

Л. И. Соболев¹✉

Обзор современных средств измерений для геодезического обеспечения государственного геологического надзора

¹Сибирский государственный университет геосистем и технологий,
г. Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: lenchik.22.98@mail.ru

Аннотация. В статье выполнен обзор современных средств измерений для геодезического обеспечения государственного геологического надзора.

Ключевые слова: геодезическое обеспечение, государственный геологический надзор, средства измерений, недропользование, участок

L. I. Sobolev¹✉

Review of modern measuring instruments for geodetic support of state geological supervision

¹Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation
e-mail: lenchik.22.98@mail.ru

Abstract. The article provides a review of modern measuring instruments for geodetic support of state geological supervision.

Keywords: geodetic support state, geological supervision, measuring instruments, subsoil use, plot

Введение

В данной работе проведен анализ понятия регионального государственного геологического контроля (надзора) в соответствии с нормативно-правовой документацией в сфере недропользования и рассмотрено применение современного геодезического оборудования для контроля выполнения требований, предъявляемых к гражданам и юридическим лицам в области использования и охраны недр в рамках данного надзора.

На основании статьи 37 Закона Российской Федерации от 21.02.1992 № 2395-1 «О недрах» (далее – Закон «О недрах») государственный геологический контроль (надзор) подразделяется на два вида: федеральный и региональный.

В соответствии со статьей 2.3 Закона «О недрах» предметом регионального контроля (надзора) являются участки недр местного значения с общераспространенными полезными ископаемыми.

Региональный государственный геологический контроль (надзор) (далее – государственный геологический контроль) осуществляется уполномоченными исполнительными органами субъектов Российской Федерации в соответствии с положениями, утверждаемыми высшими исполнительными органами субъектов Российской Федерации.

В работе затрагивается такой субъект Российской Федерации, как Еврейская автономная область и соответственно осуществляет государственный геологический надзор на территории данной области департамент природных ресурсов правительства Еврейской автономной области, а утверждает положения о контроле правительство Еврейской автономной области.

Положение о региональном государственном контроле надзоре на территории Еврейской автономной области утверждено постановлением правительства ЕАО от 28.09.2021 № 349 пп (далее - Положение).

Предмет и обязательные требования указаны в пункте 2 Положения.

Организация и осуществление государственного геологического контроля (надзора) регулируются Федеральным законом от 31 июля 2020 года № 248-ФЗ «О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации» (далее - 248 - ФЗ).

Актуальность: применение современных геодезических средств измерений и программного обеспечения для обработки результатов съемки непосредственно не регламентируется нормативными документами, регулирующими проведение государственного геологического контроля. Здесь стоит понимать контроль соблюдения обязательных требований, установленных Положением. Вместе с тем требования к выполнению современных геодезических измерений, а также к обработке полученных данных, содержатся в ГОСТах и иных нормативно-технических документах Российской Федерации.

Несмотря на отсутствие прямой регламентации используемого оборудования, для эффективного осуществления государственного геологического контроля требуется применение современных геодезических приборов, обеспечивающих необходимую точность, оперативность и достоверность результатов измерений.

Цель – выработка рекомендаций по использованию современных средств измерений в зависимости от решаемых задач.

Задачи:

- выполнить обзор современных средств измерений, указать преимущества и недостатки в сравнении с классическими средствами измерений;
- рассмотреть требования к точности геодезических измерений при осуществлении государственного геологического надзора, при отсутствии таких требований – рассмотреть нормативно-технические акты, регламентирующие точность геодезических измерений современными приборами;
- сформулировать рекомендации по использованию современных средств измерений при осуществлении государственного геологического надзора.

К классическим геодезическим приборам относятся: дальномеры, нивелиры, теодолиты и тахеометры.

Современные геодезические средства измерений представлены ГНСС - приемниками, электронными тахеометрами, лазерными сканерами, БПЛА с фотограмметрией.

Программное обеспечение для камеральной обработки данных, полученных при помощи современных геодезических средств измерений: AutoCAD Civil 3D, MapInfo, ArcGIS, Trimble Business Center, Credo DAT.

Ниже приведен обзор сравнения классических геодезических приборов с современными, их преимущества и недостатки.

Таблица 1. Сравнение современных и классических средств измерений

№	Критерий сравнения	Современные	Классические
1	Точность	Сантиметровая и миллиметровая (ГНСС: RTK, PPK, PPP; лазерное сканирование)	Зависит от условий и оператора; ниже при больших расстояниях
2	Стабильность результатов	Высокая за счет автоматической компенсации ошибок	Значительные колебания из-за внешних факторов
3	Скорость работ	Высокая: измерения в реальном времени, быстрый сбор больших массивов данных	Низкая: длительные полевые работы
4	Объем собираемых данных	Миллионы точек (сканирование, БПЛА)	Ограниченное количество измерений
5	Автоматизация	Высокая: автоматическая съемка, обработка, уравнивание	Низкая: большинство операций вручную
6	Цифровизация данных	Полностью цифровой формат, интеграция с ГИС и САД	Ручная запись, последующая оцифровка
7	Человеческий фактор	Минимизирован (роботизация, автотрекинг, контроль качества)	Существенное влияние на точность и ошибки
8	Условия работы	Возможность работы в труднодоступных и опасных зонах (БПЛА, дистанционные методы)	Требуется физическое присутствие на точках
9	Необходимость видимости	GNSS не требует прямой видимости между точками	Требуется взаимная видимость (триангуляция, тахеометрия)
10	Комплексность	Интеграция технологий (ГНСС + БПЛА + сканирование)	Как правило, разрозненные методы
11	Мониторинг	Возможен в реальном времени (RTK, CORS)	Ограничен, чаще периодический
12	Экономическая эффективность	Снижение затрат за счет скорости и автоматизации	Более высокие трудозатраты и длительные сроки
13	Наглядность результатов	3D-модели, ортофотопланы, цифровые двойники	Табличные и графические результаты
14	Безопасность	Повышенная (дистанционные измерения)	Ниже, требуется работа в опасных условиях

Таблица 2. Недостатки современных геодезических средств измерений [5], [11].

