

**РАЗРАБОТКА ЦИФРОВЫХ ИНЖЕНЕРНО-ТОПОГРАФИЧЕСКИХ ПЛАНОВ С ЭЛЕМЕНТАМИ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ВЕДЕНИЯ ЕГРН И УПРАВЛЕНИЯ ИНЖЕНЕРНЫМИ СЕТЯМИ ГОРОДА**

*Александр Викторович Чернов*

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры кадастра и территориального планирования, тел. (913)743-09-79, e-mail: avch-1011@mail.ru

*Александр Сергеевич Горилько*

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, аспирант кафедры инженерной геодезии и маркшейдерского дела, тел. (913)750-78-06, e-mail: cahek28@mail.ru

*Виталий Андреевич Шаворин*

АО «Полнос-Красноярск, 630108, Россия, г. Красноярск, ул. Цимлянская, 37, горный инженер отдела геотехнического мониторинга, тел. (913)376-76-46, e-mail: shavorinva@yandex.ru

В работе рассматриваются вопросы информативности цифровых инженерно-топографических планов. Установлено, что существующие инженерно-топографические планы не в полной мере передают информацию об инженерных коммуникациях, в особенности если их концентрация увеличена из-за постоянной урбанизации городов. В решении данного вопроса ранее предлагались идеи применения камер неметрического типа, для создания цифровых фотоснимков – как поясняющую информацию. Однако в настоящее время такая задача решена не до конца. В статье предложена схема геодезических работ по разработке цифровых инженерно-топографических планов с элементами визуализации для целей ведения Единого государственного реестра недвижимости и управления инженерными сетями города. Данная схема работ предлагается для решения вопроса о достаточности информации на инженерно-топографических планах.

**Ключевые слова:** инженерно-топографический план, элементы визуализации, камера неметрического типа, съемочное обоснование, квадрокоптер.

**DEVELOPMENT OF ENGINEERING AND TOPOGRAPHIC PLANS WITH THE ELEMENTS OF VISUALIZATION FOR THE PURPOSES OF USER MAINTENANCE AND ENGINEERING NETWORKS OF THE CITY MANAGEMENT**

*Alexander V. Chernov*

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D., Associate Professor, Department of Cadastre and Territorial Planning, phone: (913)743-09-79, e-mail: avch-1011@mail.ru

*Aleksandr S. Goril'ko*

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D. Student, Department of Engineering Geodesy and Mine Surveying, phone: (913)750-78-06, e-mail: cahek28@mail.ru

*Vitalij A. Shavorin*

JSC “Polus- Krasnojarsk”, 37, Cimpljanskaja St., Krasnojarsk, 630108, Russia, mine engineer of geotechnical monitoring department, phone: (913)376-76-46, e-mail: shavorinva@yandex.ru

The article considers the questions of the informativity of digital engineering-topographic plans. It is stated that existing engineering topographic plans do not display the information about engineering communications sufficiently, especially if their concentration increases due to continuous urbanization of the city. As the solution of this problem it was suggested earlier to use nonmetric-type cameras for creating digital photos – as clarifying information. However, nowadays this task has not been fully completed. The article gives the scheme of geodetic works for development of digital engineering-topographic plans (with the elements of visualization for the purposes of Unified State Real Estate Register maintenance and management of engineering networks of the city. The given work scheme for solving the problem of information insufficiency of engineering-topographic plans is suggested.

**Key words:** engineering and topographic plan, elements of visualization, nonmetric-type camera, geodetic control, quadcopter.

