оценка гидрохимических характеристик соленого озера на основании готового картматериала.

Первый этап. Гидрохимические образцы отбирали на трех станциях: станция 1 – северная часть озера; станция 2 – восточная часть озера; станция 3 – южная часть озера. Образцы поверхностных вод отбирали в течение 1 календарного года на указанных станциях с резиновой лодки с помощью полиэтиленовой емкости вместимостью 1 дм³. Пробоотбор, пробоподготовку и транспортировку образцов осуществляли в соответствии с требованиями стандарта ГОСТ 31861–2012 [9].

Содержание ионов металлов в отобранных образцах определяли в соответствии с требованиями СТ РК ИСО 17294-1–2011 [10] на масс-спектрометре с индуктивно связанной плазмой Agilent 7500 сх.

Результаты и их обсуждение

Первый этап – результаты химического анализа отобранных образцов.

На основании предварительных исследований было установлено преобладающее содержание в образцах поверхностных вод соленого озера ионов стронция, бора, алюминия и лития, поэтому в работе приведены результаты аналитического контроля содержания указанных ионов в отобранных образцах (таблица).

Содержание ионов указанных металлов незначительно (менее чем в 10 раз) превышает ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения [11]. Микрокомпонентный катионный состав исследуемых поверхностных вод предопределен металлогенической продуктивностью региона – близостью залегания медно-молибденитовых алюмосиликатных пород [12, 13].

Второй этап – составление карты загрязнения поверхностных вод. Первоначально создавалась общегеографическая основа путем векторизации космического снимка, размещенного на сайте Kosmosnimki.ru (рис. 3) [14].

Рельеф был построен методом интерполяции данных (способ горизонталей), полученных с топографической карты и нанесения послойной окраски. Для нанесения данных на карту в виде локализованных диаграмм были использованы результаты химического анализа образцов поверхностных вод (таблица). Именно этот способ картографического отображения применяется для отображения информации, привязанной к определенным точкам на карте (станции-

ям или пунктам, в которых ведутся наблюдения за картографируемым явлением) [15].

Результаты химического анализа образцов поверхностных вод

Сезон	pH, ед.	Номер станции пробоотбора	Содержание ионов металлов, мкг/мл			
			Sr	B	Al	Li
Весна	8,53	Станция 1	1,5510	0,8473	0,1410	0,0868
		Станция 2	1,4810	0,9412	0,7759	0,0892
		Станция 3	1,5160	0,7885	0,0780	0,0828
		Среднее по водоему	1,5160	0,8590	0,3316	0,0863
Лето	8,29	Станция 1	1,3960	1,3230	0,2213	0,0915
		Станция 2	1,4250	1,1270	0,2135	0,0897
		Станция 3	1,4570	1,2780	0,3654	0,0842
		Среднее по водоему	1,4260	1,2430	0,2667	0,0885
Осень	7,91	Станция 1	1,6157	1,5000	0,2168	0,1100
		Станция 2	1,3730	1,1960	0,2426	0,1175
		Станция 3	1,5180	1,4010	0,3387	0,0927
		Среднее по водоему	1,5022	1,3657	0,2660	0,1067
Зима	8,03	Станция 1	1,7850	1,5800	0,2611	0,1313
		Станция 2	1,4440	1,2850	0,2811	0,1456
		Станция 3	1,6320	1,4610	0,3120	0,0992
		Среднее по водоему	1,6203	1,1087	0,2847	0,1254

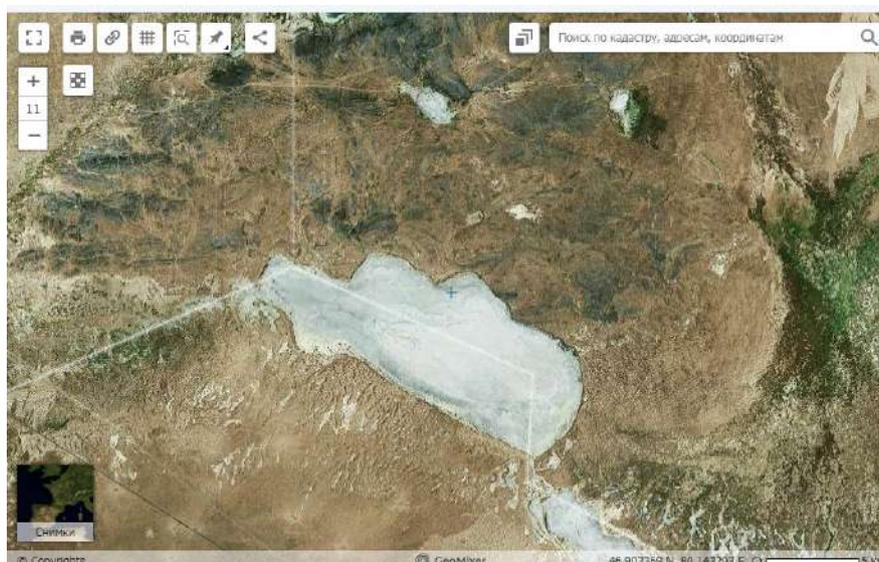


Рис. 3. Снимок картографируемого объекта

Далее необходимо было построить непрерывную шкалу концентраций для вычисления высоты столбца диаграммы. Для этого использовалась следующая формула:

$$X = \frac{C_x \cdot h_{\max}}{C_{\max}},$$

где X – искомая высота столбца для данной концентрации химических элементов;

C_x – концентрация искомого элемента;

h_{\max} – максимальная высота столбца для максимальной концентрации химических элементов;

C_{\max} – максимальная концентрация химических элементов.

Локализованную диаграмму строили в декартовой системе координат (рис. 4), где ось абсцисс – показатель концентрации, а ось ординат – высота столбцов.

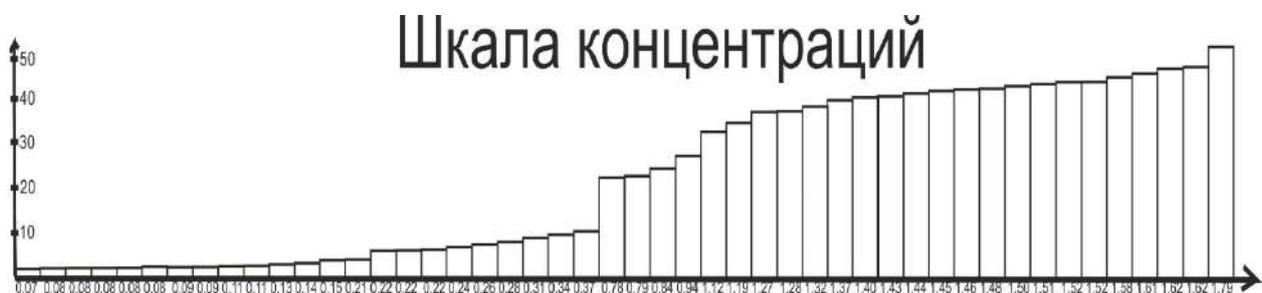


Рис. 4. Шкала концентраций химических элементов

Высота столбца находится в прямой зависимости от концентрации определяемого элемента. Расстояния между каждым значением концентрации было постоянным. Так, картографируемые показатели с помощью шкалы, были нанесены в место соответствующей станции, на определенный сезон года (рис. 5, 6).

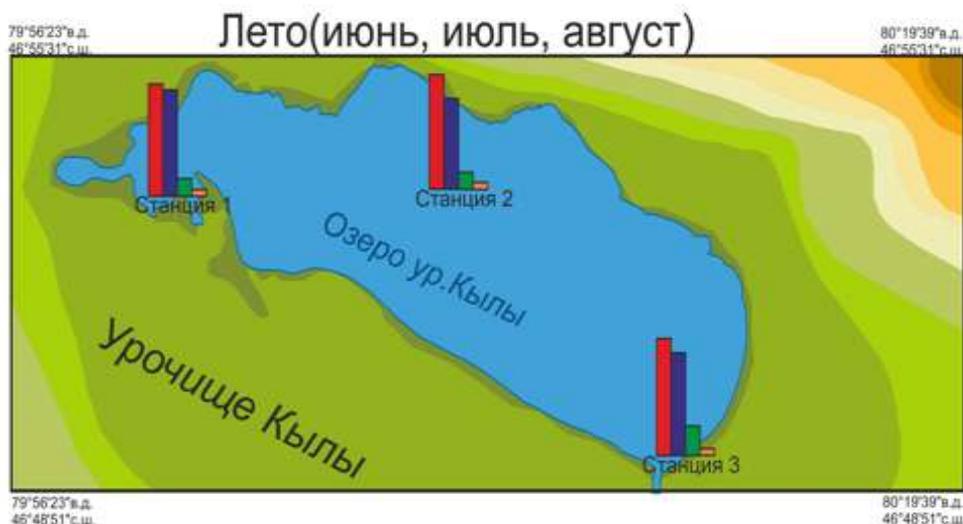


Рис. 5. Отображение химических элементов в период лета



Рис. 6. Отображение химических элементов в период зимы

После того как локализованные диаграммы были нанесены по соответствующим станциям на карту, оформлялась легенда и зарамочное оформление карты. Цвет для отображения химических элементов выбирали произвольным путем, но так, чтобы карта была наглядной (рис. 7).



Рис. 7. Фрагмент условных обозначений

После обеспечения хорошей читаемости карты, было принято решение построить дополнительную шкалу общей солености воды на всех станциях по всем сезонам года. Данная шкала позволяет анализировать зависимость солености поверхностных вод от сезона года (рис. 8). Далее разрабатывали компоновку карты, т. е. взаимное расположение всех ее элементов.

Третий этап – оценка гидрохимических характеристик соленого озера

Представленные на рис. 5, 6 карты позволяют провести анализ пространственно-временной динамики изменения концентраций стронция, бора, алюминия и лития в поверхностных водах соленого озера, что в дальнейшем может быть использовано для анализа экологической обстановки водоема.

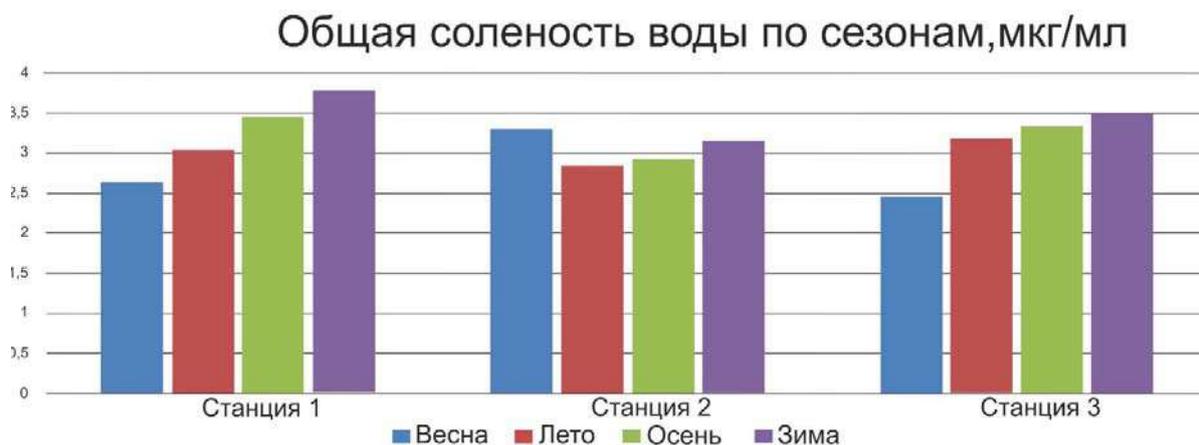


Рис. 8. Шкала общей солености воды

В исследуемых образцах содержание стронция в течение календарного года варьировалось в диапазоне 1,3960–1,7850 мкг/мл (см. таблицу, рис. 5, 6), относительно высокие концентрации стронция являются особенностью хлоридно-натриевых поверхностных вод. Отмечено понижение концентрации аналита в летний период с последующим монотонным ростом. Снижение концентрации в период повышения температуры воды может быть обусловлено осаждением микроэлементов за счет выпадения в осадок малорастворимых соединений из пересыщенного раствора с солями и глинистыми минералами [16, 17].

Бор в состав поверхностных соленых вод может поступать из осадочных пород соленосных отложений. Наибольшее содержание ионов зафиксировано в осенний период. С увеличением значений рН среды наблюдается снижение концентрации ионов бора (см. таблицу, рис. 5, 6), что может быть обусловлено образованием малорастворимых комплексных солей с полуторными оксидами [17, 18].

Среднегодовое содержание алюминия в отобранных образцах составило $(0,2873 \pm 0,0119)$ мкг/мл (см. таблицу, рис. 5, 6). В летний и осенне-зимний период концентрация ионов алюминия незначительно отличалась от среднегодового значения, однако зафиксировано небольшое повышение концентрации для проб, отобранных на станции 3. В весенний период зафиксировано изменение концентрации в широком диапазоне от 0,0780 до 0,7759 мг/дм³, что может быть обусловлено различной степенью растворения глин и алюмосиликатов при различной температуре и различном значении кислотности водной фазы [19, 20].

Содержание ионов лития изменялось в пределах 0,0828 – 0,1456 мкг/мл (см. таблицу, рис. 5, 6). На комплексообразование лития немалую роль оказывает содержание сульфатов и хлора в озерной воде, доля иона LiCl^- в соленых озерах хлоридного типа нередко достигает 40 %, доля LiSO_4^- в озерах сульфатного типа – 11 %. Установлено монотонное повышение концентрации ионов лития при переходе от весеннего периода к зимнему, что может быть обусловлено снижением растворимости некоторых солей с понижением температуры [17, 19].

Заключение

Проведенное в работе картографирование результатов химического анализа поверхностных вод направлено на изучение пространственно-временных особенностей поведения ионов металлов в соленых водоемах, что в свою очередь является важнейшим этапом при выполнении природоохранных мероприятий. Полученные результаты могут быть применены при моделировании гидрохимических процессов, протекающих в соленых водоемах. Примененная методика создания картографического материала может распространяться не только на изучение свойств поверхностных вод, но и по отношению к подземным водам и почвам, при изучении процессов миграции ионов металлов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Banks D., Parnachev V.P., Frengestad B., Holden W., Karnachuk O. V., Vedernikov A. A. The evolution of alkaline, saline ground- and surface waters in the southern Siberian steppes // *Applied Geochemistry*. – 2004. – V. 19. – № 12. – P. 1905–1926.
2. Химический состав соленых озер северо-минусинской котловины, Хакасия / Н. В. Гусева, Ю. Г. Копылова, А. А. Хвощевская, И. В. Сметанина // *Изв. ТПУ*. – 2012. – Т. 321, № 1. – С. 163–168.
3. Овчинникова С. И., Широкая Т. А., Пашкина О. И. Основные тенденции изменения гидрохимических показателей водной экосистемы Кольского залива (2000–2011) // *Вестник МГТУ*. – Т. 15, № 3. – С. 544–550.
4. Водные ресурсы Ширинского района Республики Хакасия / под ред. В. П. Парначева. – Томск : Изд-во Том. ун-та, 1999. – 171 с.
5. Минеральные озера Республики Хакасия (общая характеристика и состав вод) / В. П. Парначев, И. И. Вишневецкий, Д. Бэнкс, Н. А. Макаренко, Ю. Г. Копылова, И. В. Сметанина, Н. В. Архипова, А. Л. Архипов // *Вопросы географии Сибири*. – 2003. – Вып. 25. – С. 118–135.
6. Голованова О. А., Маловская Е. А. Динамика загрязнения ионами тяжелых металлов поверхностных вод рек Сибирского региона // *Вестник Омского ун-та*. – 2016. – № 3. – С. 64–73.
7. Обзор рынка меди в странах СНГ (Казахстан, Узбекистан, Армения, Украина и пр.). – М., 2013 г.
8. Жумақынбай Н. Разработка технологии комплексной переработки медно-алюмосиликатных руд : дис. ... доктора философии (PhD). – Алматы, 2016. – 108 с.
9. ГОСТ 31861-2012. Вода. Общие требования к отбору проб.
10. СТ РК ИСО 17294-1-2011. Качество воды Применение масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС). Часть 1: Общее руководство. – Астана, 2010. – 32 с.
11. Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного назначения, в том числе нормативов предельно-допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного назначения. – М., 2016.
12. Козлов Н. Е., Предовский А. А. Введение в геохимию : учеб. пособие по дисциплинам «Общая геохимия» и «Прикладная геохимия». – Мурманск : Изд-во МГТУ, 2005. – 127 с.
13. Buck H. V. Toxicity heavy metals in the environment / Ed. by F. W. Ochme. – N.Y. : Basel : Dekker, 1978. – 357 p.
14. www.kosmosnimki.ru.
15. Радченко Л. К., Николаева О. Н. Основы тематической картографии. – Новосибирск : СГУГиТ, 2018. – 102 с.

16. Полякова Е. В. Стронций-содержащие воды юго-восточного беломорья и возможности их практического использования : автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. – М., 2005. – 25 с.
17. Формы нахождения металлов в природных водах в зависимости от их химического состава / Т. И. Моисеенко, М. И. Дину, Н. А. Гашкина, Т. А. Кремлева // Водные ресурсы. – 2013. – Т. 40, № 4. – С. 375–385.
18. Гордеева И. Ю., Чернова С. П. Применение флуориметрического и фотометрического методов при создании образцов для контроля содержания бора в водах различного типа // Вестник Удмуртского ун-та. – 2013. – Вып. 2. – С. 16–21.
19. Моисеенко Т. И., Гашкина Н. А. Распределение микроэлементов в поверхностных водах суши и особенности их водной миграции // Водные ресурсы. – 2007. – Т. 34, № 4. – С. 454–468.
20. Меринова О. М., Носкова Т. В., Ильина Е. Г. Аллювий в природных водах Верхней Оби // Известия Алт. гос. ун-та. – 2014. – С. 171–175.

© Л. К. Радченко, А. В. Троеглазова, Д. А. Тужик, 2019

НОВЫЙ ВИД ИНТЕРАКТИВНОГО КАРТОГРАФИЧЕСКОГО ПРОИЗВЕДЕНИЯ

Дмитрий Витальевич Лисицкий

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

Алексей Александрович Колесников

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

Елена Владимировна Комиссарова

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

Сергей Анатольевич Кузнецов

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, обучающийся, тел. (999)462-14-85, e-mail: kuzen.remember.me@gmail.com

На сегодняшний день нет общей методики создания и использования традиционных (бумажных) карт в интерактивном режиме с применением мобильных устройств и QR-кодов. В статье сформулированы цель и задачи исследования по разработке нового вида интерактивного картографического произведения. В результате изучения особенностей QR-кодов, рассмотрения возможностей расширения информационной емкости традиционных печатных карт с помощью мобильных устройств и QR-кодов, выделены базовые возможности использования их при создании нового вида карты, достоинства и недостатки применения мобильных устройств и QR-кодов при создании и использовании традиционной бумажной карты.

Ключевые слова: традиционные карты, мобильные устройства, QR-коды, интерактивный режим, объемы картографической информации.

A NEW KIND OF INTERACTIVE CARTOGRAPHICAL WORKS

Dmitry V. Lisitsky

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, D. Sc., Professor, Director, Institute of Strategic Development, phone: (383)344-35-62, e-mail: dlis@ssga.ru

Aleksey A. Kolesnikov

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

Elena V. Komissarova

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D., Associate Professor, Department of Cartography and Geoinformatics, phone: (913)710-85-60, e-mail: komissarova_e@mail.ru

Sergei A. Kuznetsov

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Student, phone: (999)462-14-85, e-mail: kuzenow.remember.me@gmail.com

Presently there is no general method of creating and using traditional (paper) maps using mobile devices and QR codes. The article formulates the purpose and objectives of the research in the development of a new kind of interactive cartographic work. As a result of studying the features of QR codes, considering the possibilities of expanding the information capacity of traditional printed maps using mobile devices and QR codes, the basic possibilities of using them when creating a new type of map, advantages and disadvantages of using mobile devices and QR codes when creating and using a traditional paper map are highlighted.

Key words: paper maps, mobile devices, QR codes, interactive mode, amount of cartographic information.

Введение

В связи с развитием мобильных устройств, в настоящее время использование QR-кодов широко распространено во всем мире, во всех видах деятельности, в том числе количество проектов, применяющих QR-коды в картографии сейчас возросло [1–3, 5].

Использование QR-кодов в картографии требует переосмысления в новом контексте методики создания и использования традиционных (бумажных) карт в интерактивном режиме, которая позволит в достаточной степени реализовать главную тенденцию современной картографии – предоставление пользователю больших (но не избыточных!) объемов информации при максимально наглядном ее отображении на основе индивидуального поиска и/или выбора информации самим пользователем в рамках картографического произведения и ссылок к интернет-ресурсам через QR-коды (рис. 1).



Рис. 1. Ссылка к интернет-ресурсам через QR-коды

В нашей стране примером использования QR-кодов при создании и использовании традиционных карт, может служить картографические произведе-

ния ФГБУ «Гидроспецгеология», одно из которых, несмотря на бумажную форму, обладает интерактивными элементами – символами в виде QR-кодов. Они являются ссылками на видеозаписи подводных исследований озера Байкал.

Однако на сегодняшний день нет общей методики создания и использования традиционных (бумажных) карт в интерактивном режиме с применением мобильных устройств и QR-кодов, недостаточно раскрыта теоретическая база в этой области, не хватает принципов, стандартов и инструкций по созданию и использованию картографического произведения с QR-кодами [1, 4–6]. По этой причине необходимо провести исследование особенностей QR-кодов с точки зрения информационного носителя пространственной информации, выявить их достоинства и недостатки, изучить их применение в картографии. Требуется разработка научно-методической основы для интерактивно-информационной картографии с использованием мобильных устройств, методики создания и использования традиционных картографических произведений в сочетании с мобильными устройствами и QR-кодами, составление технологической схемы, учитывающей современные потребности и технические решения.

Разработанная научно-методическая основа обеспечит дальнейшее развитие интерактивно-информационной картографии с использованием QR-кодов, а методика и общая технологическая схема создания и использования значительно улучшит и упростит процесс создания картографического произведения с QR-кодами, что и свидетельствует об актуальности выполняемого научно-практического исследования.

Исследования по данной тематике проводятся в рамках научного направления СГУГиТ «Исследования и разработка геоинформационных систем и технологий различного назначения». Общая цель этих исследований – разработка научно-методических основ и методики создания и использования традиционных (бумажных) карт в сочетании с мобильными устройствами в интерактивном режиме, в том числе с применением QR-кодов.

Решаемые задачи

Для достижения конечной цели нами были сформулированы следующие задачи:

- исследовать возможности и обосновать принципы расширения информационной емкости традиционных печатных карт с помощью QR-кодов;
- изучить особенности QR-кодов, выявить их достоинство и недостатки, изучить их применение в картографии у отечественных и зарубежных авторов;
- разработать научно-методические основы и методику создания и использования традиционных (бумажных) карт в интерактивном режиме с применением QR-кодов;
- разработать новый вид картографического произведения – интерактивно-информационную карту с QR-кодами, определить ее классификационные признаки и основные свойства карты;

- разработать способы применения QR-кодов для традиционных (бумажных) карт;
- дать определение, показать сущность и особенности интерактивно-информационной карты с QR-кодами и принципы использования гипертекстовых ссылок;
- разработать научно-методические основы частного случая интерактивно-информационной карты с QR-кодами с использованием мультимедийной информации;
- определить и классифицировать мультимедийные элементы для интерактивно-информационной карты с QR-кодами, разработать технические решения по их реализации и использованию звуковых и анимационных эффектов;
- разработать общие технологические схемы создания и использования традиционных (бумажных) карт в интерактивном режиме с применением QR-кодов;
- разработать общую теорию языка интерактивно-информационной карты с QR-кодами, которая позволит по-новому трактовать три основных составляющих семиотических принципа.

В статье рассмотрены информационные особенности QR-кодов и возможности расширения информационной емкости традиционных печатных карт с помощью QR-кодов, выделены преимущества и недостатки такого подхода.

