

УДК 528.063

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КАРТОГРАФИЧЕСКИХ WEB-СЕРВИСОВ ДЛЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ МАРКШЕЙДЕРСКО-ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Гавриленко Д. Ю.
(ДонНТУ, г. Донецк, Украина)

Показані переваги застосування картографічних сервісів для подання просторової інформації, детально розглянуто алгоритм і математичне переобчислення координат з систем, які застосовуються в нашій країні в міжнародну систему координат WGS-84. Наведені приклади використання картографічних сервісів для вирішення деяких маркшейдерсько-геодезичних завдань.

Advantages of mapping services usage for representation of spatial information are shown, the algorithm and mathematical recalculations of coordinates from systems which are applied in our country to the international system of coordinates WGS-84 is in detail considered. Examples of use of mapping services for the decision of some mining-geodetic problems are resulted.

Основой современных тенденций развития Интернет-технологий является формирование независимой web-среды в которой миллионы пользователей являются уже не сторонними наблюдателями, а активными участниками формирования и изменения информационного пространства. Они становятся прямыми участниками геоинформационного моделирования, а картографическая информация становится общечеловеческим и экономически значимым предметом потребления. Реализуется концепция открытого доступа к предварительно обработанным высококачественным электронным картам и космическим снимкам.

Происходит стандартизация географической информации и картографических сервисов. Расширяются возможности персональной настройки этих сервисов с возможностью интегрирования собственных данных потребителей с геопространственными данными, которые представлены в сети Интернет.

Учитывая, что маркшейдеры и геодезисты потребляют и создают именно пространственную информацию, то в их практической деятельности картографические серверы и сервисы могут оказать существенную помощь при минимальных затратах, а то и совершенно бесплатно. К числу задач, которые могут решаться уже сегодня можно отнести следующее:

- поиск мест расположения пунктов государственной геодезической сети и сетей сгущения по известным координатам;
- съемка терриконов и мониторинг их смещений;
- предварительное проектирование изыскательских работ и крупномасштабных съемок;
- контроль кадастровых съемок;
- представление данных государственного земельного кадастра и прочие.

Большинство картографических сервисов (геосервисов) предоставляют спутниковые снимки и различные карты, а также всевозможную пространственно привязанную информацию (например, достопримечательности, автомобильные пробки и т.п.). Именно космические или аэроснимки, являются основным и важнейшим источником визуально воспринимаемой информации о характере местности. Кроме непосредственного предоставления картографической информации многие сервисы имеют инструментарий API для использования карт в пользовательских Интернет-ресурсах [1, 2].

Среди картографических сервисов выделяются две основные группы:

- *веб-ориентированные* (web-based maps), которые представляют собой веб-приложение и работают в браузере,
- *имеющие собственную оболочку-навигатор* (virtual globus), которые представляют собой отдельное приложение, но при

этом картографические данные, используемые в них загружаются из Интернет.

Сервисы каждой из групп отличаются, прежде всего, набором и форматом информационных слоев, возможностью отображать пользовательские данные, а также обеспечение работы без подключения к сети (режим оффлайн), предварительно загрузив пространственные данные на компьютер пользователя.

Наиболее популярным картографическим сервисом на данный момент является сервис Maps компании Google и виртуальный глобус Google Earth (Google Планета Земля). Эти сервисы имеют богатые возможности в настройке, встраивания карт в сторонние Интернет сайты и добавления пользовательских данных как один из слоев электронной карты.

Для получения пространственных данных с картографических сервисов и отображения собственных данных на них разработаны специальные стандартные обменные файлы в различных форматах. Наиболее популярным и широко распространенным являются файлы в формате KML (Keyhole Markup Language). KML представляет собой подмножество языка разметки XML и использует основанную на тегах структуру с вложенными элементами и атрибутами, что делает его доступным для чтения и редактирования, как пользователями с помощью простых текстовых редакторов, так и различными САД и ГИС пакетами. Структура файлов KML полностью открыта и строго регламентирована стандартом OGC (Open GIS Consortium).

В схеме KML-документа выделена группа объектов (точечные объекты, отрезки, полигоны, растровые изображения и т.д.) позволяющая отобразить большой спектр как пространственных, так и атрибутивных данных.

Наряду с сервисами Google активно развиваются картографические сервисы Yandex Карты, Bing Maps, NASA World Wind и др.