№	Недостаток	Характеристика
1	Высокая стоимость оборудования и программного обеспечения	Приобретение ГНСС-приемников, лазерных сканеров и БПЛА требует значительных финансовых затрат. Дополнительно необходимы расходы на обслуживание оборудования, лицензии программного обеспечения и сервисы дифференциальных поправок.
2	Зависимость от внешних условий	Эффективность ГНСС-систем снижается в условиях плотной застройки, лесных массивов и сложного рельефа. БПЛА зависят от погодных условий, а лазерные сканеры чувствительны к пыли, осадкам и отражающим поверхностям.
3	Зависимость от источников питания и электронной компонентной базы	Современные приборы требуют регулярной подзарядки аккумуляторов, подвержены программным сбоям и могут выходить из строя при неблагоприятных погодных условиях.
4	Необходимость высокой квалификации специалистов	Для эффективного применения современных технологий требуются знания спутниковых измерений, обработки данных и навыки работы со специализированным программным обеспечением.

Окончание табл.2

№	Недостаток	Характеристика
5	Сложность и длительность обработки данных	Обработка данных РРК, лазерного сканирования и фотограмметрии требует значительных вычислительных ресурсов и специализированного программного обеспечения, что увеличивает трудоемкость камеральных работ.
6	Зависимость от инфраструктуры	Для полноценной работы современных технологий необходимы базовые станции, сети передачи данных и каналы связи, что ограничивает применение оборудования в удаленных районах.
7	Риск скрытых ошибок автоматизации	Неверные настройки оборудования или программного обеспечения могут приводить к систематическим погрешностям, которые не всегда своевременно обнаруживаются оператором.
8	Быстрое моральное устаревание оборудования	Постоянное развитие технологий требует регулярного обновления оборудования и программного обеспечения, что приводит к дополнительным затратам.
9	Недостаточная актуальность нормативно-технической документации, либо ее отсутствие	Нормативно-техническая база не всегда успевает адаптироваться к быстрому развитию современных геодезических технологий. Возникает необходимость актуализации стандартов, методик и инструкций с учетом постоянного обновления и совершенствования оборудования и программного обеспечения.

По вопросу геодезического обеспечения органов государственного геологического надзора мною на площадке XI Национальной научно-практической конференции «Регулирование земельно-имущественных отношений в России: правовое и геопространственное обеспечение, оценка недвижимости, экология, технологические решения» Сибирского государственного университета геосистем и технологий, которая проходила в ноябре 2025 года, была представлена статья «Геодезическое обеспечение органов государственного геологического надзора для формирования доказательной базы незаконной добычи общераспространенных полезных ископаемых», в которой рассматривается вопрос о наделении органов государственного регионального геологического контроля (надзора) полномочиями по проведению геодезических работ на участках недр общераспространенных полезных ископаемых, где осуществляется безлицензионная разработка, для возможности оперативного формирования доказательной базы причиненного ущерба и своевременного привлечения недропользователей к установленной законом ответственности.

Требования к точности геодезических измерений при осуществлении государственного геологического надзора

В основных нормативных документах в сфере недропользования и государственного контроля (надзора) [14, 16, 21] отсутствуют требования, предъявляемые к точности геодезических измерений, проводимых современным геодезическим оборудованием и программным обеспечением.

В соответствии с пунктом 3 статьи 22 Закона «О недрах» пользователь недр обязан обеспечить ведение геологической, маркшейдерской и иной документации в процессе всех видов пользования недрами.

Таким образом, при выполнении геодезических измерений с применением современного геодезического оборудования целесообразно руководствоваться дейст-

вующей нормативно-технической документацией, устанавливающей требования к производству геодезических работ и обработке результатов измерений.

Например:

1. В приказе Ростехнадзора от 19.05.2023 № 186 «Об утверждении Правил осуществления маркшейдерской деятельности» указано:

44. Погрешности положения на плане предметов контуров местности (объектов) с четкими очертаниями относительно ближайших пунктов съемочного обоснования не должны превышать 0,5 м; в условиях труднодоступных и горных районов - 0,7 м; на территориях с промышленной и многоэтажной застройкой - 0,4 м.

48. Съемка горных выработок (элементов системы разработки) месторождения (россыпи) производится в масштабе не мельче 1:2000. Если площадь разрабатываемой за месяц части россыпи не превышает 3000 м², съемка выполняется в масштабе 1:1000.

Таблица 3. Приложение № 1 Классификация по точности средств измерений, применяемых при производстве маркшейдерских работ