Методы и материалы

С точки зрения информационной емкости были использованы данные стандарта на использование QR-кодов [7–9]. Один QR-код может включать следующее максимальное количество символов:

- цифры – 7 089 знаков,
- цифры и буквы (включая кириллицу) – 4 296 знаков,
- двоичный код – 2 953 байта,
- иероглифы – 1 817 знаков.

Все стандартные программы считывания QR-кодов позволяют закодировать следующие типы данных: событие в календаре, контакт адресной книги, адрес электронной почты, координаты точки, номер телефона, текст, ссылка на интернет ресурс. Для того чтобы было возможно хранить в QR-коде другие типы данных, например, изображения, звуковые и анимационные эффекты и так далее, необходимо разработать специализированную программу, которая будет ориентироваться на определенные форматы двоичных данных [10–13, 16, 17].

В качестве примера, количественные показатели числа объектов на карте (от 1 000 до 10 000) получены из обработки материалов цифрования карт, приказа Федерального агентства геодезии и картографии от 30 августа 2007 г. № 104-пр [14], а среднее число слов для текстового описания условных знаков (6 слов по 7 букв) получены из обработки таблицы условных знаков масштаба 1 : 10 000 [15].

Результаты

Первым этапом исследования являлось изучение особенностей QR-кодов, были выделены базовые возможности их использование при создании нового вида интерактивной карты, которые заключаются в следующем:

- простота в чтении и сканировании вычислительными устройствами;
- алгоритм для коррекции ошибок;
- форматы данных, ориентированные на мобильное устройство – контакты в адресной книге, web-ссылки, отправка SMS-сообщений и т. д.;
- возможность сканирования QR-кода в движении;
- предоставление специализированных приложений для чтения кода на бесплатной основе;
- возможность создания собственного QR-кода.

В результате проведенных исследований можно выделить ряд достоинств применения QR-кодов при создании и использовании традиционной бумажной карты:

- большой объем информации при сохранении читаемости;
- возможность размещения различных типов данных;
- возможность использования неподготовленным пользователем;
- частичная автоматизация процесса получения информации;
- представление базы данных в графическом виде;
- обобщение условных знаков;
- связывание бумажной карты и базы данных в мобильном устройстве.

К недостаткам нужно отнести необходимость разработки специализированного программного обеспечения для реализации всех преимуществ использования QR-кодов.

Ориентировочные количественные расчеты показывают, что один QR-код может занимать площадь зарамочного оформления карты от 1 до 4 кв. см в зависимости от качества печати. Если исходить из среднего значения площади QR-кода 2 кв. см и один такой код будет содержать информацию объемом порядка 4 килобайтов (КБ), то плотность кода составит 2 КБ на 1 кв. см площади зарамочного оформления. Средний объем текстового описания сущности и семантических свойств объекта на карте (выраженных условным знаком) составляет 42 байта, поэтому в одном QR-коде можно описать семантику порядка 100 объектов карты. В среднем, в зависимости от объема содержания географической карты, ее размеров и масштаба, число показанных на ней объектов находится в диапазоне от 1 000 до 10 000, следовательно, для записи их семантики потребуется от 10 до 100 QR-кодов, при этом они займут площадь зарамочного оформления от 20 до 200 кв. см, что максимально составит не более 13 % общей площади карты.

С другой стороны, для тематических карт, на которых число тематических объектов составляет, как правило, не более 50, с помощью 25 QR-кодов можно дополнить информацию о каждом таком объекте в объеме порядка 300 слов,

что в десятки раз превышает обычный объем информации, передаваемой условными знаками.

Обсуждение

В результате проведенных исследований можно сделать вывод о том, что начинает формироваться самостоятельное направление в картографии – интерактивно-информационная картография, основанная на комплексном применении аналоговой информации традиционной карты в сочетании с цифровой информацией с мобильных устройств, обеспечивающая новые возможности для восприятия человеком окружающего пространства [18–21]. Например, можно применять QR-коды, упрощать картографические условные знаки, повышать читаемость и информативность картографических изображений за счет перераспределения информации из графического вида в другие – речь, звук, текст, фото и др., что особенно актуально при использовании мобильных устройств с малым размером экрана, совмещать цифровые и традиционные бумажные карты. Кроме того, облегчается чтение карты пользователями, не имеющими специальной картографической подготовки. По совокупности признаков, современные технические возможности позволяют обосновать новый вид картографического произведения как интерактивно-информационную карту (рис. 2).

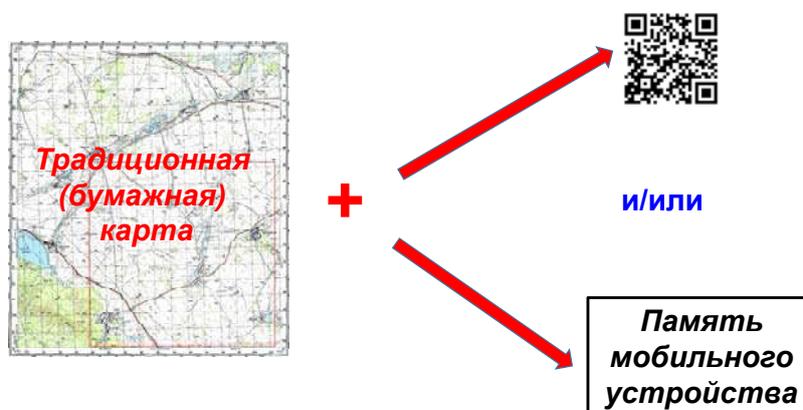


Рис. 2. Новый вид картографического произведения

Заключение

Выполненные исследования позволяют осознать большие возможности сочетания разных носителей и форм информации в картографии (в том числе QR-кодов, мобильных малогабаритных устройств), особенно с точки зрения

расширения информационной емкости картографических источников и создают основу для дальнейшего становления и развития современной картографии, и создание новых видов картографических произведений. Например, QR-коды на традиционной карте позволяют расширять объем и содержание воспринимаемой информации об окружающем пространстве за счет расширения объемов и включения новых видов информации. Они позволяют создавать более привлекательные, более информативные и легко воспринимаемые пользователями новые картографические произведения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мультимедийные средства и технологии в картографии: монография / Д. В. Лисицкий, Е. В. Комиссарова, А. А. Колесников, Т. С. Молокина. – Новосибирск : СГУГиТ, 2016. – 190 с.
2. Лисицкий Д. В. Картография в эпоху информатизации: новые задачи и возможности // География и природные ресурсы. – 2016. – № 4. – С. 22–28.
3. J. Rouillard. Contextual qr codes. In Computing in the Global Information Technology, 2008.
4. Лисицкий Д. В. Перспективы развития картографии: от системы «Цифровая Земля» к системе виртуальной реальности // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 2 (22). – С. 8–16.
5. Lorenzi D., Vaidya J., Chun S., Shafiq B., Nabi G. and Atluri V. Using QR codes for Enhancing the Scope of Digital Government Services. Proc. dg.o 2012. ACM Press (2013), 21–29.
6. O. Bulan, H. Blasinski, and G. Sharma. Color qr codes: Increased capacity via per-channel data encoding and interference cancellation. In Color and Imaging Conference, 2011.
7. Y. Liu, J. Yang, and M. Liu. Recognition of qr code with mobile phones. In Chinese Control and Decision Conference. IEEE, 2008.
8. T. J. Soon. Qr code. Synthesis Journal, 2008
9. ISO, “Information technology automatic identification and data capture techniques code symbology QR Code,” Int. Org. Standard., Geneva, Switzerland, ISO/IEC 18004: 2000.
10. Denso QR-code essential <http://www.denso-adc.com/pdf/qrcode> Retrieved: Apr, 2013
11. F. Romero Ramirez, R. Muoz-Salinas, and R. MedinaCarnicer. Speeded up detection of squared fiducial markers. Image and Vision Computing, 2018.
12. H. Bagherinia and R. Manduchi, “A theory of color barcodes,” in IEEE Int. Conf. Comput. Vis. Workshops (ICCV Workshops), Nov. 2011, pp. 806–813.
13. Chang Y. J., Tsai S. K., Chang Y. S. and Wang T. Y. A Novel Wayfinding System Based on Geo-coded QR codes for Individuals with Cognitive Impairments. Proc. ASSETTS '07. ACM Press (2007), 231–232.
14. Об утверждении Размеров платы за пользование материалами и данными федерального картографо-геодезического фонда [Электронный ресурс] : приказ Федерального агентства геодезии и картографии от 30.08. 2007№ 104. пр. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
15. Условные знаки для топографической карты масштаба 1 : 10 000. – М. : Недра, 1977. – 143 с.
16. D. Samretwit and T. Wakahara, “Measurement of reading characteristics of multiplexed image in QR code,” in Proc. 3rd Int. Conf. Intell. Net. Collab. Syst., 2011, pp. 552–557.
17. G. J. Garateguy, G. R. Arce, D. L. Lau, and O. P. Villarreal, “QR images: optimized image embedding in QR codes.” IEEE Transac. Image Process., vol. 23, no. 7, pp. 2842–2853, 2014.
18. J. Deng C. C. Loy Z. Yang, H. Xu and W. C. Lau. Robust and fast decoding of high-capacity color qr codes for mobile applications. arXiv:1704.06447, 2017.

19. S.-S. Lin, M.-C. Hu, C.-H. Lee, and T.-Y. Lee, “Efficient QR code beautification with high quality visual content,” *IEEE Trans. Multimedia*, vol. 17, no. 9, pp. 1515–1524, 2015.
20. Geel M., Huguenin D. and Norrie M. C. PresiShare: Opportunistic Sharing and Presentation of Content Using Public Displays and QR codes. *Proc. PerDis '13*. ACM Press (2013), 103–108.
21. Геопропространственный дискурс опережающего и прорывного мышления / А. П. Карпик, Д. В. Лисицкий, К. С. Байков, А. Г. Осипов, В. Н. Савиных // *Вестник СГУГиТ*. – 2017. – Т. 22, № 4. – С. 53–67.

© Д. В. Лисицкий, А. А. Колесников, Е. В. Комиссарова, С. А. Кузнецов, 2019

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СТРУКТУРЫ БАЗ ДАННЫХ ДЛЯ ТЕМАТИЧЕСКОГО И АТЛАСНОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ

Сергей Анатольевич Крылов

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

Рассмотрены особенности проектирования баз данных в тематическом и атласном картографировании. Определены требования к базам данных специальных и тематических карт с учетом процесса геокодирования объектов, классификации и кодирования тематических объектов, структуры таблиц. Приведены основные блоки информации, выделяемые в тематических базах данных. Предложено внести в базу данных дополнительный блок, предназначенный для хранения информации о топологической взаимосвязи тематических объектов с общегеографическими элементами содержания карты и обеспечивающий автоматизацию процесса отбора тематических объектов и согласования их с изображением населенных пунктов, дорог и рек. Определены необходимые поля и приведены примеры структуры таблиц тематической базы данных для атласного картографирования.

Ключевые слова: база данных, тематическая карта, атласное картографирование.

IMPROVEMENT OF DATABASE STRUCTURE FOR THEMATIC AND ATLAS MAPPING

Sergey A. Krylov

Moscow State University of Geodesy and Cartography, 4, Gorokhovsky Pereulok St., Moscow, 105064, Russia, Ph. D., Associate Professor, Department of Cartography, phone: (499)267-28-72, e-mail: krylov@cartlab.ru

The features of database design in thematic and atlas mapping are considered. The requirements for databases of special and thematic maps were determined, taking into account the process of geocoding objects, classification and coding of thematic objects, and the structure of tables. The main blocks of information allocated in thematic databases are given. It was proposed to add to the database an additional block designed to store information about the topological interconnection of thematic objects with general geographical elements of the map's content and providing automation of the process of selecting thematic objects and coordinating them with the image of settlements, roads and rivers. The required fields are defined and examples of the structure of thematic database tables for atlas mapping are given.

Key words: database, thematic map, atlas mapping.

Введение

В современном геоинформационном картографировании при создании карт и атласов широко используются картографические и тематические базы данных. Картографическую базу данных целесообразно использовать для автоматизированного создания общегеографической основы особенно мелких мас-

штабов, что позволяет отказаться от поиска подходящего картографического материала и при необходимости изменить масштаб и проекцию создаваемой карты [1]. Это обусловлено первоначальным составом базы данных (гидрография, населенные пункты, пути сообщения и границы), разработанной системой классификации и кодирования общегеографических объектов, единым фиксированным форматом записи цифровой картографической информации, а также возможностью дополнения семантической информации об объектах из различных источников. Для создания тематических и специальных карт, а также тематических или комплексных региональных атласов, необходимо сформировать тематическую базу данных, содержащую количественные и качественные показатели картографируемого объекта или явления.

Методы и материалы

Формирование любой базы данных представляет собой трудоемкий процесс, включающий в себя выбор и анализ исходных данных, приведение данных к заданной структуре, кодирование объектов в соответствии с разработанной классификацией и системой кодирования.

В настоящее время к базам данных в ГИС предъявляют следующие требования. База данных должна быть [2]:

- согласованной по времени – хранящиеся в ней количественные данные должны соответствовать определенному времени, быть актуальными;
- полной, достаточно подробной для предполагаемого создания ГИС или картографического произведения; категории данных и их подразделения должны включать все необходимые сведения для осуществления анализа или математико-картографического моделирования исследуемого объекта или явления;
- позиционно точной, абсолютно совместимой с другими данными, которые могут в нее добавляться;
- достоверной, правильно отражающей характер явлений, для этого необходимо четко определить включенные атрибуты явлений;
- легко обновляемой;
- доступной для любых пользователей.

Представленные требования являются общими. При проектировании баз данных тематических и специальных карт необходимо также учесть следующие особенности.

При создании тематической базы данных по статистическим данным и литературным источникам необходим процесс геокодирования, т. е. «привязки» семантических данных к пространственным объектам. Сложность заключается в том, что заранее неизвестно какие объекты будут с тематическим содержанием. Для увеличения точности согласования и оперативности геокодирования тематического содержания необходимо иметь картографическую базу данных с избыточным количеством географических объектов, имеющих идентификационные семантики (имена собственные населенных пунктов, гидрографии) для заданного масштаба. Таким образом, достигается полное геокодирование

тематического содержания и полная согласованность баз данных. Это касается объектов точечной и линейной локализации. Другой принцип относится к объектам площадной локализации, которые используются при построении карт способами картограмм, качественного и количественного фона. Здесь полнота и актуальность содержания базы данных должна быть обеспечена по политико-административному содержанию и природным зонам. Например, мелкомасштабная картографическая база данных масштаба не содержит административных единиц второго порядка и при создании тематических карт населения необходимо привлекать дополнительные источники информации, которые, зачастую, не согласуются с изначальной базой данных. Поэтому при формировании картографической базы данных необходимо предусмотреть наличие расширенного содержания для целей геокодирования тематических объектов.

Важной задачей при создании базы данных о тематических объектах является разработка структуры базы данных. При этом необходимо учитывать тематику карты и способы картографического отображения, используемые на карте.

Для базы данных тематических объектов выделяют следующие блоки информации:

- индексный или блок информации об объекте (класс, наименование объекта);
- адресный (субъект, район, населенный пункт, улица, дом);
- блок для геокодирования (адрес объекта, координаты);
- справочный (почтовый индекс, телефон, факс, электронная почта, сайт);
- служебный (примечание, источник, дата внесения, дата обновления и т. п.);
- тематический (количественные и качественные характеристики).

Состав информации в каждом блоке может быть разным и зависит от тематики и масштаба карты. При этом часть информации может попадать сразу в несколько блоков (например, адрес объекта). Кроме того, обязательно формируется поле, в которое вносится уникальный идентификационный номер.

Кроме перечисленных блоков предлагается ввести новый, предназначенный для хранения информации о топологической взаимосвязи тематических объектов с общегеографическими, и содержащий следующую информацию [3]:

- код населенного пункта;
- код дороги наиболее высокого класса;
- код реки наиболее высокого порядка.

Предлагаемая информация будет использована при автоматизации процесса отбора тематических объектов и их согласовании с изображением населенных пунктов, дорог и рек.

При формировании тематической базы данных для атласного картографирования необходимо разработать структуру таблиц (таблица), в которых следует учесть все показатели на всех создаваемых тематических картах.

Структура таблиц тематической базы данных
для атласного картографирования

Название слоя (способы изображения)	Наименование полей	Описание полей
THEME_ADMIN (картограмма, количественный и качественный фон, картодиаграмма)	Code_ISO	Код ISO 3166 государства
	ОКТМО	Код ОКТМО субъекта / района
	Area	Площадь территории, км ²
	Population	Численность жителей, чел.
	Them1_map1	Показатель № 1 тематической карты 1
	Them2_map1	Показатель № 2 тематической карты 1
	
	ThemK_map1	Показатель № K тематической карты 1
	
	Them1_mapN	Показатель № 1 тематической карты N
	Them2_mapN	Показатель № 2 тематической карты N
	
ThemL_mapN	Показатель № L тематической карты N	
THEME_NP (Способ значков)	ОКТМО	Код ОКТМО населенного пункта
	Code_Road	Код дороги наиболее высокого класса
	Code Riv	Код реки наиболее высокого порядка
	Them1_map1	Показатель № 1 тематической карты 1
	Them2_map1	Показатель № 2 тематической карты 1
	
	ThemK_map1	Показатель № K тематической карты 1
	
	Them1_mapN	Показатель № 1 тематической карты N
	Them2_mapN	Показатель № 2 тематической карты N
	
	ThemL_mapN	Показатель № L тематической карты N

При этом, в зависимости от используемых способов картографического изображения, а значит, способа размещения картографируемого явления, можно группировать показатели в одну таблицу. Так, для объектов и явлений, размещенных в административных единицах, целесообразно создавать единую таблицу, которая содержит показатели даже для разных способов картографического изображения (например, для картограммы и картодиаграммы). Для объектов, локализованных в населенных пунктах, создается отдельная таблица. Связь статистической информации с метрической информацией слоев в картографической базе данных осуществляется по уникальным кодам административных единиц и населенных пунктов, например, по коду ОКТМО (общероссийского классификатора территорий муниципальных образований). Также необходимо добавить в проектируемую базу данных поля, содержащие информацию о численности населения, площади территории, суммарных значений. Это

обеспечит вычисление относительных показателей для использования способа картограммы, например, дать значения на км², на 1 000 человек, в процентах.

При разработке системы классификации и кодирования тематических объектов необходимо определить состав объектов тематического содержания и основные разделы. В зависимости от тематики может применяться как иерархическая, так и фасетная система классификации. Кодирование объектов любой базы данных, в том числе и тематической, является необходимым условием, обеспечивающим идентификацию, поиск и построение условного знака для каждого объекта. Процесс кодирования объектов может осуществляться как при помощи символьных, так и численных значений. В процессе формирования тематической базы данных необходимо учесть несколько видов кодирования: кодирование всех объектов (присвоение кода значимости) и топологическое кодирование для обеспечения взаимного расположения с населенными пунктами, путями сообщения и реками. Это позволит ранжировать тематические объекты по значимости внутри каждого класса и в дальнейшем обеспечит их отбор с приемами автоматизации, а также согласование с изображением населенных пунктов, дорог и рек.

Заключение

Предложенные методы и решения по проектированию баз данных позволят автоматизировать процесс создания карт в тематическом и атласном картографировании, а также при разработке ГИС-проектов.

Благодарности

Работа выполнялась в рамках государственного задания Минобрнауки России 5.8029.2017/8.9.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Krylov S. A., Dvornikov A. V., Zagrebin G. I., Petrov Vs., Plotnikov I. The automation of technological processes for creating small-scale digital cartographic bases for general geographic and thematic mapping // 26th International Cartographic Conference proceedings, 2013 – P. 1–5.
2. Геоинформатика: в 2 кн. Кн. 1: учебник для студ. высш. учеб. заведений / под ред. В. С. Тикунова.– 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Издательский центр «Академия», 2008. – 384 с.
3. Крылов С. А., Дубровина С. В. Формирование и преобразование тематической базы данных при создании автонавигационных карт // Геодезия и картография. – 2014. – № 8. – С. 31–34.

© С. А. Крылов, 2019

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ДЕШИФРИРОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ ДЗЗ ПРИ СОСТАВЛЕНИИ И СОЗДАНИИ ЭЛЕКТРОННЫХ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ НА РАЙОН СИБИРСКОЙ ЗОНЫ АРКТИКИ

Денис Вячеславович Виноградов

Иркутский национальный исследовательский технический университет, 664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, аспирант кафедры маркшейдерского дела и геодезии, тел. (964)804-59-19, e-mail: denis733@mail.ru

Леонид Александрович Пластинин

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

Рассмотрены принципы, методика автоматизированного дешифрирования материалов ДЗЗ при составлении и создании электронных топографических карт на район Сибирской зоны Арктики.

Ключевые слова: автоматизированное дешифрирование, геоинформационные технологии, геоинформационные системы.

AUTOMATED INTERPRETATION OF REMOTE SENSING MATERIALS FOR PREPARATION AND CREATION OF ELECTRONIC TOPOGRAPHIC MAPS ON THE SIBERIAN ZONE OF THE ARCTIC

Denis V. Vinogradov

Irkutsk National Research Technical University, 83, Lermontova St., Irkutsk, 664074, Russia, Ph. D. Student, Department of Surveying and Geodesy, phone: 8(964)804-59-19, e-mail: denis733@mail.ru

Leonid A. Plastinin

Irkutsk National Research Technical University, 83, Lermontova St., Irkutsk, 664074, Russia, D. Sc., Professor, Department of Surveying and Geodesy, phone: 8(914)881-18-08, e-mail: plast@istu.edu

The principles and methods of automated interpretation of remote sensing materials in the preparation and creation of electronic topographic maps of the Siberian zone of the Arctic are considered.

Key words: automated interpretation, geoinformation technologies, geoinformation systems.

Введение

Суровые природные условия, удаленность от промышленных центров, почти полное отсутствие путей сообщения, короткий полевой период и недостаточная техническая оснащенность экспедиций делали невозможным проведение сплошного картографирования Сибирской зоны Арктики.

Во второй половине двадцатого столетия, в связи с общим научно-техническим прогрессом, выразившимся, в частности, в бурном развитии авиации и космических аппаратов, в создании высокоточной измерительной и фотографической аппаратуры, получили развитие аэрофотосъемочные и космические методы картографирования территории. Только с помощью широкого использования аэрокосмического метода, стало возможным выполнение достаточно полного и точного картографирования огромных территорий Арктики.

В условиях высоких темпов освоения российской Арктики требуется детальная, актуальная, точная информация о местности, которую могут предоставлять современные космические системы. Практическая деятельность предприятий занимающихся космическим картографированием в интересах решения специальных задач в области территориального развития позволяет выделить ряд приоритетных направлений совершенствования отрасли производства геопространственной информации, таких как [1, 3]:

- создание высокодетальной геопространственной продукции с высокой точностью определения координат изображенных на ней объектов. Значительная часть создаваемых в настоящее время геопространственных материалов имеет точность в пределах 10–50 м, что существенно хуже точности определения координат спутниковыми навигационными системами, включая ГЛОНАСС – 1,5–2,5 м;

- достижение глобальности (необходимого пространственного размаха) при создании геопространственной продукции. Задачи, стоящие перед российскими пользователями требуют обеспечения информацией по обширным регионам всей территории Российской Арктики;

- поддержание актуальности геопространственной информации за счет ее постоянного мониторинга и обновления. Интенсивная хозяйственная деятельность и быстротекущие природные процессы требуют постоянного обновления и уточнения геопространственных данных в сжатые сроки, при поддержании их высоких характеристик по точности и детальности.

Решение задач в рамках данных направлений для формирования качественного геоинформационного пространства на современном технологическом этапе развития осуществляется, в том числе, с помощью таких универсальных геоинформационных продуктов, как ортофотопланы, ортофотокарты и электронные карты местности.

Материалы производства

Ортофотоплан представляет собой фотографический план местности на точной геодезической опоре, полученный путем обработки материалов Дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) с последующим преобразованием снимков из исходной проекции в ортогональную проекцию [2].