### *Введение*

В городе Новосибирск, как и во многих других городах, наблюдается устойчивое развитие уплотнительной застройки. Это является одной из причин повышения концентрации инженерных коммуникаций на всех возможных уровнях – под землей, на земле и над землей. Инженерные коммуникации являются сооружениями линейного типа, а следовательно, на цифровых инженерно-топографических планах (ЦИТП) их геометрия выражена в виде сплошных или пунктирных линий разного цвета. Для удобства восприятия информации, а также ее повышения предполагалось придавать каждому виду инженерной коммуникации свой цвет на ЦИТП [1–5]. Например, водопроводы – зеленым, канализация – коричневым, газопроводы голубым, тепловые сети – синим и т.д. Однако такое предложение приводило к тому, что инженерно-топографические планы перегружались информацией, а создание разных слоев отображения информации в цифровом виде представлялось не- удобным для изучения. Сложность топологических отношений инженерных коммуникаций между собой, накладывание их проекций друг на друга, несвоевременное внесение информации о произведенных изменениях в фонды геопространственных данных, приводят к регулярным повреждениям инженерных коммуникаций [1, 4]. Кроме этого, возникает сложность получения достоверной информации об инженерных коммуникациях для корректного ведения единого государственного реестра недвижимости (ЕГРН).

Для предупреждения возникновения подобных ситуаций, авторами статьи предлагается выполнить целостный подход к решению данной научно-технической проблемы. Предлагается создание проектов повышенной информативности – цифровых инженерно-топографических планов с элементами визуализации. Причем объект исследования, представленный на ЦИТП лишь геометрически, будет иметь гиперссылки на многочисленные цифровые фотоснимки с перекрытиями (как стереопары).

В настоящее время существуют такие передовые технологии как трехмерное лазерное сканирование, геодезическое применение технологий глобальных

навигационных спутниковых систем (ГНСС), современные роботизированные тахеометры. У таких технологий существует несколько существенных недостатков:

1. Стоимость оборудования для применения упомянутых выше технологий варьируется от нескольких сотен тысяч до нескольких десятков миллионов рублей, что весьма не просто, учитывая нынешнее положение геодезической отрасли и нестабильной экономической ситуации в стране;

2. В процессе применения таких технологий как лазерное сканирование, геодезическое применение ГНСС, роботизированные тахеометры – не оправдано при съемке инженерных коммуникаций, например посредством таких технологий очень сложно выполнять съемку устройства тепловых камер, узлов задвижек, коридоров под коммуникации.

В связи с этим, целью данного исследования является разработка технологических решений по повышению информативности ЦИТП более доступными средствами – неметрическими камерами, беспилотными летательными аппаратами (БПЛА) мультироторного типа, имеющих в своей конструкции неметрические камеры, в комбинации с наземными средствами геодезических измерений. На сегодняшний день активно применяются БПЛА для целей актуализации топографических планов [5–9].

Такие исследования обладают практической значимостью. Создание ЦИТП с элементами визуализации посредством применения БПЛА будет полезно для повышения качества принимаемых технических решений в процессе планирования дальнейшей урбанизации городской среды.

### ***Методы и материалы***

В данной научно-технической работе заложен теоретический и экспериментальный метод исследований.

В ходе теоретического метода исследования выполнен анализ комплекса инженерно-геодезических работ, в который входят следующие действия:

– рекогносцировка (обследование) участка инженерно-геодезических работ;

– создание планово-высотного обоснования, в частности обоснование для фотосъемки и видеосъемки квадрокоптером с высоты 20 – 30 м, для применения квадрокоптера, точки съемочного планово-высотного обоснования должны быть замаркированы таким образом, чтобы их представилось возможным определить на цифровых фотоснимках;

– выполнение тахеометрической съемки или съемки посредством спутниковых геодезических технологий, если условия объекта позволяют;

– фотосъемка и видеосъемка инженерных коммуникаций квадрокоптером с воздуха;

– обработка результатов наземной съемки, создание ЦИТП;

– последовательное нанесение гиперссылок на цифровые фотоснимки в прямолинейном направлении на линию коммуникации на ЦИТП в ArcGIS или любой другой ГИС или САПР, поддерживающих гиперссылки. Таким образом, чтобы следующий фотоснимок являлся продолжением предыдущего, как

стереопары (с перекрытием), видеозаписи применяют аналогично в том случае, если коммуникации многоуровневые. При многоуровневых цифровой фотоснимок может быть малоинформативен, а видеосъемка панорамным образом будет иметь больше значительной информации, необходимой для более рациональных технических решений.