Средства измерений	Наименование характеристики	Точность средств измерений (приборов)		
		высокоточные	точные	технические
ГАП ГНСС	Допустимая СКП измерений длины базиса в режиме "Статика", "Быстрая статика" в плане/по высоте	не более $3 \text{ мм} + 0,5 * 10^{-6}D$ <*>/ $5 \text{ мм} + 0,5 * 10^{-6}D$ <*>	не более $50 \text{ мм} + 1 * 10^{-6}D$ <*>/ $100 \text{ мм} + 1 * 10^{-6}D$ <*>	± 5 м и более
	Допустимая СКП измерений длины базиса в режиме "Кинематика в реальном времени (RTK)" в плане/по высоте	не более $10 \text{ мм} + 1 * 10^{-6}D$ <*>/ $15 \text{ мм} + 1 * 10^{-6}D$ <*>	не более $100 \text{ мм} + 1 * 10^{-6}D$ <*>/ $200 \text{ мм} + 1 * 10^{-6}D$ <*>	
Электронные тахеометры	Допустимая СКП измерений угла (")	до 1,5	от 1,5 до 10 включительно	более 10
	Допустимая СКП измерений расстояния, не более (мм)	не более $1 + 2 * 10^{-6}D$ <*>	не более $2 + 2 * 10^{-6}D$ <*> включительно	более $2 + 2 * 10^{-6}D$ <*>
Теодолиты оптические	Допустимая СКП измерений угла (")	до 1,5	от 1,5 до 10 включительно	более 10
Нивелиры (оптические, цифровые)	Допустимая СКП измерения превышения на 1 км двойного хода (мм)	менее 1	от 1 до 3 включительно	более 3
<*> где D - расстояние (мм)				

2. В приказе Минэкономразвития России от 06.06.2017 № 271 «Об утверждении требований к государственным топографическим картам и государственным топографическим планам, включая требования к составу сведений, отображаемых на них, к условным обозначениям указанных сведений, требования к точности государственных топографических карт и государственных топографических планов, к формату их представления в электронной форме, требований к содержанию топографических карт, в том числе рельефных карт» обозначено:

– на государственных топографических картах и планах средние погрешности планового положения контуров объектов местности с четкими очертаниями относительно ближайших точек планового съемочного обоснования не должны превышать 0,5 мм в масштабе карты (плана) для равнинной и всхолмленной местности, а на картах (планах) горной и высокогорной местности - 0,75 мм в масштабе карты.

Средние погрешности в плановом положении изображений контуров растительного покрова и грунтов, исключая их четкие изгибы, являющиеся характерными точками, для любой местности не должны превышать 1,0 мм.

– для государственных топографических планов территорий с капитальной и многоэтажной застройкой максимальная погрешность взаимного положения на плане ближайших контуров капитальных сооружений зданий и прочих объектов с четкими очертаниями не должны превышать 0,4 мм в масштабе плана.

3. ГОСТ Р 59562-2021 «Съемка аэрофототопографическая. Технические требования» и ГОСТ Р – 59328-2021 «Аэрофотосъемка топографическая. Технические требования».

Таблица 4. Рекомендуемое номинальное пространственное разрешение аэрофотоснимков

Масштаб топографического плана или карты	Рекомендуемый размер пикселя на местности (не более), см
1:500	6
1:1000	9
1:2000	20 (14 <*>)
1:5000	30
1:10000	50
1:25000	70
<*> Для территории городских населенных пунктов с многоэтажной и плотной застройкой.	

Таблица 5. Допустимые удаления воздушного судна от базовой станции

Назначение съемки	Высота сечения рельефа, м	Допустимое удаление от базовой станции, км
Определения координат точек границ и контуров объектов недвижимости с СКП, не превышающей 0,1 м и 0,2 м; создание топографических планов (ортофотопланов) масштаба 1:500	-	30
Создание топографических планов (ортофотопланов) масштаба 1:1000, 1:2000, 1:5000	0,5	30
	1,0 и более	50
Создание топографической карты (ортофотоплана) масштаба 1:10000	1,0	50
	более 1 м	60
Создание топографической карты (ортофотоплана) масштаба 1:25000	2,5 и более	60

Точность измерений, выполняемых электронными тахеометрами, регламентируется государственными стандартами и сводами правил, основными из которых являются ГОСТ Р 51774–2001 «Тахеометры электронные. Общие технические условия» и СП 126.13330.2017 «Геодезические работы в строительстве». Данные документы устанавливают допустимые погрешности угловых и линейных измерений, методы контроля точности и требования к метрологическому обеспечению геодезических работ.

В пункте 1 статьи 7 Федерального закона от 30.12.2015 № 431-ФЗ «О геодезии, картографии и пространственных данных и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» указано, что Геодезические и картографические работы выполняются с использованием государственных, местных, локальных и международных систем координат, государственной системы высот и государственной гравиметрической системы.

На основании Постановления Правительства РФ от 24.11.2016 № 1240 «Об установлении государственных систем координат, государственной системы высот и государственной гравиметрической системы» установлены следующие государственные системы координат:

1. Установить следующие государственные системы координат:

– для использования при осуществлении геодезических и картографических работ - геодезическая система координат 2011 года (ГСК-2011), устанавливаемая и распространяемая с использованием государственной геодезической сети (геоцентрическая гравитационная постоянная Земли (с учетом атмосферы).

– для использования в целях геодезического обеспечения орбитальных полетов, решения навигационных задач и выполнения геодезических и картографических работ в интересах обороны - общеземная геоцентрическая система координат «Параметры Земли 1990 года» (ПЗ-90.11), устанавливаемая и распространяемая с использованием космической геодезической сети и государственной геодезической сети.

Обзор современных средств измерений

На данный момент в нормативно-правовых актах Российской Федерации, которые регулируют проведение государственного геологического контроля (надзора) [14] [16] [21], отсутствует понятие «геодезическая съемка участка недр» или «геодезический обмер участка недр общераспространенных полезных ископаемых», не регламентированы: точность, с которой должны проводиться геодезические измерения, геодезическое оборудование, которое должно применяться, исходя из тех или иных особенностей геодезической съемки местности (погода, рельеф местности, застройка, удаленность и пр), ни тем более не регламентировано применение современных средств геодезических измерений и программного обеспечения, необходимого для камеральной обработки полученных результатов съемки. В настоящее время практически каждая геодезическая съемка местности выполняется с использованием современных средств измерений, а обработка результатов съемки – современным программным обеспечением.