Черно-белые ортофотокарты представляют собой полутоновые ортофотопланы в сочетании с сокращенной штриховой нагрузкой (геодезические точки, гидрография, горизонталы, главные дороги, границы и географические назва-

ния, без выделения знаками населенных пунктов и угодий) и предназначены преимущественно для использования в комплекте с обычными топографическими картами [2].

Многоцветные ортофотокарты (рис. 1) имеют полную штриховую нагрузку в топографических условных знаках и полутоновое изображение, передаваемое различными цветами в зависимости от характера растительности, грунтов, возделываемых земель, застройки населенных пунктов и т. д. [2]. Такие ортофотокарты рекомендованы для работ в районах с разнообразными ландшафтами, там, где они могут быть эффективно использованы взамен топографических карт соответствующих масштабов.



Рис. 1. Ортофотокарта поселка Мурмаши Мурманской области

Ортофотокарты обладают рядом преимуществ по сравнению с традиционными картографическими произведениями (электронными топографическими картами и аэроснимками) [2].

Автоматизация процесса создания ортофотопланов и ортофотокарт делает возможным формирование и поддержку в актуальном состоянии геоинформационных продуктов на значительные территории сибирской зоны Арктики. Цифровая форма представления данных позволяет упростить хранение, передачу, визуализацию данных и предоставляет качественно новые возможности анализа и обработки информации о местности.

Методы обработки аэрокосмических материалов

Успех аэрокосмических исследований зависит от профессионально проведенной обработки снимков. Сейчас используют снимки в основном двух типов – аналогового и цифрового. Первичные аналоговые снимки получают фотографическими и электронными съемочными системами, а цифровые – только электронными.

Результаты визуального дешифрирования нередко носят субъективный характер, поэтому для получения точной информации необходимо вводить меру и число, т. е. фотограмметрическую обработку снимков. Существует инструментальное и измерительное дешифрирование, когда применяются соответствующие инструменты и измерительные.

С появлением современных ГИС-технологий дешифрирование чаще стали подразделять на визуальное (зрительная система и интеллект человека) и компьютерное – выполняет частично электронно-вычислительная машина.

Комплекс автоматизированного дешифрирования и векторизации материалов ДЗЗ при составлении и создании электронных топографических карт, ортофотопланов и ортофотокарт на район Сибирской зоны Арктики, предназначен для автоматической векторизации линейных и площадных объектов по панхроматическим, цветным (RGB) и мультиспектральным изображениям земной поверхности. Основным направлением использования комплекса при автоматической векторизации линейных объектов является распознавание дорожной сети в малозастроенных районах. Векторизация площадных объектов наиболее эффективна при распознавании площадных объектов гидрографии и растительности. Автоматическая векторизация выполняется на основе анализа распределения яркости пикселей изображения.

Для определения статистических характеристик распределения яркости пользователь оцифровывает шаблоны – области на снимке, принадлежащие распознаваемому объекту. Эти данные используются в дальнейшем при классификации – определении принадлежности пикселей распознаваемому объекту. Например, изображение дороги может быть закрыто объектами, отличного от дороги цвета – кронами деревьев, тенями, дорожной разметкой, автомобилями. Если таких областей на снимке много, то результат распознавания будет неудовлетворительным, потребуется значительное время для редактирования результатов автоматической векторизации. Поэтому автоматическая векторизация дает прирост производительности по сравнению с ручной векторизацией в областях, где указанные помехи сведены к минимуму.

В условиях Сибирской зоны Арктики, практически малого количества населенных пунктов и большого объема площадных объектов, растительности и гидрографии, метод автоматизированного дешифрирования наиболее эффективен и актуален.

Комплекс выполнения автоматизированного дешифрирования

Комплекс выполнения автоматизированного дешифрирования в себя включает: распознавание линейных и площадных объектов.

Выполнение автоматизированного дешифрирования и векторизации линейных объектов включает следующие последовательные этапы [4, 5]:

- создание проекта;
- оцифровка шаблонов (рис. 2);
- настройка параметров классификации;

- выполнение классификации (рис. 3);
- удаление небольших областей;
- сглаживание краев областей;
- преобразование растра классификации в вектор;
- соединение линий на пересечениях;
- соединение концов линий;
- удаление коротких линий;
- сглаживание линий;
- присоединение концов линий;
- экспорт.



Рис. 2. Пример оцифровки шаблонов



Рис. 3. Классификация областей снимков

Выполнение автоматизированного дешифрирования и векторизации площадных объектов включает следующие последовательные этапы [4, 5]:

- создание проекта;
- поиск теней;
- создание видов классификации
- оцифровка шаблонов для каждого класса;
- настройка параметров классификации;
- выполнение классификации;
- сглаживание краев областей;
- удаление теней;
- сглаживание краев областей;
- удаление небольших областей;
- сглаживание краев областей;
- преобразование растра классификации в вектор;
- экспорт.

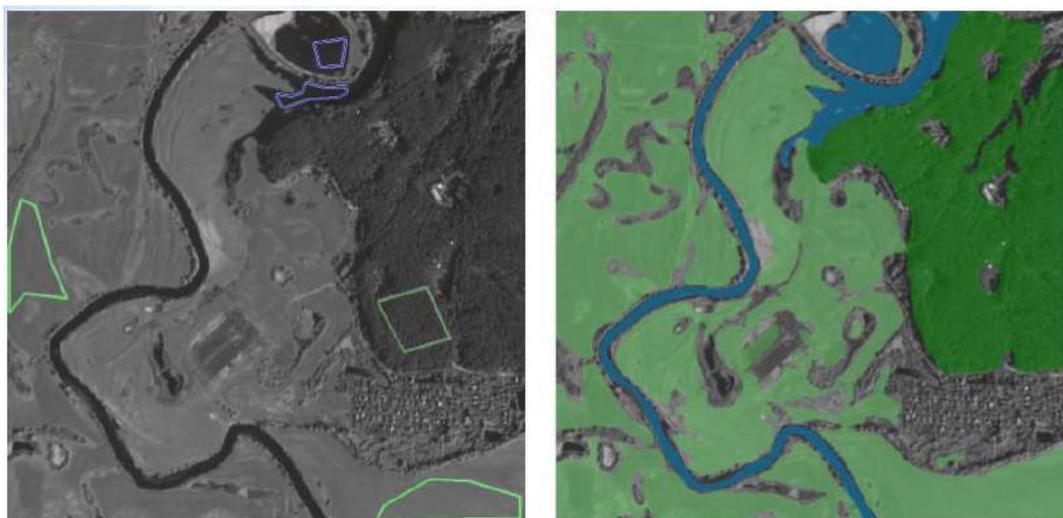


Рис. 4. Пример распознавания и векторизации объектов

Заключение

Комплекс автоматизированного дешифрирования объектов на материалах ДЗЗ, позволяет в оперативные сроки составить тот вид картографической продукции, который необходим потребителю. Но в результате практической деятельности и анализа работ, можно сделать вывод, что полностью составить и издать готовый продукт такой как топографическая карта, с помощью автоматизированного дешифрирования невозможно, так как линейные и площадные объекты, это только часть объектового состава карты. Поэтому весь другой объектовый состав придется дорабатывать вручную, даже при использовании ГИС технологий. Но независимо от этого, полный процесс создания электронной топографической карты и время, затраченное на ее составление, снижаются на 10–15 %, что позволяет в кратчайшие сроки выполнить картографирование необходимой территории.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гарбук С. В., Гершензон В. Е. Космические системы дистанционного зондирования Земли. – М. : Инженер.-технол. центр «СканЭкс» : Изд. А и Б, 1997. – 295 с.
2. ГОСТ Р 51833–2001. Фотограмметрия. Термины и определения. – М. : Гостстандарт, 2002. – 8 с.
3. Росреестр, Национальный атлас Арктики. – М., 2017.
4. Руководство по использованию автоматизированного дешифрирования объектов. – КБ «Панорама», 2014.
5. Штырова В. К., Данилов В. А. Дешифрирование аэро- и космических снимков / Курс лекций и практических заданий. – Саратов : СГУ. – 74 с.

© Д. В. Виноградов, Л. А. Пластинин, 2019

ОБОСНОВАНИЕ ГРАНИЦ СИБИРСКОЙ АРКТИКИ В ИНТЕРЕСАХ СОСТАВЛЕНИЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ

Владимир Павлович Ступин

Иркутский национальный исследовательский технический университет, 664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, доктор технических наук, профессор кафедры маркшейдерского дела и геодезии, тел. (964)103-08-17, e-mail: stupinigu@mail.ru

Обоснованы принципы и методика выделения естественных границ обширных и труднодоступных территорий арктических регионов по материалам дистанционного зондирования Земли с целью оперативного составления и обновления специализированных топографических карт Сибирской Арктики.

Ключевые слова: специализированные топографические карты, Сибирская Арктика.

JUSTIFICATION OF THE BORDERS OF THE SIBERIAN ARCTIC IN WHEN MAKING SPECIALIZED TOPOGRAPHIC MAPS

Vladimir P. Stupin

Irkutsk National Research Technical University, 83, Lermontova St., Irkutsk, 664074, Russia, D. Sc., Professor, Department of Surveying and Geodesy, phone: (964)106-08-17, e-mail: stupinigu@mail.ru

Principles and methods of identifying the natural boundaries of the vast and inaccessible territories of the Arctic regions based on materials of remote sensing of the Earth in order to promptly compile and update specialized topographic maps of the Siberian Arctic are substantiated.

Key words: specialized topographic maps, Siberian Arctic.

Введение

В настоящее время в силу экономических и геополитических причин в Российской Федерации неуклонно возрастает интерес к Арктике. При этом одним из важнейших аспектов выхода на новый уровень освоения Арктики является топографо-геодезическое и картографическое обеспечение этого обширного, малоосвоенного и труднодоступного физико-географического района.

В то же время, существующий уровень информационного обеспечения региона является наиболее низким по сравнению с остальной территорией страны, а существующие топографические карты на территорию Арктики (особенно на ее восточную часть) не обновлялись (или обновлялись частично) со времен СССР и сильно устарели. За прошедшее после составления карт Арктики время, в силу климатических изменений, в целом, и активной разработки полезных ископаемых в частности, земная поверхность сильно изменилась и это отрицательно сказывается на качестве пространственных данных, создаваемых по старым топографическим картам.

С другой стороны, повышение уровня научных географических знаний об арктических территориях и ландшафтах, широкое применение данных ДЗЗ и современный уровень картографических технологий на основе ГИС и методов компьютерного дешифрирования, делают возможным и необходимым качественное изменение методик составления и обновления топографических, специализированных и специальных карт, а также совершенствования их содержания.

Совершенствование и расширение содержательной нагрузки карт требует системного исследования специфических особенностей арктической области и создание концепции ее районирования на научной основе. Важнейшим этапом такого исследования является разработка концепции определения границ анализируемых территорий на разных иерархических и масштабных уровнях.

В данной статье рассмотрены основные принципы этой концепции на примере восточного сектора Сибирской Арктики, расположенного между Енисеем и Леной. Поскольку Арктика является околополярной физико-географической областью, а границы региона исследований по широте определены вышеназванными реками, необходимо определиться с внутрорегиональными границами. Но прежде следует определить южную границу Арктики, в целом, и для исследуемого региона, в частности, учитывая, что эта задача не так однозначна, как может показаться на первый взгляд. Проблема состоит в том, что точно определенной природной границы у Арктики просто не существует.

Методы исследований

Согласно Большой российской энциклопедии, Арктика – это северная полярная область земного шара, включающий окраины материков Евразии и Северной Америки, почти весь Северный Ледовитый океан с островами (кроме прибрежных островов Норвегии), а также прилегающие части Атлантического и Тихого океанов [1]. Очевидно, что при таком определении границы Арктики достаточно расплывчаты.

Иногда Арктику ограничивают с юга Северным полярным кругом (астрономическая граница – $66^{\circ} 33'$ с. ш.), т. е. включают в нее территории, на которых хотя бы один раз в году Солнце не поднимается над горизонтом в течение суток (полярная ночь). В этом случае общая площадь Арктики составляет 21 млн км² [2]. Такая граница формально вполне определена, но не имеет на поверхности Земли ландшафтного выражения.

Территория сухопутной Арктики севернее Полярного круга имеет площадь 14 млн км². Эти земли состоят из крайних северных владений ряда государств. Это Россия, Гренландия, Канада, США, Норвегия, Исландия, Финляндия и Швеция. Канаде и РФ принадлежит большая часть (80 %), США – 4 %, а скандинавским странам отошло около 16 %. Третья часть региона – это Северный Ледовитый океан, который омывает Северный полюс. Большую часть года он укрыт льдами.

Единого международного договора, определяющего правовой статус морской Арктики, не существует. Статус арктических территорий регулируется нормами международного права, национальным законодательством приарктических государств и двусторонними соглашениями. Согласно Конвенции ООН по морскому праву, за каждой из стран закреплено право подать заявку в Комиссию ООН по границам континентального шельфа и расширить свои территории на расстояние до 200 морских миль от побережья и за этими пределами.

В морской Арктике России принадлежит остров Колгуев, Северная земля, Земля Франца-Иосифа, Новая Земля, Новосибирские острова, остров Врангеля и другие острова поменьше. Международное признание получили притязания России на 12-мильную зону территориальных вод, 200-мильную исключительную экономическую зону и континентальный шельф. Остальная часть российского арктического сектора (открытое море) не признана международным правом, но согласно российскому законодательству мы оставляем за собой право включать ее в российскую территорию.

Иногда границу Арктики проводят по линии, где среднемесячная температура воздуха в июле составляет + 10 °С. Однако и эта граница (изотерма) не совпадает с границей тундры и леса, поскольку температура воздуха важная, но не единственная причина климатических особенностей Арктики, которые определяются также количеством осадков, влажностью, ветровой активностью, рельефом.

Гидрологические критерии выделения границы основаны на том, что северные реки являются важными с точки зрения связи материковой и океанической частей Арктики. Наибольшее значение здесь имеют местные реки и устья крупных арктических водотоков. В таком случае граница проходит по водоразделам местных водосборов арктических морей, а в районах впадения в моря средних и крупных рек – по вершинам их устьевых областей или дельт. Такая концепция хороша тем, что бассейновые границы легко определит по топографическим изолинейным картам.

Для определения южной границы Арктики предлагалось также использовать комплексные ландшафтно-климатические характеристики. За эту границу принимается условная линия, для которой величина годового радиационного баланса равна 62,8 кДж/см², а средняя температура июля +10 °С. Расположение линии подвергается коррекции с учетом южного рубежа зоны тундр и рельефа. При таком выборе границ Российская Арктика включает часть Северного Ледовитого океана с входящими в его состав морями и островами, северную часть Евразии, занятую тундрой, ледниковыми и пустынно-арктическими ландшафтами.

Наконец, есть не слишком принимаемое научным сообществом мнение включать в арктическую зону территории с наличием многолетней мерзлоты, что чрезмерно расширяет ее границы на юг, особенно в горных областях.

В то же время существуют и административные современные границы российской сухопутной Арктики, которые определены законодательно указом Президента РФ Владимира Путина от 2 мая 2014 г. «О сухопутных территориях

Арктической зоны Российской Федерации» [4], согласно которому российская часть Арктики включает Мурманскую, Архангельскую области; Республики Коми и Якутия; Красноярский край; Ненецкий, Чукотский, Ямало-Ненецкий автономные округа, а также земли и острова, расположенные в Северном Ледовитом океане, и некоторые улусы Якутии, которые были объявлены территорией СССР постановлением Президиума ЦИК СССР от 15 апреля 1926 г. 27 июня 2017 г. вступил в силу указ Президента РФ «О сухопутных территориях Арктической зоны Российской Федерации» [5], в соответствии с которым Арктическая зона была дополнена тремя муниципальными районами Республики Карелия.

В пределах исследуемого сектора между Енисеем и Леной к Арктике законодательно относятся территории Анабарского национального (Долгано-Эвенкийского) и Булунского улусов Республики Саха, а также территории городского округа города Норильска и Таймырского (Долгано-Ненецкого) муниципального района Красноярского края.

Легко заметить, что законодательные границы арктической зоны проведены из стратегических государственных соображений по административным границам, весьма отдаленно связанным с естественно-географическими границами, определяющими ландшафтные особенности региона, учет которых особенно важен при составлении специализированных топографических карт.

Однако чаще всего за южную границу Арктики ученые принимают южную границу тундры [3]. В этом случае ее площадь составляет около 27 млн км². Эту границу можно назвать ландшафтно-экологической, так как именно она обуславливает четкую смену тундровых ландшафтов на таежные, а также условия обитания животных и проживания человека. Такое определение имеет вполне определенное физическое выражение на земной поверхности. Несомненным плюсом рассмотренного принципа определения границ является возможность его выполнения по материалам дистанционного зондирования, в том числе и методами компьютерной классификации спектрально-изображений.

В то же время следует понимать, что, во-первых, граница распространения криогенных рельефообразующих процессов, являющихся ведущими в условиях арктического климата, обычно проходит южнее границы тундры, а во-вторых, резкой границы между тундрой и лесом нет, а есть более или менее широкая полоса лесотундры – угнетенного леса, а также островов леса среди тундры или, наоборот, островов тундры среди леса.

Исходя из рассмотренных соображений, определение южных границ интересующей нас области Сибирской Арктики было выполнено нами по наиболее географичной, с нашей точки зрения, концепции опоры на тундровые и, частично, лесотундровые ландшафты с учетом бассейновой структуры территории.

Определение внутренних морфодинамических границ выделенной области выполнялось нами на основе концепции морфосистем, согласно которой земная поверхность организована в системы вследствие ее инвариантного положения в поле силы тяжести Земли [6]. Важным практическим приложением концепции морфосистем является возможность районирования территорий любого масштаба путем картографического моделирования морфосистем на основе их вы-

явления и классификации по эмерджентным свойствам, обусловленным фрактальностью и дискретностью рельефа.

Морфосистемы определяют структуру потоков вещества и энергии в процессе морфогенеза. Эти потоки удобно моделировать в виде линий тока, геометрия которых отражает структуру реальных потоков вещества и энергии, а вертикальные градиенты характеризуют напряженность рельефа. Системы линий тока связывают области денудации и аккумуляции вещества, а их совокупности образуют пространственные рисунки, обладающие специфичной структурой и узнаваемостью, т. е. являются дешифровочными признаками морфосистем.

Морфосистемы образуют иерархические системы и на каждом уровне масштабного обобщения (морфоструктурном, бассейновом, склоновом) их границы определяются на изолинейных топографических картах или цифровых моделях рельефа по вогнутым или выпуклым перегибам – линиям вертикальной кривизны, разделяющим области сноса и накопления и являющимся текущими потенциальными базисами денудации или аккумуляции соответственно. Форма рельефа, ограниченная такими базисами, проявляет все признаки открытой морфосистемы – целостность, устойчивость, внутреннюю структуру, наличие входов и выходов. У денудационных морфосистем на основе положительных форм рельефа их базисная линия ограничивает систему снизу и является ее потенциальным базисом денудации. Морфосистемы на основе отрицательных форм ограничены текущими базисными линиями сверху, т. е. последние являются потенциальными базисами аккумуляции.

Результаты

В результате проведенных исследований была составлена карта морфосистемного районирования сибирского сектора арктической зоны, расположенного между Енисеем и Леной (рисунок). В пределах этого сектора выделены подзоны арктической и типичной тундры, горной тундры, а также (частично) лесотундры.

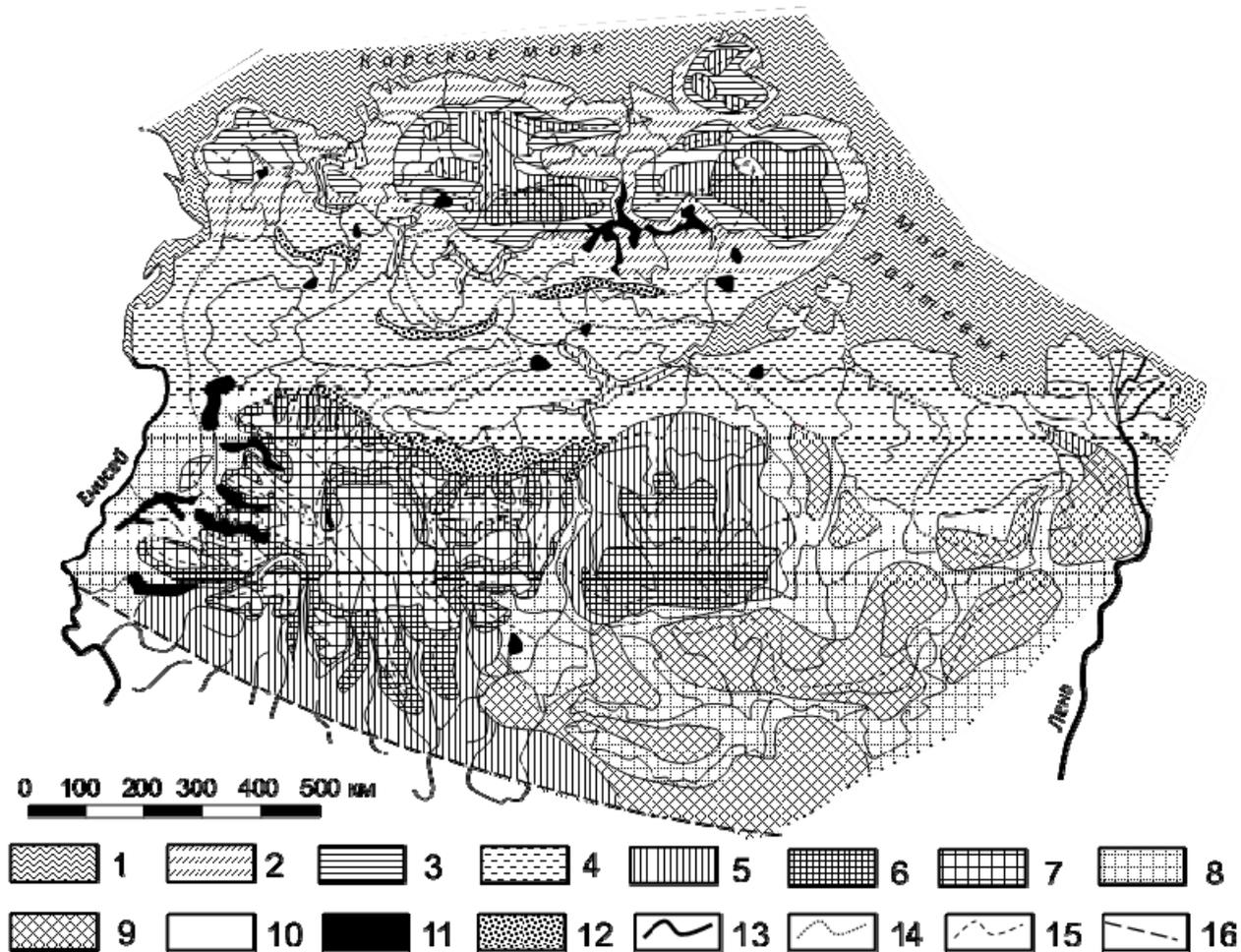
Арктическая тундра – преимущественно травянистая, осоко-пушицевая, с подушкообразными формами полукустарничков и мхами в сырых западинах. Растительный покров не сомкнут, кустарников нет, широко развиты глинистые голые «медальоны» с микроскопическими водорослями и бугры мерзлотного пучения.

Типичная тундра, или средняя тундра – преимущественно моховая на сильно заболоченных и заозеренных низменных равнинах. Вокруг озер – осоко-пушицевая растительность с небольшой примесью разнотравья и злаков. Появляются ползучие полярные ивы и карликовые березы, скрытые мхами и лишайниками.

Горные тундры начинаются кустарниковым поясом у подножий гор. Выше расположены мохово-лишайниковые тундры с подушкообразными полукустарничками и некоторыми травами. Верхний пояс горных тундр представлен на-

кипными лишайниками, разреженными приземистыми подушкообразными кустарничками и мхами среди каменных россыпей.

Лесотундра – переходная природная зона от тундры к зоне тайги с расплывчатыми границами, где на междуречьях угнетенные редколесья чередуются с кустарниковыми или типичными тундрами. Разными исследователями лесотундра считается то подзоной, то тайги, а в последнее время – тундролесий [2].