Детальное рассмотрение наиболее популярных международных и отечественных картографических сервисов (Google Maps, Карты Yandex, Bing Maps, Yahoo! Maps, Карты mail.ru, Visicom Maps, Kosmosnimki.ru) показало, что на всех для пред-

ставляется пространственной информации используется система координат WGS-84.

Вместе с тем в нашей стране маркшейдерские, геодезические и земельно-кадастровые пространственные данные создаются и используются в различных системах координат:

- маркшейдерские – в системе координат СК-42;
- земельно-кадастровые – в условной системе координат СК-63, которая является производной от СК-42;
- топографо-геодезические – либо в системе координат СК-42, либо в местных (городских) системах координат.

С 2007 г. в Украине введена Государственная референсная система координат УСК-2000. Она связана с европейскими системами координат, однако, переход от указанных выше систем координат к УСК-2000 не является прозрачным по ряду организационных и юридических проблем. Поэтому в настоящее время целесообразно рассматривать вопрос о представлении маркшейдерско-геодезических данных на картографических сервисах путем перехода от пользовательских систем к системе координат WGS-84. Общий алгоритм этого перевычисления показан на рисунке 1.

На первом этапе осуществляется переход от местной системы или от СК-63 к системе координат СК-42. Учитывая, что эти системы являются производными по отношению к СК-42, перевычисление координат производится по соответствующим ключам.

Далее, на втором этапе, вычисляют геодезические координаты: широту и долготу B_{42} , L_{42} по плоским прямоугольным координатам в проекции Гаусса-Крюгера. Для этого может быть использован широкий спектр формул, приведенных в различных источниках [3-5].

На третьем этапе вычисляют прямоугольные пространственные координаты в системе СК-42, используя следующие формулы:

$$\begin{aligned} X_{42} &= (N_{42} + H_{42}) \cos B_{42} \cos L_{42}; \\ Y_{42} &= (N_{42} + H_{42}) \cos B_{42} \sin L_{42}; \\ Z_{42} &= [N_{42} (1 - e^2) + H_{42}] \sin B_{42}, \end{aligned}$$

где N_{42} – радиус кривизны сечения первого вертикала, вычисляемый по широте B_{42} ;

H_{42} – геодезическая высота в системе СК-42 относительно эллипсоида Красовского, которую для приближенных расчетов можно принять равной нормальной высоте;

e – первый эксцентриситет меридианного эллипса для эллипсоида Красовского.

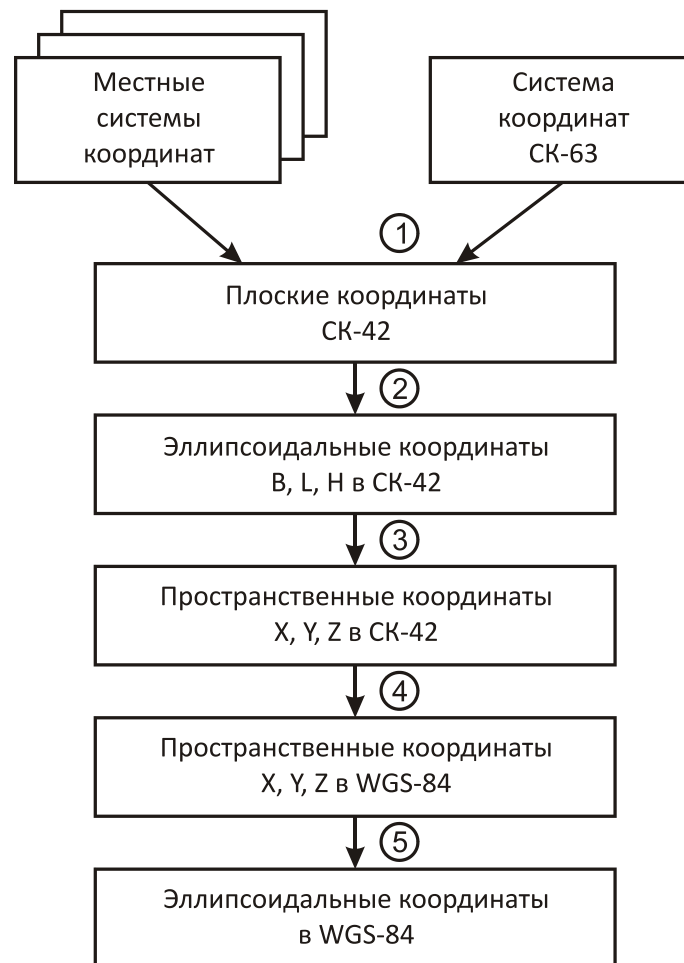


Рис. 1. Алгоритм перехода от пользовательских систем координат к системе WGS-84

На четвертом этапе производят перевычисление прямоугольных пространственных координат из системы СК-42 в WGS-84:

$$\begin{vmatrix} X \\ Y \\ Z \end{vmatrix}_{84} = \begin{vmatrix} 1 & w_Z & -w_Y \\ -w_Z & 1 & w_X \\ w_Y & -w_X & 1 \end{vmatrix} (1+m) + \begin{vmatrix} \delta x \\ \delta y \\ \delta z \end{vmatrix}_{84 \rightarrow 42}$$

где w_X, w_Y, w_Z – углы разворота систем координат;

m – масштабный коэффициент;

$\delta x, \delta y, \delta z$ – смещение начал систем координат.

Вышеуказанные параметры пересчета между СК-42 и WGS-84 точно неизвестны, но для приближенных расчетов можно использовать следующие численные значения:

– смещения по осям координат: $\delta x = 25$ м, $\delta y = -141$ м, $\delta z = -78$ м;

– углы поворота вокруг осей координат: $w_X = 0$, $w_Y = -0,35''$, $w_Z = -0,74''$;

– масштабный коэффициент: $m = 0$.

На пятом этапе переходят от прямоугольных пространственных координат в системе WGS-84 к эллипсоидальным координатам, используя следующие формулы:

$$\operatorname{tg} L_{84} = \frac{Y_{84}}{X_{84}};$$

$$\operatorname{tg} B_{84} = \frac{Z_{84}}{\sqrt{X_{84}^2 + Y_{84}^2}} + \frac{N_{84} e_{84}^2}{N_{84} + H_{84}} \operatorname{tg} B_{84};$$

$$H_{84} = \sqrt{X_{84}^2 + Y_{84}^2} \sec B_{84} - N_{84}.$$

Вычисления по двум последним формулам производятся методом итераций.

Полученные значения B_{84}, L_{84}, H_{84} используются прикладными пользовательскими программами для формирования KML-файла, который позволяет отобразить соответствующую пространственную информацию на картографическом Web-сервисе.

Несложным является и решение обратной задачи. Работая на Web-сервисе, имеется возможность создания KML-файла. Полученный таким образом файл расшифровывается пользовательской программой, а далее осуществляется пересчет в противопо-

ложном направлении относительно схемы, показанной на рисунке 1. В результате получают координаты в пользовательской системе координат.

Таким образом, представленный алгоритм является универсальным и может быть использован для достаточно широкого круга задач. Рассмотрим некоторые практически реализованные задачи, решаемые с использованием картографических сервисов.

1. Поиск местоположения пунктов государственных геодезических сетей.

В настоящее время наружные геодезические знаки на большинстве пунктов государственных геодезических сетей уничтожены. Поэтому поиск этих пунктов за пределами населенных пунктов очень сложная задача. Вместе с тем, имея координаты пунктов, можно перевычислить их в систему WGS-84, создать KML-файл и отобразить местоположение на картографическом сервисе, что значительно облегчает их нахождение на местности. На рисунке 2 показано позиционирование на определенной территории пунктов государственной геодезической сети.



Рис. 2. Позиционирование пунктов государственной геодезической сети на сервисе «Google Планета Земля»

2. Контроль земельно-кадастровой информации.

С помощью картографических сервисов удобно визуализировать пространственное положение различных объектов при

выполнении кадастровых съемок и ведении государственного земельного кадастра, например, земельных участков, кадастровых зон, кадастровых кварталов и т.д. В качестве примера на рисунке 3 приведено положение земельных участков на сервисе «Google Планета Земля». Такое использование картографического сервиса позволяет контролировать качество кадастровых съемок.



Рис. 3. Представление границ земельных участков на сервисе «Google Планета Земля»

3. Определение контуров терриконов угольных шахт.

Эта задача решается непосредственно с использованием космических снимков, предоставляемых картографическим сервисом. При определении границы террикона (нижней бровки) целесообразно использовать перспективные изображения терриконов (рис. 4).

В нашей работе [6] показано, что при сопоставлении контуров терриконов, полученные с использованием картографического сервиса и на топографических картах масштаба 1:10 000 более чем 20-25 летней давности, среднее расхождение составило 9,9 м.