Например, в работе «Обзор современных геодезических приборов для мониторинга деформационных процессов земной поверхности. Проблемы недропользования» за авторством Винальевой Е.А. сравниваются классические геодезические приборы и спутниковые геодезические приборы. Автор приходит к выводу, что спутниковые геодезические приборы являются более эффективным и удобным инструментом для мониторинга деформационных процессов, особенно в случаях, когда необходимо осуществлять дистанционное наблюдение за объектами на больших расстояниях и в режиме реального времени. Однако использование классических геодезических приборов также может быть оправдано в некоторых случаях, когда необходимы более точные измерения вблизи объекта мониторинга [5].

В статье «Современные геодезические технологии при изысканиях для проектирования линий электропередач», опубликованной в журнале «Молодой ученый» за авторством Жолтай. М. А. подчеркивается важность интеграции спутниковой навигации (ГНСС) и тахеометрии для повышения точности геодезических работ на трассах линейных объектов. Автор делает вывод, что современные геодезические технологии, включающие спутниковые ГНСС-измерения, электронную тахеометрию и автоматическую обработку данных, являются эффективными инструментами при проведении инженерно-геодезических изысканий. Интеграция указанных методов позволяет получить точные исходные данные, что является гарантией корректности проектных решений и повышения качества энергоинфраструктурных объектов [13].

Авторы Smith, J., Johnson, P., & Lee, K. в своей работе показывают, что использование ГНСС-измерений в сочетании с наземной тахеометрией позволяет получить высокоточные координаты опорных пунктов и детальных точек рельефа местности [24, 26].

Остается неясным, как специалистам государственного геологического контроля (надзора) контролировать выполнение требований, предъявляемых к гражданам и юридическим лицам в области использования и охраны недр, приведенных в пункте 2 Положения [16] ввиду отсутствия нормативно-технического регулирования в части геодезического обеспечения данного надзора.

Дополнительно, согласно статьи 51 Закона «О недрах» порядок расчета размера вреда, причиненного недрам вследствие нарушения законодательства Российской Федерации о недрах, устанавливается Правительством Российской Федерации.

Правила расчета размера вреда, причиненного недрам вследствие нарушения законодательства Российской Федерации о недрах, утверждены постановлением Правительства от 04.07.2013 № 564 (далее - Правила) [15].

На основании второго абзаца пункта 3 Правил расчет размера вреда в отношении участков недр местного значения производится уполномоченными органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации с привлечением подведомственных организаций, а также иных лиц, привлекаемых на основании Федерального закона «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд».

Из вышеперечисленного следует, что, основываясь на законодательстве Российской Федерации в сфере недропользования, орган, уполномоченный на проведение государственного контроля (надзора), обязан не только контролировать выполнение требований, предъявляемых к гражданам и юридическим лицам в области использования и охраны недр, но и производить расчет размера вреда, причиненного недрам вследствие нарушения законодательства Российской Федерации о недрах.

В тоже время сотрудники государственного геологического контроля (надзора) не уполномочены на проведение геодезической съемки с использованием современного геодезического оборудования, соответственно при проведении выездного обследования местности, сотрудники могут только визуально, при помощи каких-либо ориентиров на местности представить местоположение интересующего участка, но для контроля требований и расчета ущерба должны быть получены исходные данные (точное расположение участка недр, площадь, участка недр, объем добытых общераспространенных полезных ископаемых, площадь участка), которые невозможно получить без использования современных средств геодезических измерений и программного обеспечения.

Орган, уполномоченный на осуществление и проведение государственного геологического надзора, может привлекать сторонних специалистов для проведения геодезической съемки объекта, где велась или ведется незаконная разработка общераспространенных полезных ископаемых, но как показывает практика, особенно в разрезе таких регионов, как Еврейская автономная область (учитываются экономические и географические факторы), зачастую данные специалисты уже состоят в штате организаций, осуществляющих недропользование и соответственно являются заинтересованными лицами, которые не могут выполнять независимые геодезические измерения.

Дополнительно, даже при наличии привлекаемых организаций и специалистов (учитываем еще и время, необходимое на поиск таких организаций и специалистов в рамках небольшого региона), у органа, уполномоченного на проведение государственного геологического контроля (надзора), может попросту отсутствовать финансирование работ, необходимых для контроля требований или расчета ущерба, так как в основном организации и специалисты, квалификация которых позволяет выполнить данные работы, интересуется коммерческая сторона вопроса.

На практике получаем, что организации и лица, занимающиеся разработкой общераспространенных полезных ископаемых, к которым применяется контроль требований со стороны государственного геологического контроля (надзора) уходят от установленной законом ответственности по причине:

- Отсутствие у уполномоченного органа полномочий по осуществлению геодезической съемки с помощью современных средств измерений и программного обеспечения, проводимой в рамках государственного геологического контроля (надзора);

- Отсутствие квалифицированных специалистов и современного геодезического оборудования и программного обеспечения;

- Несвоевременная подготовка доказательной базы (план местности, расчет объема, расположение участка, ситуационный план) сторонними организациями и специалистами, для привлечения которых требуется время и денежные средства, либо вообще отсутствие доказательной базы по причине невозможности привлечения таких организаций и специалистов;

- Геодезическую съемку необходимо проводить оперативно, так как недобросовестный недропользователь может скрыть следы незаконной разработки общераспространенных полезных ископаемых.

Таким образом возникает некая правовая коллизия: уполномоченный орган обязан контролировать выполнение требований, предъявляемых к гражданам и юридическим лицам в области использования и охраны недр и производить расчет размера вреда, причиненного недрам, но при этом у такого органа отсутствуют полномочия на проведения геодезической съемки с использованием современного оборудования и программного обеспечения, которое необходимо для соблюдения контроля указанных требований и получения точных данных об интересующих объектах.