Морфосистемы Сибирской Арктики:

1 – акватории арктических морей; *арктическая тундра*: 2 – сглаженные денудационные низменные равнины, 3 – сглаженные денудационные возвышенности и увалы; *типичная тундра*: 4 – аллювиальные и ледниковые аккумулятивные заболоченные низменные равнины; *горная тундра*: 5 – расчлененные денудационные низкогорья; 6 – сильно расчлененные денудационные среднегорья с элементами альпинотипного рельефа; 7 – среднегорные плосковершинные лавовые плато; *лесотундра*: 8 – сглаженные низменные денудационные равнины; 9 – расчлененные денудационные низкогорья; *прочее*: 10 – ледники; 11 – озера; 12 – валы конечных морен; 13 – реки; 14 – водоразделы аккумулятивных равнин; 15 – водоразделы денудационных систем; 16 – Северный полярный круг

Выделенный сектор отчасти совпадает с границами директивных арктических территорий [4, 5], за исключением южной части Таймырского района, который по своим ландшафтам относится к зоне тайги и с географической точки зрения к Арктике не относится. Однако это расхождение не принципиально с позиции районирования тундровых ландшафтов

В пределах территории исследований по результатам морфодинамического анализа рельефа были выделены денудационные и аккумулятивные морфосистемы ранга морфосистемных округов, которые развиваются на морфоструктурной основе.

К основным денудационным морфосистемам относятся разновысотные и по-разному расчлененные поднятия гор Бырранга, плато Путорана и Анабарского плато.

В пределах денудационных морфосистем выделены сглаженные возвышенности и увалы, расчлененные низкогорья, средневысотные расчлененные горы с элементами альпинотипного рельефа и среднегорные плато. На карте также показаны ареалы распространения небольших современных ледников гор Бырранга и плато Путорана

К основным аккумулятивным морфосистемам форм относятся низменности Северо-Сибирской низменности, сформированные четвертичными оледенениями и морскими трансгрессиями, Рельеф здесь, в целом, холмисто-грядовый и холмисто-увалистый с обширными аллювиальными депрессиями и плоскими аккумулятивными равнинами. Вся низменность пересечена субширотными системами моренных гряд. В восточной части Северо-Сибирской низменности находятся два невысоких кряжа – Прончищева и Чекановского. Плоские болотистые участки с мерзлотными формами рельефа имеют высоту до 100 метров над уровнем моря, моренные гряды до 250 метров. Общий равнинный рельеф низменности местами нарушается небольшими возвышенностями, скалистыми грядами – гербеями (высоты 100–250 метров) и платообразными поднятиями – тасами, покрытыми каменными россыпями.

На составленной карте основные аккумулятивные морфосистемы ранга округов разделены на сегменты, относящиеся к бассейнам рек Пясины, Верхняя и Нижняя Таймыра, Хатанга (частично) и Оленек (частично). В пределах этих территорий показаны также крупные озера, основные дренирующие реки и участки морен последнего (зырянского) оледенения

Заключение

Дальнейшая дифференциация морфосистемных округов на морфоструктурной основе производится путем выделения районов подрайонов на основе бассейнов, сложных (каскадов) и простых склонов, что является задачей дальнейших объемных исследований и в данной работе не рассматривается.

Конечной целью выделения иерархии границ морфосистем и их морфосистемного районирования является создание каталогов дешифровочных признаков и спектральных образов элементов содержания классических топографиче-

ских и специализированных топографических карт в интересах составления и обновления этих карт средствами цифровой картографии и ГИС по материалам дистанционного зондирования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Арктика // Большая российская энциклопедия: [в 35 т.]. Т. 3 / гл. ред. Ю. С. Осипов. – М. : Большая российская энциклопедия, 2004–2017.
2. Арктическая энциклопедия. Растительность, животный мир, охрана природы. / ред. раздела Т. Я. Воробьева. – М. : Паулсен, 2017. – 246 с.
3. Тундра // Большая российская энциклопедия: [в 35 т.]. Т. 26 / гл. ред. Ю. С. Осипов. – М. : Большая российская энциклопедия, 2004–2017.
4. О сухопутных территориях Арктической зоны Российской Федерации [Электронный ресурс] : указ Президента РФ от 02.05.2014 № 296. – Доступ из справ.-правовой системы «Консультант Плюс».
5. О внесении изменений в Указ Президента Российской Федерации от 2 мая 2014 г. № 296 «О сухопутных территориях Арктической зоны Российской Федерации» № 296 [Электронный ресурс] : указ Президента РФ от 27.06.2017. – Доступ из справ.-правовой системы «Консультант Плюс».
6. Ступин В. П. Картографирование морфосистем : монография. – Иркутск : Изд-во ИрГТУ, 2009. – 160 с.

© В. П. Ступин, 2019

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТКРЫТЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЗЗ ДЛЯ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ДИНАМИКИ БЕРЕГОВ ВОДОХРАНИЛИЩ

Владимир Павлович Ступин

Иркутский национальный исследовательский технический университет, 664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, доктор технических наук, профессор кафедры маркшейдерского дела и геодезии, тел. (964)103-08-17, e-mail: stupinigu@mail.ru

Леонид Александрович Пластинин

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

В статье представлены результаты анализа возможностей практического использования космических данных открытого доступа для районирования и картографирования типов берегов водохранилищ ангарского каскада. Рассмотрены принципы типизации берегов и их дешифровочные признаки на средне- и крупномасштабных общедоступных космических снимках. Изложенный опыт может оказаться полезным при необходимости оперативного картографирования динамики протяженных береговых линий в сжатые сроки и при ограниченных информационных возможностях.

Ключевые слова: космические снимки, картографирование водохранилищ.

OPPORTUNITIES FOR THE USE OF OPEN REMOTE SENSING DATA FOR MAPPING THE DYNAMICS OF THE BANKS OF RESERVOIRS

Vladimir P. Stupin

Irkutsk National Research Technical University, 83, Lermontova St., Irkutsk, 664074, Russia, D. Sc., Professor, Department of Surveying and Geodesy, phone: (964)106-08-17, e-mail: stupinigu@mail.ru

Leonid A. Plastinin

Irkutsk National Research Technical University, 83, Lermontova St., Irkutsk, 664074, Russia, D. Sc., Professor, Department of Surveying and Geodesy, phone: 8(914)881-18-08, e-mail: plast@istu.edu

The article presents the results of an analysis of the possibilities of practical use of open-access space data for regionalization and mapping of types of shores of the reservoirs of the Angara cascade. The principles of coast typing and their interpretive features on medium- and large-scale publicly available satellite images are considered. The described experience may be useful if it is necessary to map the dynamics of extended coastal lines in a short time and with limited information capabilities.

Key words: space images, reservoir mapping.

Введение

Мониторинг такого гигантского объекта, как каскад Ангарских водохранилищ (общая длина его главных ветвей, без учета изрезанности берегов, пре-

вышает 1 500 км), невозможен без привлечения материалов ДЗЗ, стоимость которых зачастую не соответствует возможностям исследователей. В то же время существует общедоступная и практически бесплатная поисковая система GoogleEarth. Данная работа посвящена анализу возможностей материалов открытого доступа в интересах оперативного картографирования и мониторинга зоны влияния крупных водохранилищ в условиях ограниченного финансирования.

Методы и материалы

Основу данных в системе GoogleEarth представляют спутниковые снимки, полученные от компании DigitalGlobe. Базовое покрытие осуществляется снимками, точность которых, по информации поставщика (<http://www.google.com/earth/index.html>), соответствует точности карт масштаба 1 : 25 000. Эти снимки представлены компанией EarthSat, получены после 1999 г. со спутника Landsat-7 камерой ETM+ и Landsat-8 камерой OLI. Эти снимки имеют итоговое разрешение на местности равное 15 м/пк. Выходные изображения составлены с помощью комбинирования исходных 30-метровых спектрзональных и 15-метровых панхроматических данных, получаемых синхронно со спектрзональными; это позволяет увеличить пространственное разрешение спектрзональных данных.

Крупные города и значительная часть обжитых территорий отображаются с точностью масштаба 1 : 2 000. Эти снимки получены со спутников GeoEye-1 (разрешение 0,41 м/пк, первые снимки получены в октябре 2008 г.) и QuickBird-2) (разрешение 0,68 м/пк, снимки получены в конце 2001 г.) и также предоставляются фирмой DigitalGlobe. В то же время, снимки на малообжитые территории, предоставляемые компанией TerraMetrics, часто искусственно загублены и имеют разрешение порядка 100 м, которое, по нынешним меркам, оставляет желать лучшего.

Для создания ЦМР и перспективных изображений используются данные SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission), полученные в результате радарной топографической съемки большей части территории земного шара, а также океанов, за исключением самых северных (> 60) и самых южных широт (> 54). Миссия была произведена в феврале 2000 г. с помощью специальной радарной системы. Двумя радиолокационными сенсорами SIR-C и X-SAR, было собрано более 12 терабайт данных. На сегодняшний день это самая детальная мировая модель рельефа. Данные представлены 16-битным растром и задаются в поперечной цилиндрической проекции Меркатора Universal Transverse Mercator (UTM) по параметрам референц-эллипсоида Кларка (система координат WGS-84).

Исходные данные SRTM (Level-2) имеют размер элемента в 1 угловую секунду (30×30 м), с 20-метровой точностью по высоте. Однако, в связи с угрозой терроризма, все сырые данные и данные Level-2 распространяются только через Министерство Обороны США. На остальную территорию (кроме США)

распространяются снимки Level-1, ортотрансформированные по грубой модели рельефа с неисправимыми ошибками. Данные Level-1 комплектуются по квадратам размером 1×1 градус, при разрешении 3 угловые секунды (90×90 м); такой квадрат является матрицей размером 1201×1201 элементов (пикселей).

Исходные данные, используемые в системе GoogleEarth доступны в готовом виде и их не нужно специально обрабатывать. Однако их нельзя нужным образом настроить, например, сменить систему координат, комбинацию каналов данных, улучшить географическую привязку и т. д.

Фактическое покрытие территории исследований было выполнено как по Ангарскому направлению каскада, так и по его основным ветвям: Окинской и Ийской для Братского водохранилища и Илимской для Усть-илимского.

Следующим этапом анализа представленных в GoogleEarth снимков стало выяснения их фактического разрешения. Поскольку система предоставляет не исходные, а обработанные материалы, мы полагали, что их фактическое разрешение будет не всегда соответствовать декларируемому, поскольку имеют место неисправимые закругления разрешения, производимые поставщиком с той или иной целью. При определении предельно-допустимого комфортного увеличения снимков мы применяли упрощенный способ: анализируемый снимок увеличивали до наиболее комфортного, на наш взгляд, разрешения, а затем, используя линейный масштаб основного окна Google, определяли масштаб (но не точность) удовлетворительного выходного изображения.

Результаты

Анализ показал, что больше половины территории покрывается снимками со спутника landsat, возможности которого для мониторинга динамики береговых морфосистем ограничены. При этом снимками высокого разрешения лучше всего обеспечена стволковая Ангарская ветвь, особенно обжитые территории Иркутска, Братска и Усть-Илимска. Боковые ветви такими снимками обеспечены значительно хуже. Также отмечается тенденция повышения доли снимков более низкого разрешения при продвижении к северу. Особенно досадно, что снимки высокого разрешения отсутствуют на наиболее динамичные и восприимчивые к размыву территории Осинского и Окинского расширений, а также на исток Ангары. Некоторые снимки высокого разрешения выполнены в неудачное время года – не сошел или образовался снежный покров, акватория покрыта льдом.

Проведенный анализ показал, что снимки с КА Landsat можно без существенной потери качества увеличивать до масштабов в весьма широком диапазоне: от $1 : 11\,000$ до $1 : 22\,300$. Снимки КА QuickBird-2 можно увеличивать в диапазоне масштабов от $1 : 800$ до $1 : 1\,600$. Изображения с КА GeoEye, допускают максимальное увеличение в диапазоне от $1 : 700$ до $1 : 1\,000$.

Анализ дешифровочных возможностей рассмотренных снимков позволяет сделать следующие выводы:

Среднемасштабные снимки с КА Landsat. дают возможность выделять следующие типы берегов:

– абразионные: по отсутствию полосы пляжа, крутым высоким берегам и берегам, приуроченным к мысам; клифы, однако, не видны;

– абразионно-аккумулятивные: по светлой кайме вдоль береговой линии, демаскирующей пляжи и полосы осушки, по просвечивающим отмелям и потокам муты;

– аккумулятивные: по светлому ровному тону и форме аккумулятивных форм (кос, пересыпей, перейм);

– ингрессионные слабоизмененные: по положению в головах заливов с плоскими и низкими берегами и отсутствию светлой полосы пляжа.

Кроме того, снимки с КА Landsat позволяют выделить тип береговых ландшафтов (селитебные, таежные, лесные, степные, лесостепные, заболоченные). На них также хорошо видны дороги и просеки, а также вырубки и гари с дифференциацией на старые и свежие. Не позволяют: произвести дифференциацию пляжей по гранулометрическому составу, выявить сеть мелких промоин и оврагов, определить тип абразионно-денудационных берегов (обвальные, осыпные, оползневые, закарстованные, просадочные). В населенных пунктах невозможно различить строения, с трудом читается структура кварталов.

Крупномасштабные снимки с КА QuickBird и GeoEye. Предоставляют собой удовлетворительный материал для изучения и картографирования береговой зоны в интересах мониторинга ее динамики. Близки по пространственному разрешению к среднемасштабной аэрофотосъемке. Снимки GeoEye предпочтительней по сравнению со снимками QuickBird: лучше разрешение, выше фотометрические характеристики и цветопередача.

На этих снимках хорошо отслеживается береговая линия, побережье и прибрежное мелководье. Видно много важных деталей, позволяющих судить о типе экзогенных процессов в береговой зоне и их динамике.

Четко дифференцируется полоса пляжа (осушки), клифы и опирающиеся на клифы склоны. В пределах пляжа выделяются береговые валы, фестоны, отшнурованные лагуны, дюны и крупная ветровая рябь. Просматривается характер поверхности (оголенная, с разреженным или сплошным травяным покровом, куртины кустарниковой растительности). Различается плавник и упавшие, накренившиеся и полузатопленные деревья. В ряде случаев можно определить слагающие пляж грунты (глыбово-щебнистые, суглинистые, песчаные).

Клифы видны отчетливо, различаются резкие и сглаженные бровки и подошвы, наличие или отсутствие эрозионных рытвин, оползневых тел и цирков, обвально-осыпных шлейфов и конусов выноса у основания, крупных трещин и блоков отседания, характер слагающего клиф грунта (скальный или рыхлый).

На склонах, опирающихся на клиф, хорошо видны эрозионные формы: протяжины, лощины, балки, промоины и овраги; прослеживается свежесть или сглаженность их элементов; тип и характер растительного покрова (отсутствует, разреженный, сомкнутый). Читается карстовые и суффозионные западины, блюдца, воронки и провалы.

Возможность построения перспективных изображений, продольных профилей и виртуальных стереопар с использованием встроенной ЦМР дает немного. Эти изображения позволяют улучшить восприятие характера рельефа, дифференцировать высокие, низкие, приглубые и отмельные берега. При этом, однако, искажается восприятие наиболее важных с точки зрения литодинамики крутых и, особенно, отвесных склонов (клифов). Точностные данные ЦМР тоже оставляют желать лучшего – так, при снятии высотных отметок с горизонтального зеркала водохранилищ диапазон разброса высот достигает 25 м.

Начиная с версии 5.0, в GoogleEarth реализована весьма полезная возможность сравнения разновременных снимков на одну и ту же территорию. Однако эта опция реализована только для снимков высокого разрешения с КА QuickBird и GeoEye, а период возможностей ретроспективы ограничивается 2002 г. Набор разновременных снимков также неодинаков: в некоторых случаях это два снимка, в некоторых – пять-шесть. Тем не менее и за этот период на особенно активных участках, приуроченных к открытым мысам, сложенным легкоразмываемыми породами, динамика процесса проявляется весьма отчетливо. Так, был проведен анализ серии разновременных снимков на участок мыса Волчий (правый берег Иркутского водохранилища), сложенного суглинками III террасы Ангары. Шесть разновременных снимков были приведены к одному масштабу и совмещены по общим контурным точкам. Анализ совмещенных изображений показывает отступление берегового клифа на расстояние 70–80 м за период с 2002 по 2016 г. На другом участке береговой полосы в районе поселка Новоравзводная за 14 лет берег отступил на 35–40 м.

В то же время 14-летний промежуток времени оказался недостаточным для выявления отступления клифов абразионных берегов, сложенных скальными грунтами. Вероятно, он будет также недостаточным и для мониторинга по материалам аэросъемки; поэтому для получения данных по разрушению подобных берегов водохранилищ, необходимы полевые исследования и стационарные наблюдения на специальных площадках.

Анализ разновременных снимков предоставляет информацию по динамике полосы осушки, вызванной сезонными колебаниями уровня водохранилищ. Это особенно характерно для Братского водохранилища, где амплитуда таких колебаний полосы осушки абразионно-аккумулятивных берегов достигает до 10 м по высоте и до 100 м в плане. Еще большие колебания (сотни метров) отмечаются по низким и плоским берегам в изголовьях ингрессионных заливов.

Заключение

Таким образом, дешифровочные возможности спутниковых снимков, высокого разрешения QuickBird-2 и GeoEye примерно соответствуют возможностям среднемасштабной аэросъемки, что позволяет использовать их в качестве основы для создания карт экзогенной динамики береговой зоны водохранилищ.

Снимки среднего разрешения с КА Landsat дают возможность отслеживать на пологих (отмелых и ингрессионных) берегах изменения полосы осушки, вызванные разного рода колебаниями уровня водохранилища.

Разновременные снимки позволяют выявлять изменения в рельефе береговой зоны, при условии, что эти изменения порядка нескольких м/год для снимков высокого разрешения и нескольких десятков м/год – для среднего разрешения.

К сожалению, в последнее время руководство GoogleEarth прекратило пополнение банка разновременных снимков с КА Landsat и существенно сократило базу уже накопленных снимков. На некоторые участки исследуемой территории теперь и вовсе нет ретроспективных наборов изображений, что значительно снижает их дешифровочные возможности в рамках решения задач экологического мониторинга. Тем не менее, сравнительный анализ этих снимков и топографических карт позволил выявить динамику широких полос осушки, приуроченных к низким отмелым берегам Братского водохранилища, сложенным рыхлыми, легко размываемыми отложениями. Здесь ингрессия вод залива в плане достигает нескольких километров.

Покрытие исследуемой территории снимками высокого разрешения неполное, особенно на малообжитые территории. Однако, постоянное пополнение, обновление и расширение базы данных GoogleEarth, позволяют надеяться на временность этого недостатка. Архивы разновременных снимков на одну и ту же территорию не повсеместны, а их временной интервал мал, что тоже должно измениться к лучшему.

ЦМР GoogleEarth по точности не удовлетворяют требованиям мониторинга берегов, хотя и позволяют создавать перспективные изображения и стереопары, позволяющие уточнить морфодинамический тип берегов и приблизительно оценить энергию их рельефа.

Таким образом, детальный кондиционный мониторинг изменений береговых морфосистем каскада Ангарских водохранилищ пока невозможен без регулярных продолжительных наблюдений на геостационарных участках. Материалы ДЗЗ при этом должны использоваться в качестве исходных при выборе места таких стационаров, организации полевых обследований и экстраполяции полученных результатов при оценочном и прогнозном картографировании динамических экзогенных процессов молодых побережий водохранилищ.

© В. П. Ступин, Л. А. Пластинин, 2019

КАРТОГРАФО-КОСМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ И ЯВЛЕНИЙ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА

Леонид Александрович Пластинин

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

Владимир Павлович Ступин

Иркутский национальный исследовательский технический университет, 664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, доктор технических наук, профессор кафедры маркшейдерского дела и геодезии, тел. (964)103-08-17, e-mail: stupinigu@mail.ru

Борис Николаевич Олзоев

Иркутский национальный исследовательский технический университет, 664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, кандидат географических наук, доцент кафедры маркшейдерского дела и геодезии, тел. (914)927-05-88, e-mail: bnozoev@yandex.ru

Статья посвящена обоснованию программ картографо-космического мониторинга природных и антропогенных процессов и явлений. Изложены цели, задачи, состав и структура системы мониторинга. Рассмотрены методологические, методические и технологические особенности его организации. Кратко освещены результаты практической реализации разработанных программ на примере территории Байкальского региона. Намечены перспективы дальнейшего развития системы мониторинга природных и антропогенных процессов и явлений.

Ключевые слова: Байкальский регион, мониторинг.

CARTOGRAPHIC AND SPACE MONITORING OF NATURAL AND ANTHROPOGENIC PROCESSES AND PHENOMENA OF THE BAIKAL REGION

Leonid A. Plastinin

Irkutsk National Research Technical University, 83, Lermontova St., Irkutsk, 664074, Russia, D. Sc., Professor, Department of Surveying and Geodesy, phone: (914)881-18-08, e-mail: plast@istu.edu

Vladimir P. Stupin

Irkutsk National Research Technical University, 83, Lermontova St., Irkutsk, 664074, Russia, D. Sc., Professor, Department of Surveying and Geodesy, phone: (964)106-08-17, e-mail: stupinigu@mail.ru

Boris N. Olzoev

Irkutsk National Research Technical University, 83, Lermontova St., Irkutsk, 664074, Russia, Ph. D., Associate Professor, Department of Surveying and Geodesy, phone: (914)927-05-88, e-mail: bnozoev@yandex.ru

The article is devoted to the substantiation of the programs of mapping and space monitoring of natural and anthropogenic processes and phenomena. The goals, objectives, composition and

structure of the monitoring system are stated. The methodological and technological features of its organization are considered. The results of the practical implementation of the developed programs are briefly reviewed on the example of the Baikal Region. Prospects for the further development of the monitoring system of natural and anthropogenic processes and phenomena are outlined.

Key words: the Baikal Region, monitoring.

Введение

Программы картографо-космического мониторинга природных и антропогенных процессов и явлений предназначены для разработки и организации оперативной информационной системы наблюдений, выявления, оценки, прогноза и картографирования динамики обширных территорий Байкальского региона на основе интеграции дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) из космоса, цифровой картографии и геоинформационных систем (ГИС).

Целями картографо-космического мониторинга природных и антропогенных процессов и явлений является создание региональной инфраструктуры разностороннего использования результатов космической деятельности и информационное обеспечение оперативных управленческих решений.

Основными задачами системы картографо-космического мониторинга являются:

- формирование региональной информационной инфраструктуры использования достижений ДЗЗ из космоса, цифровой картографии и ГИС;
- стимулирование продвижения геоинформационных услуг на основе использования данных ДЗЗ из космоса;
- подготовка и повышение квалификации специалистов в области ДЗЗ, цифровой картографии и ГИС;
- выявление, зонирование и картографирование динамики опасных природных и антропогенных процессов: переработки берегов водохранилищ, селевой опасности, лесных пожаров и др.;
- оперативное картографическое моделирование зон чрезвычайных ситуаций.

Состав и структура системы картографо-космического мониторинга

Реализация программ картографо-космического мониторинга природных и антропогенных процессов и явлений Байкальского региона предполагает создание следующих блоков:

- 1) базового регионального картографического комплекса, состоящего из актуальных электронных карт различного масштаба;
- 2) базы данных материалов ДЗЗ;
- 3) региональной геоинформационной системы, обеспечивающей интеграцию данных систем ГЛОНАСС/GPS, материалов ДЗЗ, баз электронных карт и отраслевых информационных систем.

4) отраслевых информационных систем:

- мониторинга и управления лесным комплексом;
- мониторинга и управления агропромышленным комплексом;
- мониторинга и управления объектами коммунальной инфраструктуры;
- территориального и муниципального планирования и управления;
- обеспечения региона космоснимками и результатами их обработки, включая ведение архива изображений;
- мониторинга окружающей среды, экологии, особо охраняемых природных территорий;
- мониторинга и управления дорожным хозяйством;
- автоматизированных систем поддержки управленческих решений, в том числе в чрезвычайных и кризисных ситуациях;
- систем создания 3D-моделей территорий и объектов;
- регионального геопортала.