– выполнение на продолжительный линейный участок коммуникации двух гиперссылок, но фиксирование их значения на весь исследуемый участок коммуникации на плане, прикрепив к ЦИТП, созданный ортофотоплан, с ссылкой текстового файла каталога координат характерных точек. Обработка цифровых фотоснимков, с целью создания ортофотоплана осуществляется посредством современными программными средствами, например «Photomod» [10–13]. Ортофотоплан, прикрепленный гиперссылкой к ЦИТП является конечным продуктом обработки цифровых фотоснимков, выполненных с квадрокоптера.

В экспериментальном методе выполнены все описанные виды работ на реальном объекте, расположенном в г. Новосибирске. Съёмочное обоснование создавалось в соответствии с нормативными положениями [14–15]. Произведена камеральная обработка и дальнейшая создание ЦИТП с элементами визуализации. Усредненная технологическая схема экспериментальных работ показана на рис. 1.

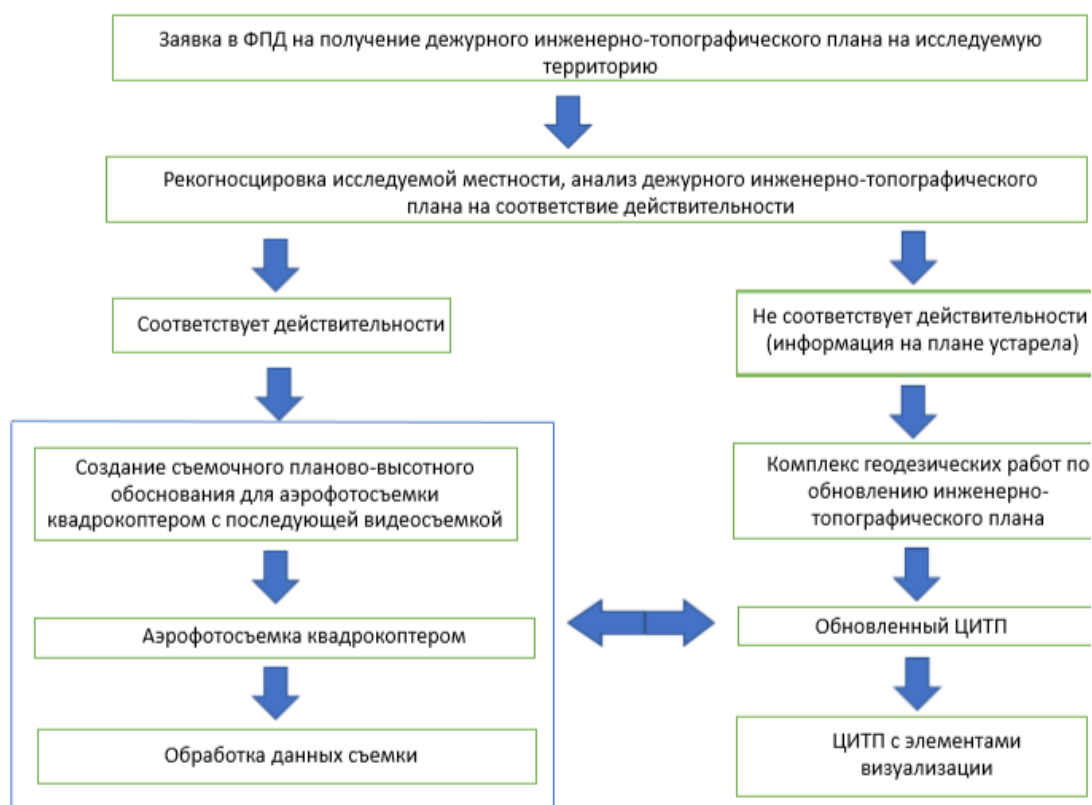


Рис. 1. Технологическая схема работ при создании ЦИТП с элементами визуализации

Созданный ЦИТП с элементами визуализации предлагается сдавать на хранение в Геофонд субъекта РФ для дальнейшего создания базы инженерно-топографических планов с элементами визуализации.