Добрянский И.А. в своей работе «Маркшейдерско-геодезические приборы, используемые на открытых горных работах в настоящее время» отмечает, что с точки зрения маркшейдерского обеспечения на данный момент, в срочном порядке, необходима разработка и принятие нормативной документации, в полной мере, отражающей процесс маркшейдерского обеспечения, в частности на открытых горных работах. Для создания новых регламентационных стандартов, должны предусматривать тенденциозность маркшейдерского приборостроения, развитие новых методик измерений, предельно-допустимых погрешностей для современного оборудования и другие важные аспекты актуальной ситуации горного дела, а также учет направления перспективного развития маркшейдерского дела в целях соответствия действительных представлений о будущем горных процессов, рационально обеспечивая их надлежащими рекомендациями и обязательными регламентациями.

На данный момент документация горного предприятия, декларирующие проведение маркшейдерских процессов на месторождении и необходимые для предоставления в государственные службы контроля, формируются и разрабатываются на основе проектов на производство маркшейдерских работ.

Однако, данный документ, в свою очередь, частично был создан на основе РД-07-603-03, что вызывает определенную несогласованность и непоследовательность документооборота в маркшейдерской сфере [11].

Исходя из всего вышеперечисленного напрашивается вывод, что для эффективного осуществления государственного геологического контроля (надзора) за выполнением требований, предъявляемых к гражданам и юридическим лицам в области использования и охраны недр, необходимо внедрить понятие «геодезическое обеспечение» и создать нормативно-технические регламенты использования современного оборудования при выполнении геодезических съемок участков недр общераспространенных полезных ископаемых, либо исключить предъявляемые требования из Положения о региональном надзоре, а для маркшейдерского сопровождения горных работ - актуализация действующих государственных стандартов, разработка актуальных инструкций, новые методические документы и создание дополнительной нормативной документации, которая в полной мере будет отражать процесс маркшейдерского обеспечения на открытых горных работах.

Рекомендации по использованию современных средств геодезических измерений при осуществлении государственного геологического контроля (надзора)

Предметом регионального геологического надзора в отношении участков недр местного значения является контроль за соблюдением юридическими лицами и гражданами обязательных требований в области использования и охраны недр.

Указанные требования перечислены в пункте 2 Положения:

- соблюдение требований проектной документации, предусмотренной статьями 23.2 и 36.1 Закона «О недрах», недопущение сверхнормативных потерь, разубоживания и выборочной отработки полезных ископаемых;
- соблюдение требований по рациональному использованию и охране недр;
- достоверность содержания геологической и иной документации о состоянии и изменении запасов полезных ископаемых;
- сохранность находящихся на участке недр горных выработок, буровых скважин и иных сооружений, связанных с пользованием недрами, которые могут быть использованы при разработке месторождений полезных ископаемых и (или) в иных целях;
- сохранность находящихся на участке недр горных выработок, буровых скважин и иных сооружений, связанных с пользованием недрами, которые могут быть использованы при разработке месторождений полезных ископаемых и (или) в иных целях;
- предотвращение самовольного пользования участками недр местного значения;
- предотвращение самовольной застройки площадей залегания полезных ископаемых;
- достоверность данных, включаемых в государственную отчетность организациями, осуществляющими поиск, оценку и разведку месторождений полезных ископаемых, и их добычу [16].

Так же на основании второго абзаца пункта 3 Правил расчет размера вреда в отношении участков недр местного значения производится уполномоченными органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации [15].

Исходя из вышеизложенного, контроль указанных требований невозможен без применения современных средств геодезических измерений.

При осуществлении контрольно-надзорной деятельности выбор геодезического оборудования должен основываться на оперативности выполнения съемки, характере решаемых задач, особенностях рельефа местности, удаленности объекта от базовых станций, а также погодных и атмосферных условиях. Кроме того, при выборе оборудования необходимо учитывать требуемую точность измерений, условия эксплуатации и возможность работы в труднодоступных районах.

К такому современному оборудованию относятся:

1. ГНСС приемники.

ГНСС-приемники принимают сигналы глобальных навигационных спутниковых систем, таких как GPS, ГЛОНАСС, Galileo и BeiDou.

ГНСС-приемники позволяют выполнять измерения на расстоянии до 30 км от базовой станции даже при отсутствии прямой видимости между пунктами, при этом время выполнения работ, как правило, меньше по сравнению с тахеометрической съемкой [1], [2].

Основными методами спутниковых измерений являются абсолютный, относительный и дифференциальный методы [1, 20]. Наибольший интерес представляет относительный метод, поскольку он обеспечивает высокую точность определения координат за счет совместного использования как минимум двух приемников: базовой станции и мобильной станции (ровера).

Рассмотрим применение данного метода на примере геодезической спутниковой аппаратуры Spectra Precision ProMark 700 и Spectra Precision SP80. Приемник SP80 может использоваться как в качестве базовой станции, так и в качестве ровера.

Таблица 6. Геодезическая спутниковая аппаратура Spectra Precision SP80 [27].