Методология картографо-космического мониторинга

Задача доведения результатов космической деятельности до конечных пользователей имеет общенациональный, межведомственный и межрегиональный характер. Практика применения аэрокосмических съемок для изучения природы Сибири показывает целесообразность интегрирования наземных, дистанционных и картографических методов в единый комплексный дистанционно-картографический метод исследования, базирующийся на системной методологии.

Применение этой методологии позволяет:

- обеспечить эффективное использование региональной картографо-космической инфраструктуры, обеспечивающей потребности в дистанционной информации и картографических услугах широкого круга пользователей;
- обеспечить устойчивое межведомственное и межрегиональное взаимодействие и информационное сопряжение федеральной, региональной и муниципальной инфраструктуры использования результатов космической деятельности;
- обеспечить комплексный подход при получении, совместной обработке, хранении и предоставлении информации, полученной космическими и другими информационными средствами;
- реализовать единую техническую и технологическую политику при использовании результатов космической деятельности в интересах органов государственной власти и органов местного самоуправления региона;
- реализовать механизмы государственно-частного партнерства для реализации крупных проектов по внедрению картографо-космических материалов в рамках рассматриваемых программы.

Методика оперативного космического мониторинга включает ряд последовательных шагов, на каждом из которых решаются задачи, направленные на достижение конкретных целей:

- определение стратегии исследований на основе изучения исходных материалов и анализа природных условий исследуемой территории;
- моделирование исследуемых систем на основе выделения и углубленного изучения их структуры приоритетов и динамики;
- прогнозирование развития систем на основе проигрывания вариантов различных воздействий на них на созданных ранее моделях;
- разработка рекомендаций по оптимальной эксплуатации и совершенствованию исследуемых систем.

Оперативный картографо-космический мониторинг базируется на комплексном использовании различных данных и материалов.

Топографо-геодезические данные и материалы используют на всех этапах мониторинга в качестве основы для планирования и организации работ.

Материалы дистанционного зондирования также используются на всех этапах как незаменимые источники первичной информации.

Гидрометеорологические данные используются для получения оперативной информации о гидрологическом и метеорологическом состоянии территорий;

Статистические данные об антропогенной и техногенной структуре территории мониторинга используются для анализа их потенциального воздействия, позволяющие выделять районы раннего и нового освоения, а также урбанизированные территории.

Геолого-геоморфологические и лесотаксационные данные включают геоморфологические геологические и гидрологические карты и используются для оценки рельефа, инженерно геологических условий и потенциальной пожароопасности территорий.

Принципиальная схема системы космического мониторинга природных и антропогенных процессов и явлений включает четыре взаимосвязанных этапа: наблюдение, оценка, прогноз и выработка рекомендаций органам управления по предотвращению чрезвычайных ситуаций.

Технология космического мониторинга

Технологическая схема организации космического мониторинга включает подготовительные и основные работы. Результатом выполнения программы мониторинга являются карты оценки состояния и динамики опасных природных и техногенных процессов, прогноз их развития и рекомендации по смягчению их негативного воздействия.

В подготовительные работы выполнения программы организации картографо-космического мониторинга входят следующие этапы:

- сбор исходных материалов (карт, аэрокосмических снимков, литературных источников, ведомственных материалов, статистических и полевых данных);

- составление программы полевого наземного и аэровизуального обследования исследуемых территорий;

- полевое наземное и аэровизуальное обследование;

- тематическое дешифрирование аэрокосмических снимков.

В основные работы выполнения программы организации дистанционно-картографического мониторинга входят:

- выбор полигонов в качестве эталонов дешифрирования аэрокосмических снимков;

- создание системы мониторинга эталонных полигонов дешифрирования аэрокосмических снимков;

- создание пространственной базы данных: аэрокосмических снимков и электронных карт;

- создание информационной (атрибутивной) базы данных;

- тематический анализ пространственной информации с использованием созданных баз данных;

- создание специализированных и тематических карт.

Система картографо-космического мониторинга обширного Байкальского региона является геоинформационной и базируется на использовании данных ДЗЗ. Она представляет собой ГИС, которая накапливает, систематизирует, анализирует и актуализирует пространственную и другую информацию о состоянии природной и антропогенной среды региона. ГИС обладает мощными инструментами построения любых моделей, отображаемых территорий и ситуаций в их пределах, а также инструментами пространственного и непространственного анализа данных, с помощью которых выявляются закономерности, присущие объекту мониторинга. Средствами ГИС, на основании выявленных закономерностей определяются показатели, характеризующие динамику изменений процесса или явления во времени и пространстве. Совмещение в среде ГИС динамических характеристик и интерпретирование на основе выявленных закономерностей позволяют переходить к прогнозированию развития объекта мониторинга с большей или меньшей долей вероятности.

ГИС картографо-космического мониторинга состоит из четырех подсистем: получения исходной информации, получения дополнительной информации, сбора и хранения информации, обработки информации.

Технологическая схема обработки данных содержит стандартные этапы: подготовительный, производственный и редакционный.

На предварительном этапе осуществляется разработка содержательной составляющей ГИС и требований к технологическому и программному обеспечению мониторинга, а также разработка технико-экономического обоснования работ.

База картографических, аэросъемочных, космосъемочных, литературно-справочных данных и их атрибутов, отражающих внутреннюю структуру и сложные иерархические связи всех этих данных, должна соответствовать ряду критериев функциональности, обеспечивать быстрый доступ и наглядное отображение зоны работ, выполнять общую ориентацию и геопривязку данных, а также показывать географическое покрытие каждым видом данных.

Результаты

Рассмотренные выше методологические, методические и технологические наработки были подготовлены и апробированы на примере Прибайкалья, для которого характерен самый широкий спектр опасных и нежелательных геодинамических и других процессов.

Наиболее значимые работы в этом направлении были проведены при выполнении договорных работ по изучению динамики берегов каскада Ангарских водохранилищ. Широкое использование рассмотренных научно-методических разработок на основе интеграции материалов ДЗЗ из космоса и ГИС-технологий позволило выполнить качественный анализ размыва берегов, их классификацию, районирование и картографирование, а также получить количественные характеристики береговых процессов.

Другим важным направлением наших исследований стало изучение селевой опасности региона. В рамках рассмотренной концепции нами было выполнено районирование селевой опасности горных районов южного Прибайкалья и составлены разномасштабные карты пораженности и интенсивности селевых процессов в пределах Тункинских гольцов и хребта Хамар-Дабан.

Наконец, рассмотренная концепция была реализована при оперативном выявлении, картографировании и количественной оценке последствий обширных лесных пожаров в Прибайкалье и Республике Бурятия.

Заключение

В современных условиях реализация программ картографо-космического мониторинга является одним из действенных антикризисных механизмов, обеспечивающих значительную экономию финансовых и материальных средств, что обусловлено:

- жизненной необходимостью ускорения перехода России к инновационной модели развития;
- готовностью широкого спектра космических технологий, продуктов и услуг к практическому внедрению в реальные социально-экономические процессы.

Преимуществами реализации программ картографо-космических технологий являются:

- создание базы данных дистанционного зондирования Земли и информационных технологий для долговременного мониторинга производственных объектов, природной среды;
- высокая оперативность и систематичность предоставления данных, в том числе независимо от погодных условий и времени суток;
- возможность автоматизированной обработки и представления получаемых данных, их интеграции в геоинформационные системы.

© Л. А. Пластинин, В. П. Ступин, Б. Н. Олзоев, 2019

ПРИНЦИПЫ РАЗРАБОТКИ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ КАРТЫ СИБИРСКОЙ АРКТИКИ

Леонид Александрович Пластинин

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

Владимир Павлович Ступин

Иркутский национальный исследовательский технический университет, 664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, доктор технических наук, профессор кафедры маркшейдерского дела и геодезии, тел. (964)103-08-17, e-mail: stupinigu@mail.ru

Борис Николаевич Олзоев

Иркутский национальный исследовательский технический университет, 664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, кандидат географических наук, доцент кафедры маркшейдерского дела и геодезии, тел. (914)927-05-88, e-mail: bnolzoev@yandex.ru

Надежда Валентиновна Котельникова

Иркутский национальный исследовательский технический университет, 664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, кандидат географических наук, доцент кафедры маркшейдерского дела и геодезии, тел. (908)656-17-27, e-mail: plast@istu.edu

В статье представлены результаты анализа возможностей практического использования космических данных открытого доступа для районирования и картографирования типов берегов водохранилищ ангарского каскада. Рассмотрены принципы типизации берегов и их дешифровочные признаки на средне- и крупномасштабных общедоступных космических снимках. Изложенный опыт может оказаться полезным при необходимости оперативного картографирования динамики протяженных береговых линий в сжатые сроки и при ограниченных информационных возможностях.

Ключевые слова: Арктика, специализированные карты.

PRINCIPLES OF DEVELOPMENT OF A SPECIALIZED TOPOGRAPHIC MAP OF THE SIBERIAN ARCTIC

Leonid A. Plastinin

Irkutsk National Research Technical University, 83, Lermontova St., Irkutsk, 664074, Russia, D. Sc., Professor, Department of Surveying and Geodesy, phone: (914)881-18-08, e-mail: plast@istu.edu

Vladimir P. Stupin

Irkutsk National Research Technical University, 83, Lermontova St., Irkutsk, 664074, Russia, D. Sc., Professor, Department of Surveying and Geodesy, phone: (964)106-08-17, e-mail: stupinigu@mail.ru

Boris N. Olzoev

Irkutsk National Research Technical University, 83, Lermontova St., Irkutsk, 664074, Russia, Ph. D., Associate Professor, Department of Surveying and Geodesy, phone: (914)927-05-88, e-mail: bnolzoev@yandex.ru

Nadezhda V. Kotelnikova

Irkutsk National Research Technical University, 83, Lermontova St., Irkutsk, 664074, Russia, Ph. D., Associate Professor, Department of Surveying and Geodesy, phone: (908)656-17-27, e-mail: plast@istu.edu

The article proposes and substantiates scientific and technical concept for the development of a geo-information methodology and technology for creating modern electronic topographic maps and their content using satellite remote sensing data and taking into account main regional features of the Arctic, which are poorly reflected in existing maps: frozen soils and cryogenic landforms, snow ice formations, extensive flooded river floodplains, dangerous natural processes and phenomena.

Key words: Arctic, specialized maps.

Введение

В геополитической обстановке сегодняшнего дня отчетливо проявляется все возрастающие амбиции ряда стран, как граничащих, так и не граничащих с российской Арктикой, направленные на усиление своего влияния и позиций в этом стратегически важном регионе. И эта тенденция не случайна. Арктика представляет собой несомненный интерес, по крайней мере, по трем причинам:

- наличия колоссальных природных ресурсов, прежде всего, нефти и газа;
- наличия Северного морского пути, роль которого как кратчайшей и удобной транспортной артерии, связывающей Европу со странами Азиатско-Тихоокеанского региона, будет только возрастать;
- военно-стратегического значения как плацдарма, прикрывающего северные рубежи государств от агрессивных действий геополитических конкурентов.

В свете вышесказанного становятся понятными действия России по обеспечению безопасности своих арктических территорий и акваторий, в том числе и за счет увеличения военного присутствия. Очевидно, что масштабные перегруппировки вооруженных сил потребуют соответствующих объемов, оперативности и качества их топографо-геодезического обеспечения. Одной из важнейших составляющих этого процесса является обеспечение этого региона современными электронными топографическими картами.

Проблема и методика ее решения

Вместе с тем актуальность и содержание существующих топографических карт на арктические территории оставляют желать лучшего.

Во-первых, вопреки всем существующим руководящим документам, большинство карт не обновлялись со времен существования СССР, их актуальность не выдерживает никакой критики, а обновление традиционными методами требует долгого времени. Это особенно касается крупномасштабных топографических карт.

Во-вторых, содержание топографических карт и структура их условных знаков также не менялись на протяжении нескольких десятков лет и пришли в противоречие с возможностями и парадигмой современной картографии, а главное, с запросами потребителя. В качестве очевидных слабых мест традиционных топографических карт в арктической зоне можно указать:

- слабую передачу различий схожих морфологически, но генетически разных форм;
- недостаточность, выборочность и случайность в отображения криогенных форм;
- бессистемность показа объектов и характеристик гидрографии;
- фрагментарность отражения генетических характеристик грунтов, влияющие на проходимость и динамику рельефа;
- недостаточная дифференциация структуры мерзлотных форм рельефа;
- недостаточное стандартное сечение и малое количество высотных отметок, искажающие отображение морфологии и морфометрии земной поверхности.

В-третьих, появились новые источники топографической информации (материалы дистанционного зондирования Земли из космоса) и совершенно новые технические и технологические возможности картосоставительского и картоиздательского производства (ГИС-технологии).

В-четвертых, накоплены значительные знания о географических, инженерно-геологических, гидрологических и других особенностях Арктики, что позволяет выполнить оперативное обновление карт.

Решение рассмотренной выше проблемы заключается в реализации следующих научно-исследовательских и практических направлений:

1) разработке геоинформационной технологии создания современных электронных топографических карт с использованием ДЗЗ из космоса с учетом важных региональных особенностей Арктики, слабо отраженных на существующих картах;

2) определении географического содержания специализированных электронных топографических карт с отображением следующих природных процессов и явлений:

- широкого распространения в прибрежной Арктике мерзлых грунтов и криогенных форм рельефа (курумов, полигональных поверхностей, бугров пучения, термокарста, солифлюкции и др.);
- снежно-ледовых образований (речных и грунтовых наледей, снежников-перелетков, погребенных льдов и др.);
- обширных затопляемых речных пойм;
- опасных природных процессов и явлений (паводков, селей, лавин, обвалов, оползней, сплывов и др.).

Учитывая перечисленные природные особенности Арктики, к важнейшим направлениям совершенствования содержания современных электронных топо-

графических карт этого региона России, относятся проблемы совершенствования отображения:

- динамики вод низких прибрежных территорий, в том числе широких дельт крупных сибирских рек, с отображением их максимальных и минимальных (меженных) уровней, с указанием отметок урезов воды при этих уровнях;

- специфических мерзлотных (криогенных) форм рельефа и снежно-ледовых образований с определением их многолетних и сезонных динамических состояний и указанием абсолютных и относительных отметок их характерных точек;

- опасных природных процессов и явлений горных территорий региона: селей, лавин, обвалов, оползней, сплывов, с отображением границ их распространения и указанием их высотных отметок.

Результаты

В результате анализа потребностей потребителей специализированных топографических карт сибирской Арктики, степени изученности региона, наличия материалов ДЗЗ и современного уровня ГИС-картографирования, было разработано расширенное содержание этих картографических моделей.

На специализированные топографические карты Арктики наносят границы распространения мерзлоты (сплошной, таликовой, островной) и показана мощность активного слоя.

Грунты выделяют в отдельную группу знаков, без объединения с растительным покровом и расширить их разновидности. На специализированных топографических картах дополнительно должны найти отражение:

- монолитные грунты с подразделением на скальные и полускальные: скалы, выходы коренных пород, лавовые потоки и покровы;

- дисперсные окатанные и неокатанные крупнообломочные, песчаные, супесчаные, суглинистые и глинистые грунты;

Существенно расширен перечень мерзлотных форм. Так, на традиционных топографических картах отображаются лишь как полигональные, бугристые и кочковатые поверхности. На специализированных топографических картах целесообразно отображать:

- крупнополигональные формы тундровых болот: полигоны с сухой центральной частью и заполненными водой трещинами с указанием ширины трещин; валиковые полигоны с озерками и мочажинами в средней части с указанием высоты валиков;

- микрополигональные формы: пятна-медальоны (пятнистая тундра); каменные многоугольники, полосы, кольца;

- бугры пучения: напорного (гидролоkkalиты); миграционного (торфяные бугры) типа.

- термокарстовые формы: котловины частично спущенных озер; котловины полностью спущенных озер, аласы; термокарстовые провалы и воронки;

мелкие термокарстовые западины и блюдца; бугристо-западинные формы; байджерахи;

– солифлюкция: солифлюкционные потоки, террасы, валы, гряды и покровы; делли; нагорные террасы.

На традиционных картах для всех видов наледей предусмотрен только один знак. На специализированных картах отображаются следующие виды наледей и наледного рельефа: сезонные наледи; многолетние наледи; наледные поляны; грунтовые наледи и выходы грунтового льда.

Учитывая крайнюю непредсказуемость и динамичность арктических рек, на специализированных картах отражают средние многолетние, максимальные и минимальные (меженные) урезы воды и береговые линия; границы и ширину разливов рек независимо от их продолжительности; многолетний средний, максимальный и минимальный расход воды; сроки ледостава и ледохода.

В отличие от традиционных топографических карт, которые все временные водотоки показывают, как сухие русла, овраги и промоины, на специализированных топографических картах, помимо них, выделяют селеопасные русла и селевые конуса выноса; лавинные лотки и конуса выноса лавин; кулуары камнепадов.

Повышенные требования к содержанию специализированных топографических карт требуют от составителей более углубленных знаний по географии, геоморфологии, инженерной геологии, гидрологии, однако очевидное повышение информативности специализированных карт окупит эти издержки с лихвой. Неоценимым подспорьем при составлении специализированных карт являются ранее созданные традиционные топографические карты и материалы дешифрирования космических снимков и аэроснимков. Существует множество дешифровочных признаков прямо или косвенно раскрывающих связь между, например, формами рельефа и формирующими их процессами. Ниже приведены некоторые из характерных морфологических индикаторов различных геологических процессов, некоторые из которых могут быть весьма опасны и неожиданны.

Так, наличие низкой и высокой поймы, меандр, стариц и сегментов береговых валов указывает на затопление территорий во время половодий и наводнений.

Широкие полосы осушки морей, озер и водохранилищ свидетельствуют об интенсивной продолжающейся абразии.

Наличие «прочесов» по руслам горных рек и конусов выноса, особенно с отсутствующим растительным покровом верный признак выброса селей;

Эрозионные борозды, гравитационные ложбины, сорванный растительный покров – индикаторы камнепадов, схода снежных лавин и внезапных паводков.

Овраги, висячие овраги – бурные внезапные водотоки.

Наличие водосборных воронок и конусов выноса под ними, соединенные ложбинами (лавиными лотками) с отсутствующим растительным покровом (прочесы) – сход лавин;

Характерная «гофрировка» склонов крутых берегов водоемов и бортов речных долин и оврагов признак оползневой деятельности;

Наличие ледников, снежников, фирновых полей, ледяные обрывы, трещины, ледопады, снежные надувы и карнизы, скопления талой воды связаны с деятельностью гляциальных селей, лавин, обрушений льда, оползнями и осыпями;

Наледные поляны – свидетели развития и агрессивной деятельности наледей;

Плоские полигональные поверхности с конусообразными буграми и множеством овальных, округлых или прямоугольных озер, обрывистых ледяных берегов признак морозобойного растрескивания, пучения грунтов, термокарста, термоабразии и термоэрозии.

Мелкотеррасированные склоны, потяжины и дели – крип, солифлюкция и сплывы.

Заключение

Реализация научного направления рассмотренной Концепции создает методологические и методические основы разработки содержания специализированных топографических карт, рассчитанных на применение в условиях сибирской Арктики и учитывающих указанные выше особенности региона, что существенно повысит достоверность и информационную емкость топографических карт.

Реализация технологического направления позволит организовать составление специализированных топографических карт сибирской Арктики на основе интеграции классических методов составления, методов обработки материалов дистанционного зондирования Земли из космоса и ГИС-технологий, что существенно повысит оперативность и степень автоматизации составительского и издательского процессов.

В настоящее время начата разработка Программы электронного специализированного картографирования сибирской Арктики от Енисейского залива до устья Лены, включая полуостров Таймыр, Северо-Сибирскую низменность, плато Путорана и север Среднесибирского плоскогорья, а также побережья Карского моря и моря Лаптевых, Новую Землю и другие арктические острова.

Учитывая многосторонний интерес к проблеме изучения и картографирования арктического побережья России данная Программа подготавливается для согласования в Росреестре РФ и ВТУ ГШ МО РФ. Ее авторы также рассчитывают на поддержку Русского географического общества по вопросам организации совместных экспедиций в сибирскую Арктику.

© Л. А. Пластинин, В. П. Ступин, Б. Н. Олзоев, Н. В. Котельникова, 2019

К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ КАДАСТРОВЫХ ИНЖЕНЕРНО-ХОЗЯЙСТВЕННЫХ КАРТ МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ РЕГИОНОВ

Сергей Михайлович Кузнецов

Иркутский национальный исследовательский технический университет, 664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, аспирант кафедры маркшейдерского дела и геодезии, e-mail: metallica-1994@mail.ru

Леонид Александрович Пластинин

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

Рассмотрены состав и назначение кадастровых карт, содержание кадастровых инженерно-хозяйственных карт, ведение 3D-кадастра и его перспективы, предложено создание кадастровых инженерно-хозяйственных карт.

Ключевые слова: кадастровые инженерно-хозяйственные карты, муниципальные образования, кадастровое инженерно-хозяйственное картографирование, 3D-кадастр.

CREATION OF CADASTRAL ENGINEERING AND ECONOMIC MAPS OF MUNICIPALITIES: DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY

Sergey M. Kuznetsov

Irkutsk National Research Technical University, 83, Lermontova St., Irkutsk, 664074, Russia, Ph. D. Student, Department of Surveying and Geodesy, e-mail: metallica-1994@mail.ru

Leonid A. Plastinin

Irkutsk National Research Technical University, 83, Lermontova St., Irkutsk, 664074, Russia, D. Sc., Professor, Department of Surveying and Geodesy, phone: (914)881-18-08, e-mail: plast@istu.edu

The composition and purpose of cadastral maps, the content of cadastral engineering and economic maps, maintaining 3D-cadastr and its prospects are considered, creation of cadastral engineering and economic maps is proposed.

Key words: cadastral engineering and economic maps, municipalities, cadastral engineering and economic mapping, 3D-cadastr.

Введение

Разработка кадастровых карт для нужд муниципальных образований первого и второго уровней является необходимой мерой для проведения кадастровых работ, например, для регулярного уточнения местоположения границ земельных участков которые находятся в ведении муниципального образования, согласование границ земельных участков и т. д. На современном этапе развития

информационных связей между органами, осуществляющими государственный кадастровый учет и органами местного самоуправления возникает потребность в цифровых кадастровых картах, которые являются востребованными в связи с решением задач государственного и муниципального значения. С появлением ГИС-технологий есть возможность создавать множество электронных и цифровых карт высокого качества с различным тематическим содержанием, которые будут удобно скомпонованы и будут представлять пространственные данные в удобной легко читаемой форме.

Постановка проблемы

Одной из главных проблем муниципальных образований на сегодняшний день является отсутствие достаточного количества информационного обеспечения для управления территорией и нужд народного хозяйства. Основной необходимой информацией являются данные о местоположении земельных участков, их правовых характеристиках (категория земель, виды разрешенного использования, описание границ, сведения о собственниках на землю и других землепользователей, сведения об обременениях (ограничениях) использования участков), а также экономические кадастровые характеристики земель (для целей налогообложения и т. п.).

Состав и назначение кадастровых карт.

Согласно статье 13 пункта 4 ФЗ «О государственном кадастре недвижимости» [3], кадастровые карты представляют собой составленные на единой картографической основе тематические карты, на которых в графической форме и текстовой форме воспроизводятся внесенные в государственный кадастр недвижимости сведения о земельных участках, зданиях, сооружениях, об объектах незавершенного строительства, о прохождении государственной границы Российской Федерации, о границах между субъектами Российской Федерации, границах муниципальных образований, границах населенных пунктов, о территориальных зонах, зонах с особыми условиями использования территорий, кадастровом делении территории Российской Федерации, а также указывается местоположение пунктов опорных межевых сетей.