## *Исследования*

После получения из Геофонда цифрового инженерно-топографического плана, проводится рекогносцировка местности исследуемой территории с целью соответствия данного плана действительности [14]. Если полученный план соответствует действительно, то приступаем к созданию съемочного обоснования для аэрофотосъемки квадрокоптером. В качестве съемочного обоснования послужат обыкновенные одноразовые тарелки желтого цвета, как показано на примере цифрового снимка, выполненного с высоты квадрокоптером (рис. 2).



Рис. 2. цифровой фотоснимок наземной инженерной коммуникации с видимой опорной точкой

Если выданный Геофоном план по факту не соответствует действительности и изменения составляют менее 30 % полученного топоплана, то съемочные работы с целью корректуры данных выполняются только на том участке, где обнаружены изменения. Если изменения составляют более 30 %, то съемка участка выполняется полностью [14]. В нашем случае полученный топоплан полностью соответствовал действительности. Выполнение наземной топографической съемки не требуется. Приступаем непосредственно к аэрофотосъемке.

При выполнении аэрофотосъемочных работ применялся БПЛА мультироторного типа – квадрокоптер Phantom 4 Pro (рис. 3).



Рис. 3. Квадрокоптер Phantom 4 Pro

На данном летательном аппарате жестко зафиксирована фотокамера с матрицей с числом пикселей 20 МП и с углом обзора объектива 84°.

Объектом исследований выступил земельный участок прямоугольной формы размером (200 м на 5 м) в Калининском районе г. Новосибирска, содержащий совокупность наземных и надземных инженерных коммуникаций, с площадкой для их обслуживания.

Перед выполнением аэрофотосъемочных работ, центры люков колодцев, начало наземной части инженерной коммуникации и другие характерные места были отсняты спутниковым геодезическим приемником EFT m3 gnss в режиме RTK (Real Time Kinematic).

## Результаты

Результаты экспериментальных аэрофотосъемочных работ содержат следующие данные: цифровые фотоснимки, видеозаписи, каталог координат точек характерных участков инженерной коммуникации.

ЦИТП, загруженный на ПК в ПП ArcGIS совместили посредством гиперссылки с каталогом координат измеренных точек. Аналогичным образом было произведено совмещение результатов фото/видео съемки. Работа гиперссылки в ПП ArcGIS представлена на рис. 4.