Наименование параметра	Значение
Количество каналов	240
Отслеживание сигналов	GPS: L1C/A, L1P(Y), L2P(Y), L2C, L5; ГЛОНАСС: L1C/A, L2C/A; GALILEO: E1, E5a, E5b; BeiDou: B1 (phase 2), B2; QZSS: L1C/A, L2C, L1SAIF, L5; SBAS: (WAAS/EGNOS/MSAS/GAGAN) L1C/A
Использованные технологии	Z-BLADE
Форматы поправок	ATOM, CMR, CMR+, RTCM 2.1, 2.3, 3.1 и 3.2(включая MSM)
Точность:	
Static, Fast Static	в плане: 3 мм+0,5ppm; по высоте: 5 мм+0,5ppm
Long Static (длинные базовые линии, длительные наблюдения, использование точных эфемерид)	в плане: 3 мм+0,1ppm; по высоте: 3,5 мм+0,4ppm
RTK	в плане: 8 мм+1ppm; по высоте: 15 мм+1ppm
Частота записи/позиционирования	до 20 Гц

Окончание табл. 6

Наименование параметра	Значение
Время инициализации	2 секунды на базовых линиях до 20 км
Диапазон инициализации	более 40 км
Интерфейс ввода/вывода	встроенный 3.5G GSM/GPRS-модем; встроенный радиомодем (410-470 МГц 2Вт TRx); WiFi (802.11 b/g/n); Bluetooth 2.1 + EDR; USB 2.0; RS232
Интерфейс пользователя	графический PMOLED-дисплей
Режимы работы приемника	RTK ровер / RTK база; RTK сетевой ровер: VRS, FKP, MAC; NTRIP, Прямой IP; CSD режим; постобработка
Память	встроенная 2 ГБ (1,5 ГБ свободной); поддержка карт SD/SDHC до 32 ГБ
Питание	2 съемных Li-Ion батареи с возможностью "горячей замены" (2 x 7.4 В, 2600 мАч)
Внешнее питание	9 - 28 В
Время работы от батарей	10 часов (с работающим на прием GSM или радиомодемом)
Размеры приемника, мм	222 x 194 x 75
Вес приемника, кг	1,17
Пылевлагозащищенность	IP67
Диапазон рабочих температур	от -40°C до +65°C
Диапазон температур хранения	от -40°C до +85°C

В зависимости от расположения известных пунктов государственной геодезической сети (ГГС) или базовых станций может использоваться один комплект оборудования, например, SP80. Как показывают технические характеристики аппаратуры, приемник поддерживает прием сигналов основных глобальных навигационных спутниковых систем и имеет различные режимы работы.

Эффективность применения ГНСС-оборудования во многом зависит от расположения объекта съемки и особенностей рельефа местности. Для обеспечения устойчивого приема спутниковых сигналов рекомендуется, чтобы препятствия над горизонтом не превышали 10–20° [2].

Если объект расположен вблизи пунктов ГГС, базовых станций или станций сети CORS (Continuously Operating Reference Stations), возможны следующие варианты организации работ:

- при наличии известного пункта ГГС базовая станция устанавливается в режиме RTK (Real Time Kinematic) и передает дифференциальные поправки на ровер через доступные каналы связи;
- при наличии координат действующей базовой станции возможно использование только ровера. Для этого вводятся известные координаты станции в системе координат ГСК-2011 или местной системе координат (МСК), после чего

выполняется получение координат в заданной системе. На практике большинство сетей базовых станций предоставляют услуги на платной основе;

- при использовании сети CORS требуется стабильное интернет-соединение [23].

Станции CORS обеспечивают передачу дифференциальных поправок в режиме реального времени через интернет по протоколу NTRIP. Использование таких станций позволяет выполнять RTK измерения без необходимости развертывания собственной базовой станции.

Если объект съемки расположен на значительном удалении от пунктов ГГС, базовых станций или сети CORS, возникает необходимость использования двух приемников. Один приемник применяется в качестве базовой станции для создания временной опорной основы в статическом режиме наблюдений. Продолжительность измерений зависит от количества наблюдаемых спутников, геометрии их расположения и условий приема сигнала и может составлять от 20 минут до 1 часа. После обработки результатов получают координаты временной опорной точки. Второй приемник используется в качестве ровера для выполнения RTK-измерений относительно созданной базы [25].

При слабом сигнале мобильной связи или отсутствии доступа к интернету возможно применение режима CSD либо выполнение постобработки «сырых» спутниковых наблюдений.

В настоящее время требования к точности ГНСС-аппаратуры, применяемой при осуществлении государственного геологического надзора, нормативно не установлены. В связи с этим при выполнении геодезических измерений целесообразно руководствоваться действующими нормативно-техническими документами, регламентирующими точность и порядок выполнения геодезических работ:

- ГОСТ Р 57371—2016 Глобальная навигационная спутниковая система. Методы и технологии выполнения геодезических работ. Оценка точности определения местоположения. Основные положения;

- Приказ Минэкономразвития России от 06.06.2017 № 271 «Об утверждении требований к государственным топографическим картам и государственным топографическим планам, включая требования к составу сведений, отображаемых на них, к условным обозначениям указанных сведений, требования к точности государственных топографических карт и государственных топографических планов, к формату их представления в электронной форме, требований к содержанию топографических карт, в том числе рельефных карт»;

- Приказ Ростехнадзора от 19.05.2023 № 186 «Об утверждении Правил осуществления маркшейдерской деятельности»;

- СТО 11468812.004-2022. Типовой стандарт осуществления кадастровой деятельности. Геодезическое обеспечение кадастровых работ. Методы и технологии спутниковых геодезических измерений (определений) (утв. и введен в действие протоколами Президиума Ассоциации «Национальное объединение саморегулируемых организаций кадастровых инженеров» от 24.12.2021 №11/21, от 11.07.2022 №06/22).

2. Беспилотные летательные аппараты (БПЛА).

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) обеспечивают высокую производительность геодезических работ, получение ортофотопланов и цифровых моделей рельефа с сантиметровой точностью, а также позволяют безопасно выполнять съемку труднодоступных участков местности. Поскольку участки съемки чаще всего располагаются на равнинной территории, характеризуются отсутствием плотной городской застройки и имеют относительно небольшую площадь, применение БПЛА позволяет оперативно выполнять детальную аэрофотосъемку и получать высокоточные пространственные данные [3], [4].