Согласно приказу Министерства экономического развития Российской Федерации от 19.10.2009 № 416 «Об установлении перечня видов и состава сведений кадастровых карт» установлен с 1 марта 2010 г. следующие виды кадастровых карт в зависимости от цели их использования:

- публичные кадастровые карты, предназначенные для использования неограниченным кругом лиц;
- дежурные кадастровые карты, предназначенные для использования органом кадастрового учета при осуществлении государственного кадастрового учета и ведении государственного кадастра недвижимости;
- кадастровые карты территорий муниципальных образований, предназначенные для использования органами местного самоуправления соответствующего муниципального образования;

– кадастровые карты территорий субъектов Российской Федерации, представляющие совокупность кадастровых карт территорий муниципальных образований, расположенных в границах соответствующих субъектов Российской Федерации, и предназначенные для использования органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации.

В соответствии с приложением к этому Приказу установлен состав сведений кадастровых карт.

На публичных кадастровых картах воспроизводятся следующие общедоступные кадастровые сведения:

- 1) границы единиц кадастрового деления;
- 2) государственная граница Российской Федерации;
- 3) границы между субъектами Российской Федерации;
- 4) границы муниципальных образований;
- 5) границы населенных пунктов;
- 6) границы зон с особыми условиями использования территорий;
- 7) границы земельных участков;
- 8) контуры зданий, сооружений, объектов незавершенного строительства на земельных участках;
- 9) номера единиц кадастрового деления;
- 10) кадастровые номера земельных участков, зданий, сооружений;
- 11) виды объектов недвижимости (земельные участки, здания, сооружения, объекты незавершенного строительства).

На дежурных кадастровых картах воспроизводятся следующие внесенные в государственный кадастр недвижимости сведения:

- 1) сведения, указанные в подпунктах 1–8 пункта 1 настоящего приложения;
- 2) границы территориальных зон;
- 3) пункты опорной межевой сети;
- 4) номера контуров границ земельных участков (если границы таких земельных участков представляют собой совокупность нескольких замкнутых контуров);
- 5) границы частей земельных участков.

На кадастровых картах территорий муниципальных образований и кадастровых картах территорий субъектов Российской Федерации воспроизводятся следующие внесенные в государственный кадастр недвижимости сведения:

- 1) сведения, указанные в подпунктах 1–8 пункта 1 настоящего приложения;
- 2) сведения о форме собственности на объекты недвижимости (федеральная, субъекта Российской Федерации, муниципальная, частная), а также в соответствующих случаях сведения о том, что государственная собственность на земельные участки не разграничена.

Подвергнув анализу нормативно правовую базу кадастрового картографирования можно сделать вывод о том, что методология кадастрового картографирования обладает комплексным подходом в сочетании с целевой направлен-

ностью и строгим регламентированием оно неразрывно связано с кадастром и является его подсистемой.

Однако информация, содержащаяся на публичных кадастровых картах, не всегда удовлетворяет тем требованиям, которые необходимы для правильного управления земельными ресурсами муниципальных образований.

Кадастровые инженерно-хозяйственные карты

Создание кадастровых карт для муниципальных образований требует рассмотрения целого комплекса взаимосвязанных вопросов, которые в дальнейшем определяют то, какую информацию будут содержать такие кадастровые карты. К этим вопросам относятся: выбор масштаба создаваемых карт, тематическое содержание создаваемых кадастровых карт, пространственно-координатная совместимость с другими картографическими материалами (топографическими картами, генеральными планами, административно-хозяйственными картами и т. п.), возможность оперативного обновления карты в соответствии с текущим положением, обеспечение эффективного многоцелевого использования кадастровой карты.

Содержание кадастровых инженерно-хозяйственных карт.

В связи с возросшей потребностью муниципальных образований в цифровых кадастровых картах предлагается создание так называемых «Кадастровых инженерно-хозяйственных карт» (КИХК). Разработка технологии создания (КИХК) должна осуществляться на единой топографо-геодезической основе, что позволит в дальнейшем избежать несовместимости с другими картами, а также структурировать и хранить информацию в единой системе координат это обеспечит корректное представление пространственных данных и позволит производить в дальнейшем качественный контроль при ведении землеустроительных работ.

Планируется создание единого технологического подхода для кадастрового инженерно-хозяйственного картографирования всего масштабного ряда, что даст возможность стандартизации отображения необходимой информации на картах в соответствии с их масштабом. Это позволит обеспечить информативность карт и избежать перегруженности информацией, что может вызвать затруднения при чтении и работе с картой.

На сегодняшний день имеется проблема того, что кадастровая информация, хранящаяся в электронном виде, имеет разные форматы представления данных, представлена в различных системах координат и проекциях, часть информации представляется в виде каталогов координат без возможности ее визуализации. Данная технология создания КИХК позволит создать единую кадастровую картографическую структуру и решить проблему разрозненности кадастровых данных.

Принципы и методы технологии создания КИХК будут основываться на использовании космических данных, топографо-геодезических методах и комбинировании космической информации с топографо-геодезическими данными.

В дальнейшем в содержание КИХХ планируется включение трехмерных цифровых моделей местности и цифровых моделей рельефа, таким образом, это позволит создавать трехмерные кадастровые карты и будет способствовать переходу на трехмерный кадастр. Трехмерный кадастр или 3D-кадастр особенно актуален в современном обществе, так как двухмерный кадастр имеет ряд недостатков, например, он не позволяет вести учет многоуровневых объектов, таких как дорожные развязки, мосты и туннели, здания нестандартной формы с нависающими этажами. Кроме того, действующая система учета объектов недвижимости не имеет возможности учитывать особенности рельефа, несомненно, оказывающие существенное влияние на оценку их кадастровой стоимости. Трехмерное отображение поверхности земли и расположенных на ней объектов могло бы значительно расширить возможности кадастрового учета и механизмы обеспечения прав собственности, планирования и проектирования.

На сегодняшний день 3D-кадастр используется и применяется в 24 странах Евросоюза.

В целом он позволяет:

- повысить оперативность и обоснованность принятия решений в области земельно-имущественных отношений;
- повысить устойчивость комплексного управления системой объектов;
- повысить справедливость налогообложения недвижимого имущества;
- создать более благоприятные условия для инвестирования в сферу земельно-кадастровых отношений;
- повысить гарантии прав владельцев недвижимости;
- повысить актуальность сведений.

Возможности 3D-кадастра:

- многоцелевое использование поверхностных участков земли;
- многоцелевое использование надземных участков;
- многоцелевое использование подземных участков.

Заключение

Таким образом, в перспективе КИХХ планируется создавать трехмерными, что будет полностью удовлетворять нуждам 3D-кадастра. В настоящий момент внедрение 3D-кадастра связано в Российской Федерации с рядом проблем, которые нужно своевременно решить, одной из таких проблем является правовая составляющая. Законодательство Российской Федерации в сфере государственной регистрации прав на недвижимое имущество и сделок с ним и государственного кадастрового учета не содержит упоминаний о 3D-объектах, в то же время отсутствуют препятствия для их кадастрового учета и государственной регистрации. При переходе к полноценному трехмерному кадастру на территории Российской Федерации не менее важным является экономический аспект. Но, учитывая, что применение 3D-кадастра согласуется с современным уровнем развития информационных технологий Росреестра, этот переход будет оправдан.

Создание кадастровых инженерно-хозяйственных карт (КИХК) позволит эффективно использовать их при ведении кадастровых работ, а также иных работ, связанных с требованиями народного хозяйства. Также это позволит решать многие задачи в развитии муниципальных образований на этапе планирования, так как вся необходимая информация будет непосредственно и доступно отображена. Данный вид карт будет относиться к публичным кадастровым картам, это откроет дополнительные возможности использования этих карт в различных отраслях и позволит максимально охватить все сферы человеческой деятельности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Земельный кодекс Российской Федерации : федеральный закон от 25.10.2001 № 136-ФЗ (ред. от 25.12.2018) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2019).
2. О кадастровой деятельности : федеральный закон от 24.07.2007 № 221-ФЗ (ред. от 03.08.2018).
3. О государственном кадастре недвижимости : федеральный закон от 13.05.2008 г. № 66-ФЗ (с изм. и доп. от 21 декабря 2009 г., 23 июля 2013 г., 23 июня 2014 г., 3 июля 2016 г., 29 июля 2017 г.).
4. О государственной регистрации недвижимости : федеральный закон от 13.07.2015 № 218-ФЗ (последняя редакция).
5. Герасимова С. Г., Ибрагимов М. Б., Петров М. В. Перспективы создания 3D-кадастра в России.
6. Байрактар К. Ф. Трехмерный кадастр недвижимости в России.

© С. М. Кузнецов, Л. А. Пластинин, 2019

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДОРОЖНОГО ГРАФА В НАВИГАЦИОННЫХ ПРИЛОЖЕНИЯХ НА ПРИМЕРЕ КОМПАНИИ HERE TECHNOLOGIES

Олеся Михайловна Николаева

HERE Technologies, 344000, Россия, г. Ростов-на-Дону, ул. Текучева, 139/94, главный специалист по взаимодействию с сообществами, тел. (988)510-35-02, e-mail: olesia.nikolaeva@here.com

Людмила Константиновна Радченко

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры картографии и геоинформатики, тел. (913)909-51-88, e-mail: l.k.radchenko@sgugit.ru

Дорожный граф – основной слой цифровой навигационной карты. С развитием техники и геоинформационных технологий появилась возможность использовать дорожный граф для решения различных прикладных задач: построение маршрута, анализ использования дорожной сети, анализ загруженности дорог, геомаркетинговые исследования, актуализация базы данных, основанная на несоответствии данных в реальности и в приложении. Цель работы – подробно рассмотреть прикладные задачи, которые решаются на базе дорожного графа навигационного приложения. Эти задачи рассмотрены на примере компании HERE Technologies, которая имеет многолетний опыт создания и использования навигационных приложений.

Ключевые слова: дорожный граф, маршрутизация, навигационная система, геомаркетинговые исследования, анализ загруженности дорог.

USE OF ROAPGRAPH IN NAVIGATION SYSTEMS ON THE EXAMPLE OF A COMPANY HERE TECHNOLOGIES

Olesia M. Nikolaeva

HERE Technologies, 139/94, Tekycheva St., Rostov-on-Don, 344018, Russia, Chief Specialist on Interaction with Communities, phone: (988)510-35-02, e-mail: olesia.nikolaeva@here.com

Lyudmila K. Radchenko

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D. Associate Professor, Department of Cartography and Geoinformatics, phone: (913)909-51-88, e-mail: l.k.radchenko@sgugit.ru

The road graph is the main layer of a digital navigation map. With the development of geoinformation technologies it is possible to use the road graph to solve various tasks: route construction, analysis of the use of the road network, analysis of road congestion, geomarketing research, updating the database based on the discrepancy between the data in reality and in the application. The purpose of this research is to consider in detail the applied problems that are solved on the basis of the road graph of an navigation application. These tasks are considered on the example of HERE Technologies, which has many years of experience in the creation and use of navigation applications.

Key words: road graph, routing, GPS navigation, geo-marketing researches, analysis of congestion.

Введение

Граф дорог – основной элемент цифровой навигационной карты, содержащий необходимую навигационную информацию для решения задач автоматизированной прокладки маршрута движения транспортных средств между любыми заданными точками на графе. Граф дорог представляет собой набор топологически и метрически связанных между собой дуг. Каждая дуга является участком дороги с координатным описанием и информацией об условиях проезда транспорта на данном участке, а также содержит адресную информацию для планов городов [1].

Поиск своего пути с помощью карты является относительно недавним явлением. В XX в. карты использовались для планирования путешествий заранее [2]. И только с приходом геоинформационных технологий и появления цифровых навигационных карт появилась возможность автоматически строить маршруты и осуществлять сопровождение по маршрутам. Построение маршрута возможно лишь при правильно построенном дорожном графе (в соответствии со всеми требованиями) и является одной из основных задач навигационных карт. Вопросы маршрутизации широко освещены в научных статьях и в сети Интернет [1, 3–5], чего не скажешь о других задачах, которые решаются на основе дорожного графа. Поэтому исследование посвящено выявлению других прикладных задач, решаемых на базе дорожного графа на примере компании HERE Technologies. На сегодняшний день компания предоставляет широкий спектр сервисов геолокационной платформы для решения задач построения маршрута в зависимости от вида транспорта, условий окружающей среды, различных внезапно возникающих ситуаций и целей конечного потребителя, а также других задач, которые будут рассмотрены далее.

Дорожный граф и требования, предъявляемые к его созданию

Понятие «дорожный граф» встречается в нормативной и научной литературе. Так, в источнике [3] дорожный граф – это сетка дорог, состоящая из множества фрагментов, которые состыкованы между собой. Каждый из них несет информацию о своем участке дороги: географические координаты, направление движения, средняя скорость, с которой машины обычно едут на этом участке, и другие параметры.

Дубровина С. В. [4] под дорожным графом понимает цифровую векторную карту, состоящую из топологически связанных дуг (ребер) и узлов, свойства которых описывают расположение проезжих частей улично-дорожной сети, их характеристики, а также организацию дорожного движения (например, направление движения, разрешение использования разными категориями участников, разрешенные или запрещенные маневры). Как правило, дорожный граф формируется на основе объектов дорожной сети (автомобильных дорог и улиц в населенных пунктах) картографической базы данных с учетом полевого обследования и в соответствии с правилами цифрового описания графа дорог.

Дорожный граф – это специальный слой, содержащий всю сеть дорог. Этот граф состоит из большого множества фрагментов, которые обязательно состыкованы между собой. Каждый фрагмент содержит информацию о своем участке дороги: географические координаты, информацию об ограничениях дорожного движения (минимальное и максимальное ограничение скорости движения, ограничение нагрузки на ось, ограничение высоты, ограничение длины, ограничение ширины), наименование улицы, на которой расположена дорога, материал покрытия дороги (проезжей части дороги) и другие параметры. Помимо семантической информации, дорожный граф содержит и топологическую, а именно: способ соединения с соседними участками, направление движения, есть ли на данном участке поворот направо или налево, возможен ли разворот в обратную сторону [4].

Дорожный граф необходимо обновлять, так как транспортная система города постоянно изменяется, строятся новые дороги и развязки, меняется направление движения. Там, где недавно был поворот, может измениться дорожная ситуация, и все это отразится в знаках дорожного движения и в самом движении. Поэтому навигационные приложения вынуждены регулярно обновлять данные [5].

В России в соответствии с приказом Министерства экономического развития Российской Федерации от 1 октября 2010 г. № 464 к дорожному графу предъявляются следующие требования:

- дорожный граф создается в виде связного полного графа. При создании графа дорог используются топологически связанные ребра (которые должны соответствовать на местности осевым линиям дорог или осевым линиям проезжих частей дорог) и вершины, геометрические и семантические свойства, которых описывают расположение проезжих частей улично-дорожной сети (улицы, дороги, внутриквартальные проезды), их характеристики, элементы организации дорожного движения;

- при формировании дорожного графа его вершины на местности должны соответствовать: точкам пересечения осевых линий, расположенных на одном по высоте уровне дорог или осевых линий проезжих частей таких дорог; расположенных на дорогах или их проезжих частях долговременным преградам, препятствующим проезду транспортных средств; пересечению линии уреза воды на водоемах и линии маршрута при движении через разводные мосты и паромные переправы. В случае если дороги или их проезжие части находятся на разных уровнях по высоте, вершина дорожного графа, соответствующая их пересечению, не образуется;

- при создании дорожного графа его ребро соответствует осевой линии проезжей части дороги в случаях: если проезжие части дороги разделены физическим разделителем (барьер, ограждение, газон, отделенные барьером от проезжей части дороги трамвайные пути); если проезжие части дороги разделены двойной сплошной линией дорожной разметки. В указанных случаях, в местах где возможен разворот, ребра, соответствующие различным направ-

лениям движения, соединяются дополнительным ребром дорожного графа с одновременным образованием дополнительных вершин;

– при построении дорожного графа ребрам должны присваиваться следующие атрибуты: направление движения (одностороннее, двустороннее, запрет проезда); информация об ограничениях дорожного движения (минимальное и максимальное ограничение скорости движения, ограничение нагрузки на ось, ограничение высоты, ограничение длины, ограничение ширины); уровень расположения дороги (проезжей части дороги) по высоте (обозначается целыми числами, в том числе отрицательными, принимая уровень дороги, находящейся на поверхности земли за 0); ограничение возможности проезда по времени (сезонность, интервал времени суток); классификация дороги в соответствии с Правилами классификации автомобильных дорог в Российской Федерации и их отнесения к категориям автомобильных дорог, утвержденными постановлением Правительства РФ от 28 сентября 2009 г. № 767⁶; назначение автомобильных дорог в соответствии с основными показателями транспортно-эксплуатационных характеристик и потребительских свойств (съезд, автострада, железнодорожный переезд, мостовые сооружения, автодорожные тоннели); наименование улицы, на которой расположена дорога; альтернативное наименование улицы, на которой расположена дорога (при наличии); материал покрытия дороги (проезжей части дороги);

– дорожный граф должен содержать информацию о дате и способе получения данных об организации дорожного движения (камерально-полевые изыскания). Отклонение местоположения ребра дорожного графа не должно превышать 15 метров от фактического местоположения соответствующей осевой линии дороги (проезжей части дороги) на местности [6].

Из определений дорожного графа и требований к его созданию очевидно, что граф дорог – это не только основа для создания навигационной карты, но и содержательный слой для решения различных прикладных задач. Сформулируем и рассмотрим эти задачи.

Задачи, решаемые на основе дорожного графа

Первая задача – маршрутизация. Если в период появления первых навигационных приложений при построении маршрута, выдавался единственный оптимальный результат, то сейчас, система предлагает несколько вариантов в зависимости от влияющих на него атрибутов дорожной сети и факторов геопространства, а также рассчитывает время прибытия к месту назначения в зависимости от выбранного маршрута [7].

К атрибутам дорожной сети относят: класс дорог, скоростной режим, покрытие, тип структуры дороги.

Класс дорог. Основной атрибут дорожной сети [8]. Иерархическая классификация дорожной сети используется для оптимизации расчета маршрута согласно заданному алгоритму. Разделение дорог на классы основано на совре-

менном административно-территориальном делении РФ и адаптировано под технические требования навигационной системы.

Скоростной режим. Скоростные характеристики на карте определяются реальными ограничениями скорости на дорогах и правилами дорожного движения (ПДД). Значения скорости, присвоенные графу дорог, могут отличаться от знаков ПДД только в сторону уменьшения, в случае если на скоростной режим влияют какие-либо факторы или ограничения (например, физические ограничения или характеристики доступа).

Покрытие. Выделяют несколько типов покрытия дорожной сети, каждый из которых имеет свои показатели допустимого скоростного решения: дорога без покрытия, дорога с покрытием, дорога с плохим дорожным покрытием.

Тип структуры дороги. Разделяют несколько типов структуры дороги: туннель, мост, переправа.

Атрибуты дорожной сети участвуют в построении маршрута в двух режимах: онлайн и офлайн. Но есть такие параметры, которые работают только в онлайн режиме, они влияют на корректировку построения маршрута и являются критически важными при перерасчете маршрута в пользу более быстрого способа достижения цели. Назовем их факторы геопространства – это погода, инциденты, светофоры, пробки, временной режим работы дорожной сети, сезонность работы.

Информация, которая накапливается в онлайн режиме, запоминается на сервере и используется как исторические данные. Например, существуют исторические данные от пользователей без идентификации личности, на основании которых в базу данных заносится информация о регулярно повторяющихся событиях в определенный отрезок времени. Это позволяет в определенной степени прогнозировать приближенную ситуацию в реальности.

Так, на основании данных городской мобильности г. Москва в течение определенного времени был проанализирован ежедневный всплеск активности на дорогах.

Оказалось, что примерно в одно и то же время с понедельника по пятницу ежедневно возникают два всплеска активности (рис. 1). А в выходные дни эти всплески незначительны и больше приближены по форме отображения в графике к одному незначительному всплеску в течение дня. Это объясняется началом и окончанием рабочего дня всех работающих жителей города [11]. Это вторая прикладная задача, решаемая с помощью графа дорог.

Таким образом, полученные и проанализированные данные можно использовать при построении маршрута в офлайн режиме.

Также существуют обезличенные данные от пользователей навигационных устройств, используя которые, мы обозначим следующие прикладные задачи (рис. 2).

При условии подтверждения получения разрешения использовать неидентифицированные данные о перемещении автомобиля, на котором установлено навигационное устройство, след о перемещении автоматически попадает в базу данных, и отображается по графу дорог.

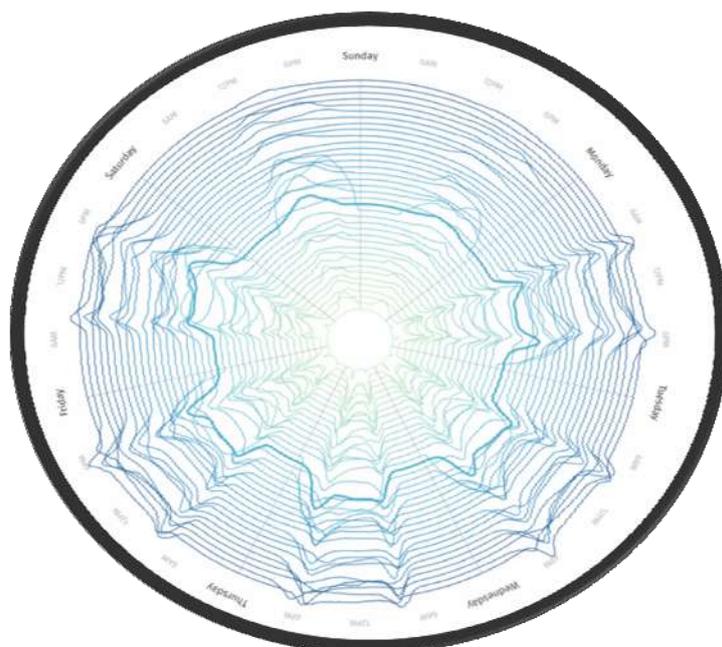


Рис. 1. График еженедельных всплесков активности дорожной сети г. Москвы

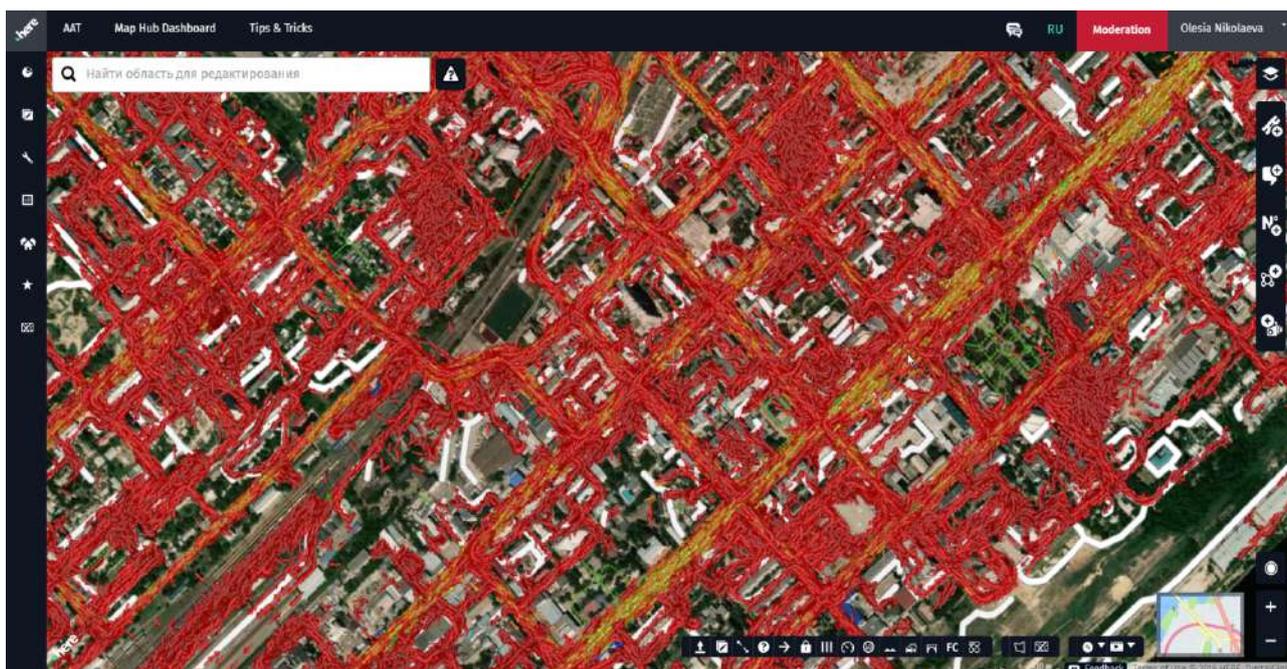


Рис. 2. Обезличенные данные от пользователей навигационных устройств

Далее эту информацию можно использовать для решения следующих задач:

– *анализ загруженности дорог*. На основе текущей дорожной ситуации можно проводить анализ различных проявлений геопространства на базе графа дорог. Так, можно отдельно проанализировать основные места концентрации

дорожно-транспортных происшествий, крупные участки графа дорог с ограничением движения в связи с ремонтными работами, наиболее популярные маршруты пользователей, самый длинный маршрут, самый короткий маршрут и т. д. Анализ такого большого объема данных, позволяет прогнозировать возникновение той или иной ситуации на основе исторических данных;

– *антикризисное управление*. Новые технологии всегда облегчают жизнь, особенно когда дело касается кризисных ситуаций. Здесь полезными оказываются смартфоны с мобильными приложениями. Одним из таких приложений стало Facebook Disaster Map, созданное для покрытия дефицита информации в местах стихийных бедствий. Когда пользователи используют на своих смартфонах приложение Facebook с включенной функцией геолокации, устройство передает данные о местоположении пользователя через определенные промежутки времени. Эта информация используется сервисом для показа наиболее релевантного контента для пользователя. Эта же функция позволяет Facebook присылать оповещения о чрезвычайном происшествии пользователям.