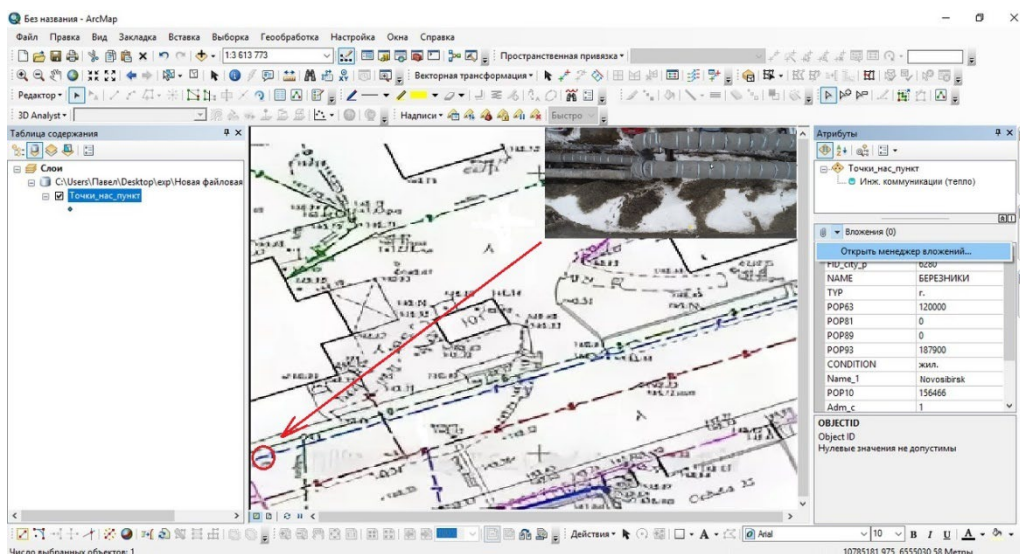


Рис. 4. Запуск гиперссылки на цифровой фотоснимок в ПП ArcGIS

С целью исследования полученной информации применение гиперссылок производилось по следующим сценариям, представленным ниже.

В первом случае цифровые фотоснимки совмещались с ЦИТП таким образом, что каждый последующий являлся продолжением предыдущего (с перекрытием). Линия инженерной коммуникации на ЦИТП в таком случае является активной областью, представляющей из себя серию гиперссылок на цифровые

фотоснимки. Всего было применено более 20 фотоснимков на исследуемый участок равный чуть более 200 м. Характерные участки труб, колодцы, разветвления труб и другие характерные точки имеют координаты в местной системе. Таблица координат (текстовый файл) также прикрепляется гиперссылкой, как и цифровые фотоснимки.

Во втором случае применили две гиперссылки, но распространяющиеся на весь исследуемый участок инженерной коммуникации. В данном случае ЦИТП совмещали с ортофотопланом, созданным в программном продукте Metashape Professional и каталогом координат характерных точек (текстовый файл).

Данный ортофотоплан является продуктом обработки цифровых фотоснимков, полученных при аэрофотосъемке квадрокоптером (рис. 5).



Рис. 5. Ортофотоплан исследуемой инженерной коммуникации

В третьем случае также, как и во втором применили две гиперссылки. Но файлом совмещения с ЦИТП был уже не ортофотоплан, а видеоролик, полученный также при съемке квадрокоптером. Второй гиперссылкой совмещали как и во втором случае с каталогом координат характерных точек.

Из приведенного исследования следует, что создание многочисленных гиперссылок на цифровые фотоснимки как в первом случае, целесообразно для уточнения и повышения информации на плане при том условии, если необходимо детальное отображение каждого участка коммуникации, заключенного в одном цифровом фотоснимке. Если инженерная коммуникация имеет минимум характерных точек (поворотов, разветвлений и др.), то достаточным элементом визуализации будет являться ортофотоплан – второй случай применения гиперссылок.

Третий случай – совмещение видеоролика с цифровым планом нецелесообразно, если характерных точек минимальное количество или вовсе отсутствуют (только прямое положение трубы без разветвлений и поворотов и на

исследуемом участке нет колодцев, нет многоуровневых коммуникаций). Такой вид визуализации будет целесообразен для целей отображения узла задвижек (тепловой камеры). В данном случае можно выполнить панорамную видеосъемку тепловой камеры. БПЛА для целей видеосъемки целесообразен при исследовании многоуровневых коммуникаций.

### *Заключение*

В ходе выполнения теоретических и экспериментальных исследований получено 3 проекта ЦИТП с элементами визуализации.

В первом проекте элементом визуализации являются цифровые фотоснимки с текстовым каталогом координат характерных участков инженерной коммуникации.

Во втором проекте элементом визуализации является цифровой ортофотоплан, созданный в процессе обработки результатов аэрофотосъемки.

В третьем проекте элементом визуализации является видеоролик исследования инженерной коммуникации.

Каждый из вышеперечисленных видов визуализаций целесообразен, в зависимости от характерных расположений труб, поворотов и разветвлений труб, различных технологических конструкций.

В ходе выполненных теоретических исследований следует сделать вывод, что каждый из трех, вышеперечисленных видов элементов визуализации для ЦИТП могут быть применены в одном проекте, при создании единого крупномасштабного ЦИТП района города или жилмассива.