В качестве примера рассмотрим применение БПЛА DJI Phantom 4 RTK.

Таблица 7. БПЛА DJI Phantom 4 RTK [22].

Наименование параметра	Значение
Тип БПЛА	Квадрокоптер (геодезический)
Назначение	Аэрофотосъемка, топографическая и маркшейдерская съемка
Навигационные системы	GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou
Частоты	L1/L2
Наличие RTK-модуля	Встроенный
Поддерживаемые методы	RTK, PPK(постобработка)
Точность позиционирования (RTK), план	1 см + 1 ppm
Точность позиционирования (RTK), высота	1,5 см + 1 ppm
Точность без RTK (GNSS), план	до 1,5 м
Точность без RTK (GNSS), высота	до 0,5 м
Тип камеры	1" CMOS
Разрешение камеры	20 Мп
Объектив	24 мм (экв.), f/2.8
Тип затвора	Механический
Размер изображения	5472 × 3648 пикселей
Пространственное разрешение (GSD)	~2–3 см/пиксель (при H≈100 м)
Точность фотограмметрической модели, план	±5–10 см
Точность фотограмметрической модели, высота	±10–15 см
Время полета	до 30 мин
Максимальная дальность полета	до 7 км
Максимальная скорость	до 15 м/с
Максимальная площадь съемки	~1 км ² за полет
Масса	~1,4 кг
Программное обеспечение	DJI Terra, сторонние фотограмметрические пакеты

Согласно техническим характеристикам, DJI Phantom 4 RTK оснащен встроенным RTK-модулем, обеспечивающим прием дифференциальных поправок от базовой станции в режиме реального времени.

Для выполнения аэрофотосъемки первоначально настраивается базовая станция: вводятся координаты известного пункта либо выполняется определение координат статическим методом. После этого базовая станция начинает принимать спут-

никовые сигналы и передавать дифференциальные поправки на RTK-модуль БПЛА. Передача поправок может осуществляться через интернет по протоколу NTRIP либо напрямую по радиоканалу DJI.

После установления соединения с базовой станцией и получения поправок в полетном программном обеспечении DJI Pilot отображается статус FIX, означающий разрешение фазовых неоднозначностей и достижение сантиметровой точности позиционирования.

Перед выполнением полета в программе DJI Pilot создается полетное задание, в котором задаются основные параметры съемки: высота полета, продольное и поперечное перекрытие снимков, скорость полета и границы участка съемки.

БПЛА DJI Phantom 4 RTK способен выполнять геодезическую съемку в районах с отсутствием мобильной связи и доступа к сети Интернет. В таких условиях для получения высокоточных координат используется локальная ГНСС базовая станция либо технология постобработки спутниковых наблюдений РРК (Post Processed Kinematic). При использовании РРК обработка спутниковых данных выполняется после завершения полета, что позволяет обеспечить высокую точность определения координат даже при отсутствии устойчивого канала передачи RTK-поправок в режиме реального времени [22].

Требования к точности БПЛА для осуществления государственного геологического надзора отсутствуют. Для выполнения измерений возможно руководствоваться следующими нормативно-техническими регламентами:

- Приказ Минэкономразвития России от 06.06.2017 № 271 «Об утверждении требований к государственным топографическим картам и государственным топографическим планам, включая требования к составу сведений, отображаемых на них, к условным обозначениям указанных сведений, требования к точности государственных топографических карт и государственных топографических планов, к формату их представления в электронной форме, требований к содержанию топографических карт, в том числе рельефных карт»;

- Приказ Ростехнадзора от 19.05.2023 № 186 «Об утверждении Правил осуществления маркшейдерской деятельности»;

- ГОСТ Р 59562-2021 «Съемка аэрофототопографическая. Технические требования»;

- ГОСТ Р 59328-2021 «Аэрофотосъемка топографическая. Технические требования».

Например соответствии с приказом Минэкономразвития РФ №271, допустимая погрешность положения объектов для масштаба 1:1000 составляет 0,5 м. Беспилотный летательный аппарат DJI Phantom 4 RTK обеспечивает точность фотограмметрических моделей на уровне 5–10 см, что в 5–10 раз превышает требования нормативных документов. Таким образом, применение БПЛА полностью удовлетворяет требованиям к точности топографической съемки.

Примечание:

Абсолютная точность модели около 5 см (при высоте 100 м и $GSD \approx 2.7$ см),

Где GSD (Ground Control Points) наземные опорные точки, координаты которых заранее определены с высокой точностью геодезическими методами

Относительная точность обычно $2-3 \times GSD$.

Пример: $GSD = 3 \text{ см} \rightarrow \text{точность} \approx 6\text{--}9 \text{ см}$.

Таким образом при выполнении геодезического обеспечения государственного геологического контроля (надзора) целесообразно использовать современную ГНСС аппаратуру в совокупности с применением БПЛА, поскольку данный подход обеспечивает оперативную съемку интересующих объектов контроля с регламентируемой точностью, высокую производительность работ, снижение трудозатрат, снижение необходимости нахождения специалистов в опасных зонах, отсутствие необходимости прямой видимости между измеряемыми пунктами и меньшую стоимость оборудования по сравнению с использованием электронных инженерных и роботизированных тахеометров.