Та же агрегированная информация о местоположении пользователей (лишенная идентификаторов и персональных данных) поступает в организации, оказывающие гуманитарную помощь в районах чрезвычайных ситуаций. Facebook агрегирует геоданные в сетку с шагом в 60 метров или в пределах местных административных границ. После получения этих метрических данных, они сглаживаются и вычисляется средняя концентрация точек в каждом объекте, которая отображается на итоговой карте;

– *геомаркетинговые исследования*. На основе таких данных как численность населения, пропускная способность отрезка дороги, ежедневные данные о загруженности дорог можно проводить геомаркетинговые исследования. Анализ всех параметров дает возможность производителю товаров или услуг прогнозировать потенциально прибыльные буферные зоны на основе геоинформационного пространства [12];

– *актуализация базы данных, основанная на несоответствии данных в реальности и в приложении*. Метод сравнения базы данных (например, скорость движения или ограничения скорости) реальной ситуации на дороге на основе проб данных, позволяет выявить несоответствия, на основе которых создаются непосредственные для обновления графа дорог места. Например, в базе данных участок дороги имеет ограничение скорости 40 км/ч., а в реальности все участники дорожного движения перемещаются со скоростью 60 км/ч. Вероятнее всего, на данном отрезке дороги произошло изменение официально разрешенной скорости движения и как следствие изменение дорожного знака. Анализ таких ситуаций позволяет в кратчайшие сроки производить обновление данных о пространстве.

Вся информация в базе данных и различные геолокационные сервисы создают возможность решить широкий спектр задач в различных сферах общества, науки и производства. Геолокационные сервисы позволяют различным службам мгновенно реагировать на изменение окружающей нас действительности в самых различных ситуациях. А сервисы, которые работают в режиме онлайн,

помогают отображать текущее состояние, анализировать полученную информацию и реагировать мгновенно, что особенно актуально при возникновении чрезвычайных ситуаций. Развитие картографии, геоинформатики и экономики позволяет жить в более безопасном мире.

В дальнейшем, очевидно, ситуация будет иметь тенденцию к повышению качества цифровых навигационных карт и геолокационных сервисов, что позволит решать новые прикладные задачи на базе дорожного графа, что значительно повысит уровень жизни и безопасности в городской среде.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Цифровые навигационные карты и цифровые навигационные планы городов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mognovse.ru/gxi-cifrovie-navigacionnie-karti-i-cifrovie-navigacionnie-plan.html>.
2. James R. Akerman. Cartographies of travel and navigation / James R. Akerman. – Chicago : University of Chicago Press, 2006. – 344 p.
3. Что такое дорожный граф и как строятся маршруты на Яндекс.Картах [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.searchengines.ru/chto_takoe_dorozhn.html.
4. Дубровина С. В. Совершенствование методики создания автонавигационных карт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.miigaik.ru/upload/iblock/95b/95b5e378222e1c7fdb66f180c4fe9696.pdf>.
5. Радченко Л. К. Навигационная картография : учеб. пособие. – Новосибирск : СГУГиТ, 2017. – 69 с.
6. Порядок создания, обновления, использования, хранения и распространения цифровых навигационных карт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.zakonprost.ru/content/base/part/702486>.
7. Лисицкий Д. В., Радченко Л. К. Навигационная картография – проблемы и задачи // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2016. XII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 18–22 апреля 2016 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2016. Т. 1. – С. 91–93.
8. Vereshchaka T. V. The scientific fundamentals of creation the road maps for tourists appointment / Vereshchaka T.V., Larichkina N.A. // Abstract of Papers XXII ICA International Cartographic Conference, La Coruna, 2005. p. 98.
9. Радченко Л. К. К вопросу теоретического обоснования навигационной картографии // Материалы Международной конференции «ИнтерКарто/ИнтерГИС» : сб. материалов. – М., 2016. – С. 249–252.
10. Радченко Л. К. Теоретические аспекты навигационной картографии [Текст] / Л.К. Радченко // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2017. XIII Междунар. науч. конгр. : Магистерская научная сессия «Первые шаги в науке» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 17–21 апреля 2017 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2017. Т. 1. – С. 100–103.
11. Загруженность дорог Москвы и Московской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.mosoblreclama.ru/chart/magistral/center_
12. Геомаркетинговые исследования для розничного бизнеса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.zakonprost.ru/content/base/part/702486>.

© О. М. Николаева, Л. К. Радченко, 2019

ОСОБЕННОСТИ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ КОМАНДНЫХ ПУНКТОВ УПРАВЛЕНИЯ НА КАРТАХ СЛУЖБ СПАСЕНИЯ РЕГИОНАЛЬНОГО УРОВНЯ

Мария Владимировна Карманова

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, аспирант кафедры картографии и геоинформатики, тел. (913)087-70-01, e-mail: karmmv@yandex.ru

Елена Владимировна Комиссарова

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

Рассмотрены проблемы, возникающие при создании карт служб спасения, обусловленные отсутствием технологий разработки подобных карт и современной системы условных обозначений, отражающих обстановку в районе чрезвычайной ситуации. Выделена группа условных знаков, обозначающих на карте расположение командных пунктов управления МЧС, противопожарной охраны и органов местного самоуправления. На примере полученной группы проведен сравнительный анализ регламентирующих документов разных лет и показана взаимосвязь современной системы условных знаков с системами, принятыми ранее. Выявлен ряд ошибок, возникающих из-за несоответствия данной группы условных знаков современной структуре управления спасательными формированиями. Разработаны рекомендации по усовершенствованию группы условных знаков командных пунктов управления.

Ключевые слова: специальные карты, карты служб спасения, боевые графические документы, командные пункты управления, картографический метод исследования, военная картография.

MAPPING OF EMERCOM REGIONAL COMMAND POSTS

Maria V. Karmanova

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D. Student, Department of Cartography and Geoinformatics, phone: (913)087-70-01, e-mail: karmmv@yandex.ru

Elena V. Komissarova

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D., Associate Professor, Department of Cartography and Geoinformatics, phone: (913)710-85-60, e-mail: komissarova_e@mail.ru

Cartographic method of research is widely used in the modern activities of the Ministry of Emergency Situations of Russia. Introduction of GIS products and use of digital and electronic maps allows automating the process of creating graphic documents. A number of unsolved problems remain: an outdated system of symbols, old methods of geoinformation mapping. The article discusses problems that arise when using the existing system of conventional symbols for mapping command posts, analyzes the existing regulatory documents. Causes of such problems are identified and possible solutions are offered.

Key words: EMERCOM of Russia, combat graphic documents, command posts.

Введение

В настоящее время принято считать, что деятельность спасательных подразделений МЧС России носит сугубо гуманитарный характер. Тем не менее уже в названии Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС России), сохраняется указание на историческую принадлежность к войскам Гражданской обороны (ГО), имевшим характерную войсковую структуру управления и подчинявшимся непосредственно Министерству обороны СССР [1]. Несмотря на то, что современная деятельность МЧС России все больше сосредотачивается на задачах мирного времени, а структура управления претерпела значительные изменения, можно с уверенностью сказать, что картографическая традиция, принятая в МЧС России, уходит корнями в военное прошлое и унаследована практически без каких-либо ощутимых изменений.

С одной стороны, такая преемственность объясняется сохранением за МЧС задач по защите населения во время войны, с другой, создает ряд трудностей при разработке карт для работы спасательных служб в условиях мирного времени.

В ходе данного исследования была затронута узкая проблема картографирования командных пунктов управления служб, участвующих в предупреждении возникновения угрозы чрезвычайных ситуаций и ликвидации их последствий, на картах спасательных подразделений регионального и местного уровня.

Методы и материалы

Преемственность картографической традиции от войск ГО СССР к МЧС России можно проследить через унаследованную терминологию и систему условных обозначений. Так, например, в методических рекомендациях и внутренних документах, регламентирующих деятельность подразделений МЧС, «карта» упоминается не как самостоятельный документ, а как графическая часть различных «боевых документов».

«Графический документ (боевой графический документ – далее БГД) – боевой (учебный) или служебный документ, содержание которого выражено графически с необходимыми пояснительными надписями: в виде графика, таблицы, схемы, исполненных на карте, кальке и т. д.» [2]. Это армейский термин, относящийся к боевой деятельности войск: подготовке и ведению боевых действий, перебазированию войск, особенностям расположения на местности и т. д. Чаще всего БГД состоит из двух типов документов:

– графическая часть – различных карт («План мероприятий», «Замысел», «Решение» и т. д.);

– пояснительная записка – комбинации текстовой и табличной частей БГД [3].

Специфика работы МЧС России требует большого разнообразия карт. Пользуясь классификацией, предложенной А. М. Берлянтом [4], их можно от-

нести к обширной группе «специальных» карт, предназначенных для решения узкого круга задач и рассчитанных на определенный круг пользователей. Они могут носить прогнозный или планирующий характер, отражать статистические данные, выполняя предписывающую, управляющую или информативную функции, отражать оперативную обстановку или предписывать определенный порядок действий. Количество возможных картографических документов увеличивается еще и за счет большого разнообразия видов ЧС [5, 6]. Подобное разнообразие характеризуется большим количеством картографируемых объектов и требует обширной системы условных знаков.

Существует группа условных знаков, присутствие которых обязательно на всех БГД – «командные пункты управления» (КП).

Согласно [7, с. 210–211], «командный пункт (пункт управления спасательных воинских формирований МЧС России) – комплекс транспортных средств или сооружение, здание, оборудованные помещениями с необходимыми средствами связи, автоматизации, оповещения, жизнеобеспечения, автотранспортом, в которых размещаются и работают командование, основной состав штаба и начальники служб спасательного воинского формирования. Для управления в спасательном воинском формировании МЧС России создаются командный пункт и тыловые пункты управления, в его отрядах – командно-наблюдательные пункты. КП является основным пунктом управления, с которого командир (начальник) осуществляет руководство подразделениями при подготовке и в ходе действий».

КП на картах МЧС обозначаются внемасштабными условными знаками в виде флагов различной величины и формы, выполненных в красном цвете. Внешний вид и размер условного знака зависит от уровня управления и регламентируется ГОСТ Р 42.0.03–2016 [8], с 1 июня 2017 г. заменившего ГОСТ Р 22.0.10–96 [9, 10].

На рис. 1 показаны изменения, которые претерпевали условные обозначения КП со времен СССР до настоящего времени.

Если в войсках РФ структура управления зависит от численного состава подразделений (фронт, армия, корпус, дивизия, бригада, полк, и т. д.), то подразделения МЧС наследуют структуру, принятую еще во времена существования войск ГО СССР, где зона ответственности четко ограничена территорией, совпадающей чаще всего с административным делением РФ. Так как административное деление СССР отличается от административного деления РФ, видна попытка адаптировать уже имеющиеся знаки под современные реалии. Внешний вид условных знаков соответствует тому, как они представлены в указанных в таблице документах, поэтому видно, что знак КП «союзной республики» исчезает в ГОСТ 1996 г., но появляется в ГОСТ в 2017 г. Также в ГОСТах знак КП «области» заменяется сразу двумя условными знаками: КП «области» и КП «республики в составе РФ».

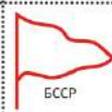
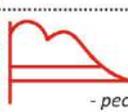
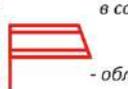
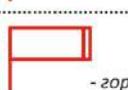
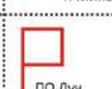
		годы издания документов			
		1986 г.	1996 г.	2017 г.	
Уровни	Подразделения	Методические рекомендации по оформлению документов ГО (СССР)	ГОСТ Р 22.0.10-96	ГОСТ Р 42.0.03-2016	
			(РФ)	[код символа в ГИС] (РФ)	
административное деление ↓	Федеральный (Российская Федерация)	МЧС России (министерство)	нет	нет	[000429]  МЧС России
	Межрегиональный (несколько субъектов РФ)	Региональные центры МЧС России	 - союзной республики	нет	[000430]  СНГ
	Региональный (субъект РФ)	Главные управления МЧС субъектов РФ - республиканские - краевые - областные	 Минская - области	 - республики в составе РФ	[000431]  - субъекта РФ
			 - области	 - республики в составе РФ	[000433]  - республики в составе РФ
	Муниципальный (городской округ, район субъекта РФ)	Управления ГОЧС муниципального образования - городские - районные	 г. Минск - города	 - города	[000432]  - города
 Ленинский район г. Минск - района (городского, сельского)			 - района	[000434]  - района	
Объектовый	Отделы ГОЧС Службы ГОЧС	 по Луч - объекта народного хозяйства	нет	[000435]  - объектов экономики	

Рис. 1. Структура управления подразделений МЧС и ГОЧС. Изменения условных знаков КП

Практически неизменными остаются условные обозначения КП «города» и «района» субъекта РФ, разве что они стали более вытянутыми по горизонтали. Подобные изменения пропорций оставляют больше места для поясняющих надписей под знаком, но отходят от приятного глазу пропорций «золотого сечения». Знак теряет компактность и аккуратность в начертании.

Также нужно отметить тот факт, что ГОСТ 2017 г. – это первая за 20 лет попытка не только расширить предложенный в 1996 г. классификатор условных обозначений для карт МЧС, но и упорядочить их применение в ГИС. Так, в ГОСТе 2017 г. появляются недостающие в ГОСТ 1996 года условные знаки КП Региональных центров МЧС, а также знак Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий. Знак «объект народного хозяйства» получил актуальный статус «объекта экономики». О внедрении ГИС в работу МЧС говорит тот факт, что в ГОСТ все условные обозначения подразделяются на «точечные», «линейные» и «площадные», а символам присваивается шестизначный индекс.

К сожалению, тщательное изучение ГОСТ Р 42.0.03–2016 позволяет говорить о том, что он, как и ГОСТ Р 22.0.10–96 в свое время, является адаптацией документа «Методические рекомендации по оформлению документов ГО»

от 1986 г., с той лишь разницей, что в ГОСТ 1996 г. вошло минимальное количество условных обозначений, необходимых для нанесения на карту ЧС, протекающей в условиях мирного времени. В 2017 г. в новый ГОСТ были добавлены оставшиеся знаки, с незначительными изменениями, призванными адаптировать их под современные нужды. Очевидны положительные стороны подобного слияния. Во-первых, большая часть знаков, необходимых для нанесения на карту характера ЧС, была продумана и отработана уже в 1986 г. Они выразительны и лаконичны, хорошо перекликаются с традициями, принятыми в военной топографии. Во-вторых, принятие данной картографической традиции не создает дополнительных трудностей в чтении современных БГД в МЧС и архивных документов в войсках ГО СССР.

Однако стоит отметить и ряд недостатков нового ГОСТ. Так, для большинства условных обозначений отсутствует указание размеров, а в самом ГОСТ сложно определить их размеры относительно друг друга, что является необходимым условием именно для группы условных обозначений КП. Это можно объяснить тем, что в Методических рекомендациях 1986 г. условные знаки давались без указания размеров. При этом на протяжении всего документа, особенно для знаков КП, сохранялись габариты. Так, например, условный знак КП «союзной республики» по высоте и ширине флага был больше, чем у знака КП «области», а тем более «района» или «города» (как это показано на рис. 1).

Впервые размеры для условных обозначений КП появляются в ГОСТ Р 22.0.10–9 и заимствуются в дальнейшем ГОСТ 2017 г., но только для этих условных знаков. Для знаков, добавленных в ГОСТ Р 42.0.03–2016 из «Методических рекомендаций» или разработанных позднее, размеры отсутствуют (рис. 2).

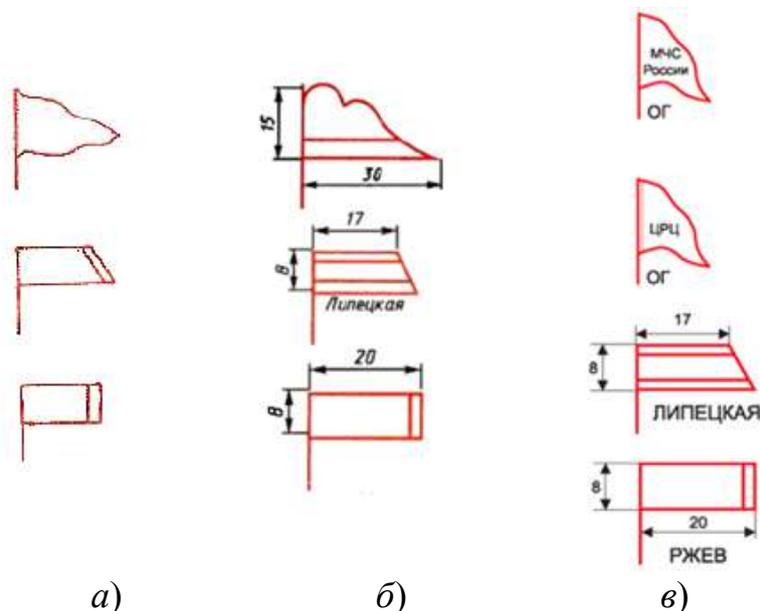


Рис. 2. Сравнение условных обозначений КП:

а) «Методические рекомендации» 1986 г.; б) ГОСТ Р 22.0.10–96; в) ГОСТ Р 42.0.03–2016

Существует также путаница и в обозначении отрядов и частей. Для этого приведем схему управления подразделениями МЧС начиная от Министерства и заканчивая пожарными частями (рис. 3).

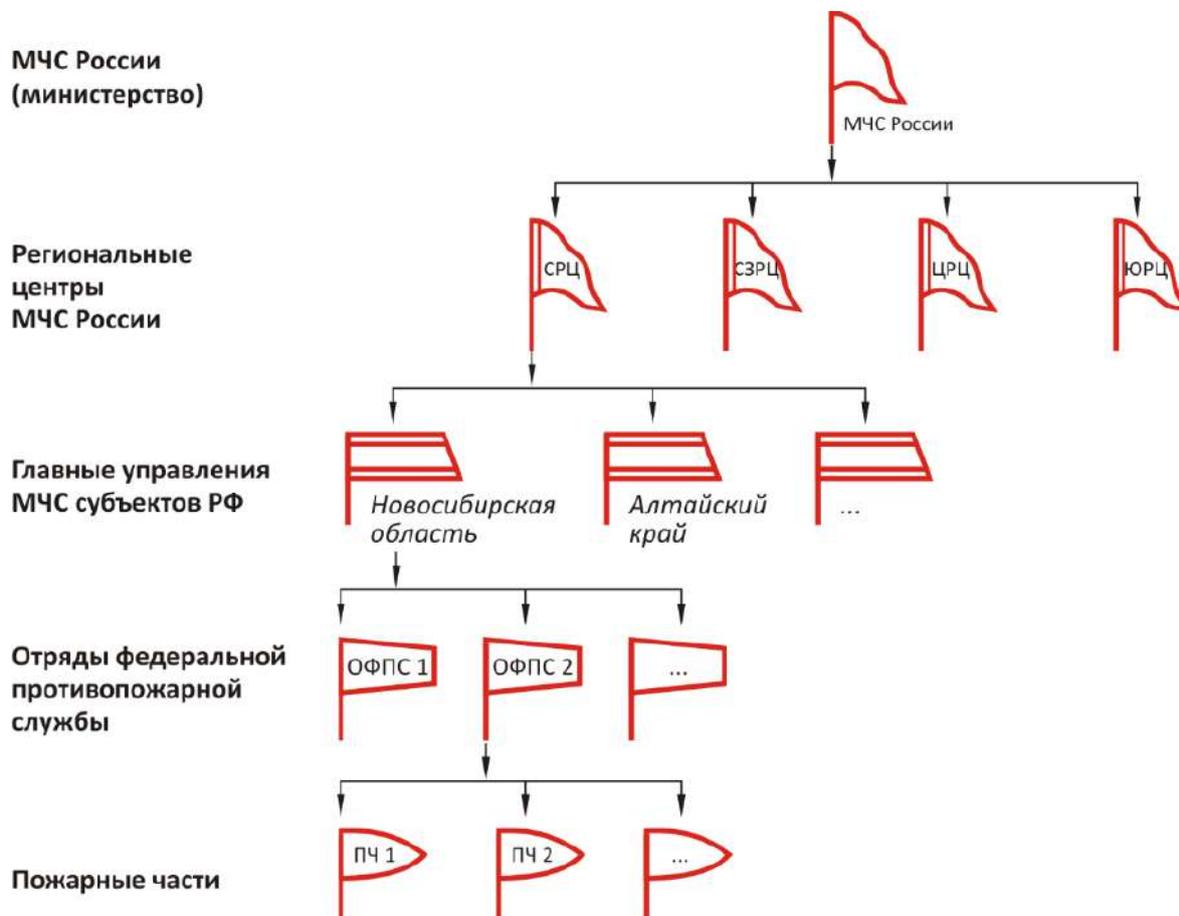


Рис. 3. Структура управления подразделениями Федеральной противопожарной службы в структуре МЧС России

Из рис. 3 видно, что «часть» в иерархии стоит ниже «отряда». Отряд Федеральной противопожарной службы (ФПС) объединяет зоны выезда нескольких частей [11]. Следовательно, знак пожарной части должен отличаться от знака отряда, подчеркивая ее нижестоящее положение. Что и было предусмотрено в ГОСТ Р 22.0.10–9, в котором для разных отрядов предполагались равнозначные по начертанию знаки (рис. 4, а). Так как пожарных частей в составе МЧС в 1996 г. еще не было, то в ГОСТ Р 22.0.10–9 есть условный знак только для военизированных пожарных частей (рис. 4, б).

Указом Президента РФ от 9 ноября 2001 г. № 1309 «О совершенствовании государственного управления в области пожарной безопасности» ГПС МВД России преобразована в ГПС МЧС России. Логично предположить, что пожарные части должны были унаследовать тот же условный знак, что ВПЧ, но в ГОСТ 2016 г. одновременно существуют знаки, показанные на рис. 5.