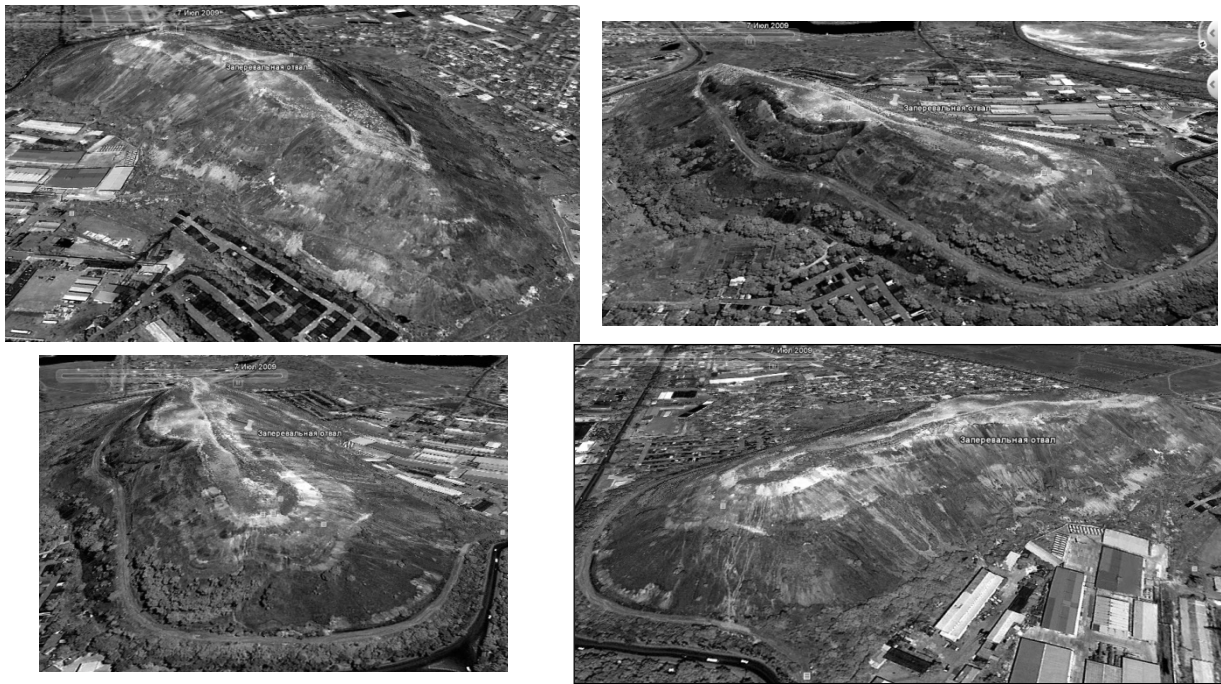


Рис. 4. Перспективные изображения террикона с различных ракурсов

Безусловно, рассмотренные примеры не исчерпывают все множество применения картографических сервисов для решения маркшейдерско-геодезических задач. Круг задач будет расширяться с повышением качества космических снимков, представляемых сервисами.

Таким образом, картографические Интернет-сервисы можно использовать для оперативного решения маркшейдерско-геодезических задач, которые не требуют высокой точности позиционирования или векторизации объектов. При этом пространственные данные в виде космических снимков и векторных слоев отличаются высокой степенью актуальности, в отличие от традиционных бумажных карт и планов, а их использование осуществляется бесплатно. Однако, основной проблемой, возникающей при использовании геосервисов, является различие систем координат и необходимость вычислительных программ или процедур для перевычисления координат из одной системы в другую.

СПИСОК ССЫЛОК

1. API Карт Google [Электронный ресурс]; Режим доступа: <http://code.google.com/intl/ru/apis/maps/index.html> — Название с титул. экрана.
2. Яндекс. Карты на вашем сайте [Электронный ресурс]; Режим доступа: <http://api.yandex.ru/maps/> — Название с титул. экрана.
3. Морозов В. П. Курс сфероидической геодезии. — М., Недра, 1979. — 296 с.
4. Зданович В. Г. и др. Высшая геодезия. — М., Недра, 1970. — 512 с.
5. Закатов П. С. Курс высшей геодезии. — М., Недра, 1976. — 511 с.
6. Гавриленко Ю. Н. Создание кадастра терриконов угольных шахт на основе ГИС и Интернет технологий / Ю. Н. Гавриленко, Д. Ю. Гавриленко, Е. А. Карпова // Разработка рудных месторождений, Кривой Рог, 2011. — № 94. — С. 128—134.