Вместе с тем электронные и роботизированные тахеометры используются в основном для съемки линейных объектов и эффективны при выполнении высокоточной разбивки, детальной съемки закрытых участков, а также в условиях ограниченного приема спутниковых сигналов. Несмотря на все преимущества, использование данного оборудования сопровождается значительной стоимостью и повышенными требованиями к квалификации исполнителя.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Антонович, К. М. Космическая навигация: учебное пособие / К. М. Антонович. - Новосибирск: СГУГиТ, 2015. – 233 с. – ISBN 978-5-87693-865-7.
2. Беляев И.Д., Зарипова Ф.З., Титов И.В., Кузнецов Э.Д. \ «Оценка точности относительного позиционирования по сигналам глобальных навигационных спутниковых систем для целей геодезии» в сборнике: Актуальные вопросы землепользования и управления недвижимостью. Сборник статей VII Национальной научно-практической конференции. Екатеринбург, 2025. С. 343-358.
3. Блищенко, А.А. Использование геодезических приборов на открытых горных работах, тенденция применения беспилотных технологий. // Earthsciences / Colloquium-journal // 14(66) - 2, 2020, -Р.4-6.
4. Блищенко А.А. Формирование методики применения геодезического квадрокоптера на карьерах / А.А. Блищенко, А.П. Санникова// Маркшейдерский вестник. №3. 2022. - С.33-38.
5. Винальева Е.А., 2023. Обзор современных геодезических приборов для мониторинга деформационных процессов земной поверхности. Проблемы недропользования, № 4(39), С. 57-64.1.
6. Волошина Е.А. Проблемы современного маркшейдерско-геодезического обеспечения открытых горных работ / Е.А. Волошина, А.П. Санникова, И.А. Добрянский//Естественные и технические науки, №4(167), 2022. - С.91-94
7. ГОСТ 32453—2017 Глобальная навигационная спутниковая система. Системы координат. Методы преобразований координат определяемых точек.
8. ГОСТ Р 51774-2001. Тахеометры электронные. Общие технические условия.
9. ГОСТ Р 57371—2016 Глобальная навигационная спутниковая система. Методы и технологии выполнения геодезических работ. Оценка точности определения местоположения. Основные положения
10. ГОСТ Р 59562-2021 «Съемка аэрофототопографическая. Технические требования» и ГОСТ Р – 59328-2021 «Аэрофотосъемка топографическая. Технические требования».
11. Добрянский И.А., 2022. Маркшейдерско-геодезические приборы, используемые на открытых горных работах в настоящее время. Сборник материалов XII международной научно-практической конференции «Развитие науки и практики в глобально меняющемся мире в условиях рисков», г. Москва. С. 139 –145.

12. Елагин А. В. и др. Оценка точности определения координат спутниковыми приемниками EFT M3 GNSS и EFT M4 GNSS в режиме RTK //Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). – 2020. – Т. 25. – №. 3. – С. 26-33.
13. Жолтай, М. А. Современные геодезические технологии при изысканиях для проектирования линий электропередач / М. А. Жолтай. - Текст: непосредственный // Молодой ученый. - 2026. - № 10.1 (613.1). - С. 26-29. - URL: <https://moluch.ru/archive/613/134115>.
14. Закон Российской Федерации «О недрах» от 21.02.1992 № 2395-1.
15. Постановление Правительства РФ от 04.07.2013 № 564 «Об утверждении Правил расчета размера вреда, причиненного недрам вследствие нарушения законодательства Российской Федерации о недрах».
16. Постановление правительства ЕАО от 28.09.2021 № 349 пп «О региональном государственном геологическом контроле (надзоре) на территории Еврейской автономной области».
17. Приказ Минэкономразвития России от 06.06.2017 № 271 «Об утверждении требований к государственным топографическим картам и государственным топографическим планам, включая требования к составу сведений, отображаемых на них, к условным обозначениям указанных сведений, требования к точности государственных топографических карт и государственных топографических планов, к формату их представления в электронной форме, требований к содержанию топографических карт, в том числе рельефных карт»:
18. Приказ Росреестра от 23.10.2020 № П/0393 «Об утверждении требований к точности и методам определения координат характерных точек границ земельного участка, требований к точности и методам определения координат характерных точек контура здания, сооружения или объекта незавершенного строительства на земельном участке, а также требований к определению площади здания, сооружения, помещения, машино-места».
19. Приказ Ростехнадзора от 19.05.2023 № 186 «Об утверждении Правил осуществления маркшейдерской деятельности».
20. СТО 11468812.004-2022. Типовой стандарт осуществления кадастровой деятельности. Геодезическое обеспечение кадастровых работ. Методы и технологии спутниковых геодезических измерений (определений) (утв. и введен в действие протоколами Президиума Ассоциации «Национальное объединение саморегулируемых организаций кадастровых инженеров» от 24.12.2021 №11/21, от 11.07.2022 №06/22).
21. Федеральный закон «О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации» от 31.07.2020 № 248-ФЗ.
22. DJI. Phantom 4 RTK User Manual : руководство пользователя. - Shenzhen : DJI, 2020. - 65 стр.
23. Hussein S.K., & Abdulla, K.Y., 2021. Surveying with GNSS and Total StationA Comparative Study. Eurasian Journal of Science & Engineering, V. 7(1), P. 59 – 73.
24. Li, Y., & Chen, H. (2020). Automated processing of geodetic survey data for energy infrastructure design. International Journal of Geomatics, 15(2), 88–99.
25. Mohammad Idris, 2019. Evaluation of GPS-RTK and Total Station for Topographic Survey and Strategic Decision in Private Companies. KnE Engineering, P. 323 – 332.
26. Smith, J., Johnson, P., & Lee, K. (2018). Integration of GNSS and total station measurements for linear infrastructure projects. Journal of Geospatial Engineering, 12(3), 45–56.
27. Spectra Precision. SP80 GNSS Receiver User Guide : руководство пользователя. - Westminster : Spectra Precision, 2016. - 74 стр.
28. Zhang, L., Wang, Y., & Sun, F. (2017). UAV-based photogrammetry for power line corridor mapping: Accuracy and efficiency. Remote Sensing, 9(10), 1015.

© Л. И. Соболев, 2026