В процессе выполненных экспериментальных исследований создан фрагмент ЦИТП с элементами визуализации исследуемой коммуникации – тепло-трассы, расположенной в Калининском районе г. Новосибирска. В перспективе, с применением БПЛА выполнение фото/видеосъемки актуально при создании целого Фонда крупномасштабных цифровых инженерно-топографических планов с элементами визуализации для целого региона РФ. Такие данные предполагается хранить непосредственно в Геофонде.

Такой новый вид ЦИТП будет содержать более уточненную информацию для и поможет актуализировать сведения в ЕГРН и службам по управлению энергетическими ресурсами города.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Чахлова А. П. Совершенствование методики инженерно-геодезических работ для проектирования и строительства сооружений в горной местности: дисс. ... канд. техн. наук. – 2017. – 156 с.
2. Хлебникова Т. А. Технологические проблемы построения трехмерных видеосцен по данным ЦММ // 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. 113–115.
3. Пошивайло Я. Г., Чахлова А. П., Уставич Г. А. Создание топографо-информационной системы для целей проектирования инженерных сооружений // Геодезия и картография. – 2013. – № 3. – С. 16–20.



4. Горилько А. С., Гугнина О. Ю. Создание инженерно-топографических планов с элементами визуализации // ГЕО-Сибирь-2019. IV Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 5 т. (Новосибирск, 24–26 апреля 2019 г.). – Новосибирск: СГГА, 2019. Т. 1, ч. 1. – С. 99–105.
5. Медведская Т. М. Исследование современных методов создания и актуализации цифровых крупномасштабных планов для информационного обеспечения градостроительства // 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. 113–115.
6. Петров М. В. Практический опыт использования БПЛА Swinglet производства компании Sensefly (Швейцария) // 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. 152–157.
7. Костюк А. С. Расчет параметров и оценка качества аэрофотосъемки с БПЛА // ГЕО-Сибирь-2010. VI Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2010 г.). – Новосибирск: СГГА, 2010. Т. 4, ч. 1. – С. 83–87.
8. Раков Д. Н., Никитин В. Н. Выбор цифрового неметрического фотоаппарата для беспилотного аэрофотосъемочного комплекса // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. «ГЕО-Сибирь 2012»: сб. молодых ученых СГГА (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.) – Новосибирск: СГГА, 2012. – С. 27–36.
9. Квадрокоптер Phantom 4 Pro [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://avtoprofi.ru/Kvadrokopter-DJI-Phantom-4-Professional.html>.
10. Ессин А. С., Ессин С. С. Разработка методики пространственной фотограмметрической обработки материалов цифровой аэрофотосъемки, полученной с беспилотного летательного аппарата // ГЕО-Сибирь 2007. III Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 25–27 апреля 2007 г.). – Новосибирск: СГГА, 2007. Т. 3. – С. 48–52.
11. Ессин А. С., Ессин С. С. Технология фотограмметрической обработки аэрофотоснимков, полученных с БПЛА, в целях создания ортофотопланов // ГЕО-Сибирь-2009. V Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 20–24 апреля 2009 г.). – Новосибирск: СГГА, 2009. Т. 4, ч. 1. – С. 72–75.
12. Жадан М.П. Разработка методики автоматизированного дистанционного обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2009, №2. – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n2y2009/127> (доступ свободный) – Загл. с экрана
13. Добрынин Н.Ф., Пимшина Т.М. Использование космических средств позиционирования при обработке аэро- и космической информации [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2013, №3. – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n3y2013/1835> (доступ свободный) – Загл. с экрана.
14. ГКИНП 02-033-82 Инструкция по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500: М., Недра, 1982. – 98 с.
15. ГКИНП 02-262-02 Инструкция по развитию съемочного обоснования и съемке ситуации и рельефа с применением глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS: М., ЦНИИГАиК, 2002. – 55 с.

© А. В. Чернов, А. С. Горилько, В. А. Шаворин, 2020