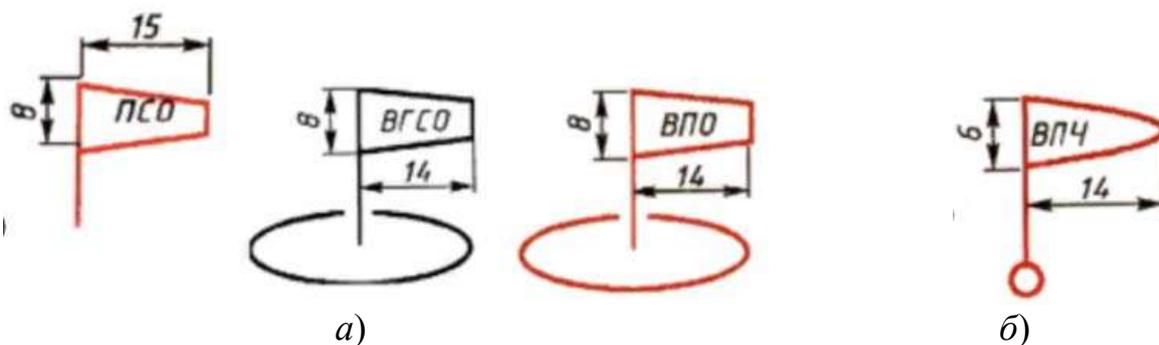


Рис. 4. Условные обозначения в ГОСТе Р 22.0.10-9:

а) отрядов; б) частей

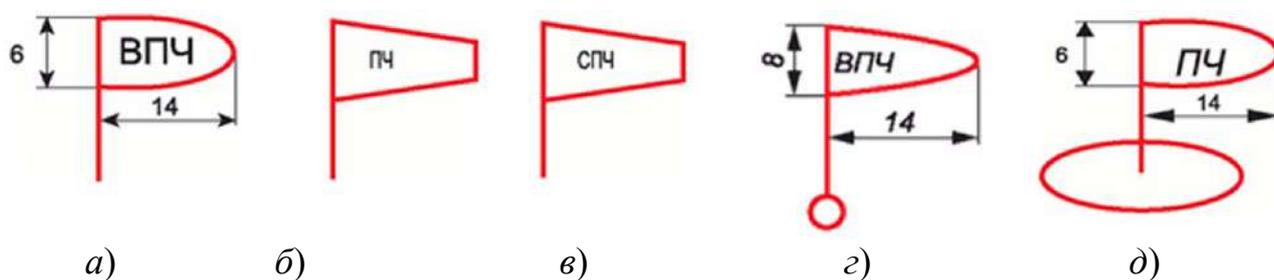


Рис. 5. Условные знаки для различных пожарных частей в ГОСТ Р 42.0.03–2016:

- а) 000442 – военизированная пожарная часть (соответствует ГОСТ Р 22.0.10–9);
- б) 000472 – противопожарная часть; в) 000474 – специализированная пожарная часть; г) 000510 – район расположения военизированных пожарных частей;
- д) 000514 – район расположения пожарной части

При этом знаки под кодом 00510 (рис. 5, г) и 000514 (рис. 5, д) обозначают «район расположения». Сложно сказать, что имелось в виду, так как само условное обозначение КП уже означает место расположения подразделения. У пожарной части существует «район выезда» – территория, обслуживаемая подразделением пожарной охраны. Это достаточно большая территория, которую возможно обозначить на карте полигоном. Тем не менее в ГОСТ Р 42.0.03–2016 для данных условных знаков рекомендуемый параметр «Тип (геометрия) объекта» указан как точечный, что делает их равнозначными с символами 000442 и 000472. Более того, все знаки пункта № 14 [8] «Условные обозначения районов расположения подразделений сил ГО и РСЧС» обозначены как «точечные».

На рис. 6 показана трехмерная схема иерархии подразделений ФПС МЧС России, где условными четырехугольниками обозначено территориальное деление субъект РФ – административные районы субъекта РФ – зоны выезда пожарных частей.

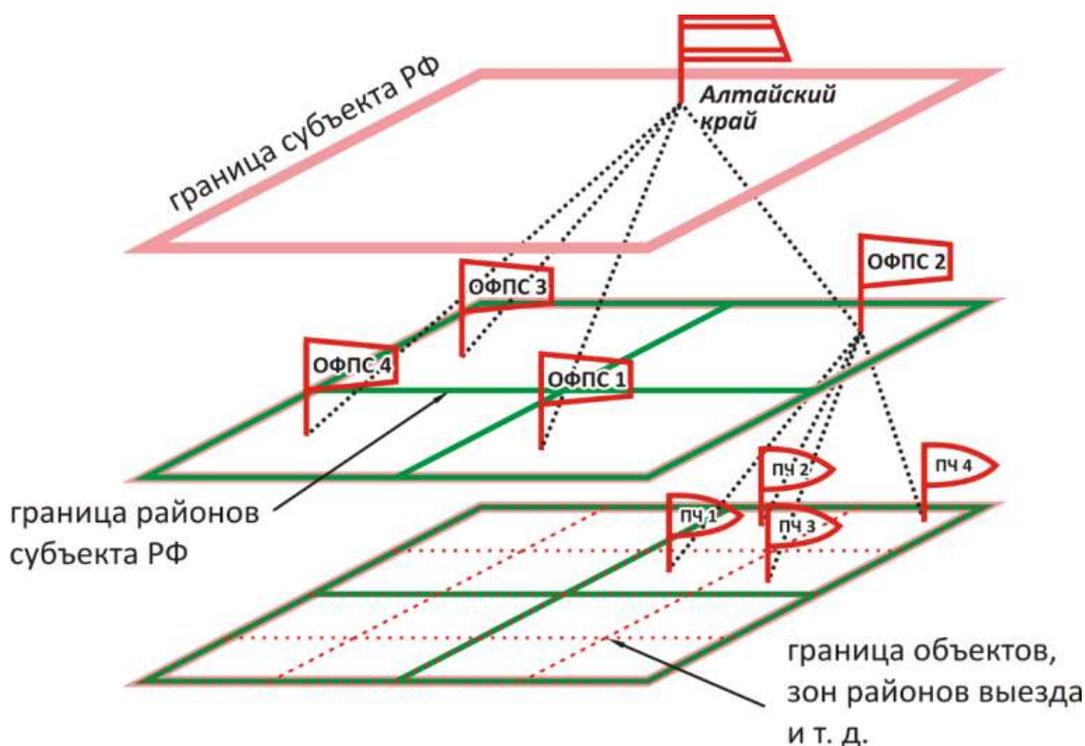


Рис. 6. Трехмерная схема иерархии подразделений ФПС МЧС России

Условное обозначение в виде флага располагается на карте в том месте, которое соответствует месту нахождения пожарной части, административного здания ГУ или отряда на местности. Следовательно, подобный знак в векторном слое ГИС может быть выражен точечным объектом. Зона ответственности ГУ МЧС субъекта совпадает с административными границами субъекта. До сокращения оргштатной структуры, границы отрядов ФПС совпадали с границами административных районов субъекта. Сейчас же они, как правило, объединяют несколько районов. Зона выезда пожарной части также ограничена на местности – часть района, города или территории объекта экономики (завода, предприятия). Из вышесказанного становится ясно, что подобное территориальное деление невозможно выразить точечными объектами в ГИС.

Обсуждение

Основная проблема нанесения условных знаков КП на БГД служб спасения регионального уровня заключается в том, что если на картах для подразделений федерального уровня зачастую достаточно указать только КП Главных управлений МЧС России субъектов, то в случае с субъектами РФ требуются данные и об отрядах ФПС, и о пожарных частях, и о КП объектов экономики и т. д.

Проанализировав действующий ГОСТ, а также существующую структуру управления, можно выделить ряд рекомендаций для формирования системы условных знаков КП:

1) иерархия условных знаков КП должна совпадать с современной структурой управления МЧС России, следовательно, размеры знаков нижестоящего подразделения не должны превышать размеры вышестоящего, должна проследиваться логика в усложнении формы знака, стоящего выше в иерархии;

2) для однотипных объектов, стоящих на одном уровне, не должно быть различий в форме знака, кроме пояснительных надписей (как в приведенном примере с условными знаками отрядов и частей);

3) знаки, различающиеся только надписями, возможно объединить в один, так как современные ГИС позволяют генерировать надписи на основе семантических данных, хранящихся в атрибутивных таблицах слоя (например, это правомерно для знаков с 000470 по 000477 [8]);

4) введенные в ГОСТ Р 22.0.02–94 размеры для условных знаков КП противоречат проверенной временем картографической традицией, принятой во времена войск ГО, согласно которой картограф сам выбирает размер знака в зависимости от масштаба карты и количества наносимых объектов, поэтому в «Методических рекомендациях» 1986 года размеры не указывались. При сохранении размеров следует разработать наборы символов и шкалы размеров для различных масштабов карты, как это сделано для условных знаков на топографических картах;

5) стоит принять во внимание опыт иностранных служб, в котором пункты управления наносятся не в виде флагов, а в виде пиктограмм, как показано на рис. 7 для пожарных частей («Fire Station»), или в виде прямоугольников [12–17].

Legend



Рис. 7. Легенда карты управления в чрезвычайных ситуациях Департамента транспорта штата Теннесси (США), округ Андерсон (Emergency Management Maps. Tennessee Department of Transportation. Anderson County Tennessee)

Заключение

Точное указание мест расположения КП помогает рассчитать время прибытия подразделений до места ЧС, определить в зону ответственности каких подразделений попадает ЧС и т. д. Эти задачи можно считать первоочередными при использовании картографического метода исследования.

Условные обозначения КП на карте должны быть интуитивно понятны читающему их руководителю, от которого требуется быстрое принятие решений, а также его подчиненным, которые должны эти решения выполнять.

Выработка четких правил нанесения условных знаков КП, основанных на логике и понимании механизмов взаимодействия между подразделениями спасательных служб, поможет сократить время чтения карты, а также позволит точнее показать место КП в геопространстве ЧС [18–22].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. История образования МЧС России // Официальный сайт МЧС России. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.mchs.gov.ru (дата обращения 7.09.2018).
2. Военный энциклопедический словарь / под ред. комис. А. Э. Сердюков (пред.) и др. – М. : Военное изд-во, 2007. – 831 с.
3. Евдокимов А. А. Военная топография. Пособие для практических занятий. – СПб. : ГУАП, 2008. – 152 с.
4. Берлянт А. М. Картография : учебник для вузов. – М. : ИД КДУ, 2014. – 464 с.
5. Постановление Правительства РФ от 21.05.2007 № 304 «О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» (ред. от 17.05.2011) // Российская газета. – 2007. – № 111.
6. ГОСТ Р 22.0.02–94. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения основных понятий. – М. : Изд-во стандартов, 1995. – 20 с.
7. Гражданская защита: Энциклопедический словарь (издание третье, переработанное и дополненное); под общей ред. В. А. Пучкова / МЧС России. – М. : ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2015. – 664 с.
8. ГОСТ Р 42.0.03–2016. Гражданская оборона. Правила нанесения на карты прогнозируемой и сложившейся обстановки при ведении военных конфликтов и чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. Условные обозначения. – М. : Изд-во стандартов, 2016. – 104 с.
9. ГОСТ Р 22.0.10–96. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Правила нанесения на карты обстановки о чрезвычайных ситуациях. – М. : Изд-во стандартов, 1994. – 20 с.
10. Курличенко И. В., Князев П. А. Об актуальности разработки национального стандарта «Правила нанесения на карты обстановки о чрезвычайных ситуациях военного, природного и техногенного характера и ведения мероприятий гражданской обороны и защиты населения и территорий. Условные обозначения» // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – 2013. – № 2 (17). – С. 102–105.
11. Матвеев А. В., Коваленко А. И. Основы организации защиты населения и территорий в чрезвычайных ситуациях мирного и военного времени : учеб. пособие / под ред. А. В. Матвеева. – СПб. : ГУАП, 2007. – 224 с.
12. FM 1-02 (FM 101-5-1) MCRP 5-12A. Change No.1. Operational Terms and Graphics. Headquarters Department of the Army, Headquarters Marine Corps Combat Development Command, Department of the Navy. Washington, DC. 2 February 2010.
13. Emergency Management Maps // Сайт ESRI. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://solutions.arcgis.com/emergency-management/help/em-maps/> (дата обращения 7.09.2018).
14. Copernicus Emergency Management Service – Mapping // Сайт COPERNICUS. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://emergency.copernicus.eu/mapping/#zoom=2&lat=32.53389&lon=75.97516&layers=00B0T/> (дата обращения 7.09.2018).
15. Emergency Management Division // Сайт County of Sonoma California. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sonomacounty.ca.gov/FES/Emergency-Management/> (дата обращения 7.09.2018).
16. Emergency Management Maps A-G // Сайт TN TDOT Department of Transportation. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.tn.gov/tdot/driver-how-do-i/look-at-order-state-maps/maps/emergency-management-maps1/emergency-management-maps-a-g.html/> (дата обращения 7.09.2018).

17. Emergency Management // Сайт USGS. Science for a changing world. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.usgs.gov/natural-hazards/emergency-management?qt-programs_l2_landing_page=0#qt-programs_l2_landing_page/ (дата обращения 7.09.2018).

18. Карпик А. П., Ким Э. Л., Дубровский А. В. Анализ природных и техногенных особенностей геопространства чрезвычайной ситуации // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск : СГГА, 2012. Т. 3. – С. 171–177.

19. Дубровский А. В., Иванов А. Е., Никитин В. Н. Структура программного обеспечения оперативного реагирования и оповещения при возникновении чрезвычайных ситуаций // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2016. XII Междунар. науч. конгр. : 7-я Междунар. конф. «Раннее предупреждение и управление в кризисных ситуациях в эпоху "Больших данных"» : сб. материалов (Новосибирск, 18–22 апреля 2016 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2016. – С. 38–44.

20. Дубровский А. В., Ким Э. Л. Геоинформационное обеспечение раннего предупреждения и управления кризисными ситуациями // СИББЕЗОПАСНОСТЬ-СПАССИБ-2012. Совершенствование системы управления, предотвращения и демпфирования последствий чрезвычайных ситуаций регионов и проблемы безопасности жизнедеятельности населения. Междунар. науч. конгр. : сб. материалов (Новосибирск, 25–27 сентября 2012 г.). – Новосибирск : СГГА, 2012. – С. 51–56.

21. Опыт выполнения работ по разработке эвакуационных планов района расположения АЭС / А. П. Карпик, Д. А. Черепанов, А. В. Дубровский, Я. Г. Пошивайло, В. С. Писарев, Е. А. Кауль // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Пленарное заседание : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск : СГГА, 2013. Т. 1. – С. 70–80.

© М. В. Карманова, Е. В. Комиссарова, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

1. <i>К. Ф. Афонин, Ю. С. Трифонова.</i> Определение геодезической широты по пространственным прямоугольным координатам путем использования дифференциальной поправки	3
2. <i>Д. Н. Голдобин, В. Ф. Канушин, И. Г. Ганагина, Н. Н. Федотова.</i> Результаты допустимых погрешностей определения высот гравиметрических пунктов	9
3. <i>И. Е. Дорогова, А. А. Ильин, Р. И. Искандаров.</i> Деформационный мониторинг многоэтажного жилого здания в период строительства	17
4. <i>О. Ю. Колесников, В. С. Хорошилов.</i> Геодезические работы при изысканиях магистральных нефтепроводов с применением возможностей ГИС на примере Сургутских месторождений	25
5. <i>А. Г. Малков, Р. С. Брыскин.</i> Современная методика высокоточного геометрического нивелирования	32
6. <i>С. Т. Сексембаев, Н. Н. Кобелева, А. В. Никонов.</i> Особенности геодезического мониторинга при наблюдении за осадками зданий и сооружений объектов энергетики в период строительства	39
7. <i>С. Е. Якимова, И. Г. Ганагина.</i> Определение точностных характеристик гравитационного поля Земли для целей автономной навигации	48
8. <i>С. Ю. Мальшиков, В. Ф. Гордеев, В. И. Поливач.</i> Электромагнитный метод геофизических исследований многолетнемерзлых грунтов	55
9. <i>В. Ф. Гордеев, С. Ю. Мальшиков, В. И. Поливач.</i> Геофизический мониторинг опасных техногенных проявлений на подрабатываемых территориях	65
10. <i>Ганзориг Эрдэнэнэмэх, Оюунцэцэг Даш.</i> Определение деформаций горизонтальных цилиндрических стальных резервуаров для хранения нефтепродуктов	73
11. <i>Улзийсайхан Ганболд, Оюунцэцэг Даш.</i> Особенности создания картографической основы геоморфологической карты Монголии	81
12. <i>Оюунханд Бямба, Е. Л. Касьянова.</i> Картографирование туризма в Монголии	89
13. <i>А. Х. Бегматов.</i> Восстановление функции по интегральным данным на ломаных и пространственная структура объекта	97
14. <i>Д. В. Лисицкий, А. А. Колесников, Е. В. Комиссарова, А. Ю. Сотникова.</i> Расширение информационной емкости традиционных карт с помощью QR-кодов	102
15. <i>Е. Л. Касьянова, М. В. Черкас.</i> Картографирование прав человека	111

16. <i>Е. С. Утробина, И. П. Кокорина.</i> Принципы разработки пользовательского интерфейса для мобильных картографических приложений.....	120
17. <i>Ю. Н. Андрюхина.</i> Разработка методики шрифтового оформления тактильных карт, создаваемых с использованием аддитивных технологий.....	129
18. <i>Л. К. Радченко, А. В. Троеглазова, Д. А. Тужик.</i> Картографирование сезонной изменчивости химического состава поверхностных вод соленого озера.....	135
19. <i>Д. В. Лисицкий, А. А. Колесников, Е. В. Комиссарова, С. А. Кузнецов.</i> Новый вид интерактивного картографического произведения.....	145
20. <i>С. А. Крылов.</i> Совершенствование структуры баз данных для тематического и атласного картографирования.....	153
21. <i>Д. В. Виноградов, Л. А. Пластинин.</i> Автоматизированное дешифрирование материалов ДЗЗ при составлении и создании электронных топографических карт на район Сибирской зоны Арктики.....	158
22. <i>В. П. Ступин.</i> Обоснование границ Сибирской Арктики в интересах составления специализированных топографических карт.....	164
23. <i>В. П. Ступин, Л. А. Пластинин.</i> Возможности использования открытых материалов ДЗЗ для картографирования динамики берегов водохранилищ.....	172
24. <i>Л. А. Пластинин, В. П. Ступин, Б. Н. Олзоев.</i> Картографо-космический мониторинг природных и антропогенных процессов и явлений Байкальского региона.....	178
25. <i>Л. А. Пластинин, В. П. Ступин, Б. Н. Олзоев, Н. В. Котельникова.</i> Принципы разработки специализированной топографической карты Сибирской Арктики.....	185
26. <i>С. М. Кузнецов, Л. А. Пластинин.</i> К вопросу разработки технологии создания кадастровых инженерно-хозяйственных карт муниципальных образований регионов.....	191
27. <i>О. М. Николаева, Л. К. Радченко.</i> Использование дорожного графа в навигационных приложениях на примере компании HERE Technologies.....	197
28. <i>М. В. Карманова, Е. В. Комиссарова.</i> Особенности картографирования командных пунктов управления на картах служб спасения регионального уровня.....	205

CONTENTS

1. <i>K. F. Afonin, Yu. S. Trifonova.</i> Determination of Geodesic Latitude by Spatial Right-Mugal Coordinates by Using a Differential Amendment.....	3
2. <i>D. N. Goldobin, V. F. Kanushin, I. G. Ganagina, N. N. Fedotova.</i> Determination of the Permissible Error of the Heights of Gravimetric Points under the Conditions of a Non-Uniform Gravitational Field.....	9
3. <i>I. E. Dorogova, A. A. Ilin, R. I. Iskandarov.</i> Deformation Monitoring of Multilevel Residential Building During Construction.....	17
4. <i>O. Yu. Kolesnikov, V. S. Khoroshilov.</i> Geodetic Works in Surveying of Oil Pipelines Using the Capabilities of GIS on the Example of Surgut Oil Fields.....	25
5. <i>A. G. Malkov, R. M. Bryskin.</i> Modern Technique of High-Precision Geometric Leveling.....	32
6. <i>S. T. Seksembaev, N. N. Kobeleva, A. V. Nikonov.</i> Especially Geodetic Monitoring when Surveillance of Buildings and Constructions of Energy Facilities During the Construction Period.....	39
7. <i>S. E. Yakimova, I. G. Ganagina.</i> Determination of Accuracy Characteristics of the Earths Gravitational Field for the Purposes of Autonomous Navigation.....	48
8. <i>S. Yu. Malyshkov, V. F. Gordeev, V. I. Polivach.</i> Electromagnetic Method for Permafrost Geophysical Research.....	55
9. <i>V. F. Gordeev, S. Yu. Malyshkov, V. I. Polivach.</i> Geophysical Monitoring of Technogenic Hazards on Anthropogenic Soils.....	65
10. <i>Ganzorig Erdenenemekh, Oyuntsetseg Dash.</i> Determine Deformation of Horizontal and Cylindrical Steel Storage Fuel Tank.....	73
11. <i>Ulziisaikhan Ganbold, Oyuntsetseg Dash.</i> Issues Ofcreation of a Large-Scale Geomorphological Base Map of Mongolia.....	81
12. <i>Oyunkhand Byamba, E. L. Kasyanova.</i> Mapping of Tourism in Mongolia.....	89
13. <i>A. H. Begmatov.</i> Recovery of a Function from Integral Data on Broken Lines and Spatial Structure of an Object.....	97
14. <i>D. V. Lisitsky, A. A. Kolesnikov, E. V. Komissarova, A. Yu. Sotnikova.</i> Expansion of Information Capacity of Traditional Maps with Using QR-Codes.....	102
15. <i>E. L. Kasyanova, M. V. Cherkas.</i> Map of Human Rights.....	111
16. <i>E. S. Utrobina, I. P. Kokorina.</i> Principles of Developing a User Interface for Mobile Mapping Applications.....	120
17. <i>Yu. N. Andryukhina.</i> Development of Font Designn for Tactical Maps, Created with the Use of Additive Technologies.....	129

18. <i>L. K. Radchenko, A. V. Troeglazova, D. A. Tajik.</i> A Mapping of Seasonal Variability of the Chemical Composition of Surface Waters of the Salt Lake	135
19. <i>D. V. Lisitsky, A. A. Kolesnikov, E. V. Komissarova, S. A. Kuznetsov.</i> A New Kind of Interactive Cartographical Works	145
20. <i>S. A. Krylov.</i> Improvement of Database Structure for Thematic and Atlas Mapping	153
21. <i>D. V. Vinogradov, L. A. Plastinin.</i> Automated Interpretation of Remote Sensing Materials for Preparation and Creation of Electronic Topographic Maps on the Siberian Zone of the Arctic.....	158
22. <i>V. P. Stupin.</i> Justification of the Borders of the Siberian Arctic in when Making Specialized Topographic Maps	164
23. <i>V. P. Stupin, L. A. Plastinin.</i> Opportunities for the Use of Open Remote Sensing Data for Mapping the Dynamics of the Banks of Reservoirs.....	172
24. <i>L. A. Plastinin, V. P. Stupin, B. N. Olzoev.</i> Cartographic and Space Monitoring of Natural and Anthropogenic Processes and Phenomena of the Baikal Region.....	178
25. <i>L. A. Plastinin, V. P. Stupin, B. N. Olzoev, N. V. Kotelnikova.</i> Principles of Development of a Specialized Topographic Map of the Siberian Arctic	185
26. <i>S. M. Kuznetsov, L. A. Plastinin.</i> Creation of Cadastral Engineering and Economic Maps of Municipalities: Development of Technology	191
27. <i>O. M. Nikolaeva, L. K. Radchenko.</i> Use of Roapgraph in Navigation Systems on the Example of a Company HERE Technologies	197
28. <i>M. V. Karmanova, E. V. Komissarova.</i> Mapping of Emercom Regional Command Posts	205

Научное издание

ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ

XV Международный научный конгресс

Сборник материалов в 9 т.

Т. 1

Международная научная конференция

**«ГЕОДЕЗИЯ, ГЕОИНФОРМАТИКА,
КАРТОГРАФИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ»**

№ 2

Материалы публикуются в авторской редакции

Компьютерная верстка *Е. М. Федяевой*

Изд. лиц. ЛР № 020461 от 04.03.1997.

Подписано в печать 02.09.2019. Формат 60 × 84 1/16.

Усл. печ. л. 12,79. Тираж 33 экз. Заказ 107.

Гигиеническое заключение

№ 54.НК.05.953.П.000147.12.02. от 10.12.2002.

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

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