

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **038521**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2021.09.09**

(51) Int. Cl. **E21B 47/0228 (2012.01)**  
**E21B 47/09 (2012.01)**

(21) Номер заявки  
**201690999**

(22) Дата подачи заявки  
**2016.06.10**

---

(54) **СИСТЕМА БУРОВЫХ ДАТЧИКОВ, СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ НАВИГАЦИОННЫХ ДАННЫХ И УЗЕЛ БУРОВОЙ ШТАНГИ**

---

(31) **14/745453**

(56) **WO-A1-1997025519**

(32) **2015.06.21**

**RU-C2-2235200**

(33) **US**

**RU-C1-2247942**

(43) **2017.01.30**

**RU-C1-2563600**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**ИНДУСТРЕА МАЙНИНГ  
ТЕКНОЛОДЖИ ПТИ ЛТД (AU)**

**КИСИЛЕВ А.О.** Автоматизированная система сбора данных с буровых станков "Кобус". Горный журнал Казахстана, 2013, №11, с. 42-49  
**ЕРЕМИН В.Н.** и др. Аппаратурно-методическое обеспечение электромагнитного каротажа в процессе бурения. Результаты исследований и работ ученых и конструкторов. НППГА "Луч", 2013, 4(226), с. 62-69

(72) Изобретатель:  
**Фешин Дмитрий, Хоффманн Крэйг (AU)**

(74) Представитель:  
**Поликарпов А.В., Соколова М.В.,  
Путинцев А.И., Черкас Д.А., Игнатьев А.В. (RU)**

---

(57) В системе буровых датчиков и в способе формирования навигационных данных для буровой системы применяют одновременно радиолокационный датчик и магнитометр, размещенные внутри узла буровой штанги и/или подключенные к узлу буровой штанги, имеющему буровой наконечник, сконфигурированный для бурения скважины под поверхностью. Радиолокационный датчик излучает электромагнитную волну и получает отраженный сигнал электромагнитной волны для формирования радиолокационных данных, представляющих один или более объектов под поверхностью. Магнитометрический датчик формирует магнитометрические данные, представляющие ориентацию бурового наконечника относительно магнитного поля. Радиолокационные данные и магнитометрические данные могут быть использованы для формирования изображений для навигации узла буровой штанги в ходе бурения скважины.

**B1**

**038521**

**038521**

**B1**

### Область техники

Варианты осуществления изобретения, описанного в настоящем документе, относятся к датчикам и системам датчиков.

#### Предпосылки создания изобретения

Бурение для добычи полезных ископаемых, для прокладки кабелей или другого оборудования, а также другое бурение может осуществляться с использованием наклонно направленного бурения. При наклонно направленном бурении оператор дистанционно управляет направлением, в котором бур формирует скважину под поверхностью, например под поверхностью земли.

Поскольку сам оператор не находится в скважине, он не может визуальным образом контролировать среду вокруг буровой головки бура. Следовательно, бур может удариться о препятствие, войти в газовую залежь (что может привести к внезапному выбросу газа или внезапному сильному извержению минералов, газа, скальной породы и т.п.), или возможны другие небезопасные и/или неэффективные режимы работы бура. К примеру, при управлении буром может быть необходимо, чтобы он не ударился о кровлю или подошву пласта месторождения (например, скальную породу над и/или под угольным пластом). Удар о кровлю и/или подошву может привести к тому, что будет необходимо отвести бур от кровли и/или подошвы и начать бурение нового ответвления скважины. Чтобы исключить попадание в газовую залежь, операторам часто приходится брать пробы газа и/или откачивать газы из залежи перед бурением. Это может приводить к значительному увеличению объема буровых работ, которые необходимо выполнять до начала бурения к целевому месторождению полезных ископаемых.

#### Краткое описание изобретения

В одном из вариантов осуществления настоящего изобретения система (например, система буровых датчиков) включает радиолокационный датчик и магнитометр. Радиолокационный датчик сконфигурирован для подключения к узлу буровой штанги и/или для размещения внутри узла буровой штанги, имеющего буровой наконечник, сконфигурированный для бурения скважины под поверхностью. Радиолокационный датчик также сконфигурирован для излучения электромагнитной волны и для получения отраженного сигнала электромагнитной волны для формирования радиолокационных данных, представляющих один или более объектов под поверхностью. Магнитометрический датчик сконфигурирован для подключения к узлу буровой штанги и/или для размещения внутри узла буровой штанги, а также для формирования магнитометрических данных, представляющих ориентацию магнитометрического датчика относительно магнитного поля.

В другом варианте осуществления настоящего изобретения способ (например, способ формирования навигационных данных для буровой системы) включает формирование радиолокационных данных, представляющих один или более объектов под поверхностью, по меньшей мере, частично на основе отраженного сигнала, принятого радиолокационным датчиком, подключенным к узлу буровой штанги и/или размещенным внутри узла буровой штанги, имеющего буровой наконечник, сконфигурированный для бурения скважины под поверхностью. Способ также включает формирование магнитометрических данных, представляющих ориентацию магнитометрического датчика относительно магнитного поля, при этом магнитометрические данные формируются посредством магнитометрического датчика, подключенного к узлу буровой штанги и/или размещенного внутри узла буровой штанги.

В еще одном варианте осуществления настоящего изобретения узел (например, узел буровой штанги) включает буровой наконечник и внутрискважинный кожух. Буровой наконечник сконфигурирован для бурения скважины под поверхностью. Внутрискважинный кожух сконфигурирован для соединения с буровым наконечником и включает радиолокационный датчик и магнитометрический датчик. Радиолокационный датчик сконфигурирован для излучения электромагнитной волны и для получения отраженного сигнала электромагнитной волны для формирования радиолокационных данных, представляющих один или более объектов под поверхностью и вне внутрискважинного корпуса. Магнитометрический датчик сконфигурирован для формирования магнитометрических данных, представляющих ориентацию бурового наконечника относительно магнитного поля.

#### Краткое описание чертежей

В настоящем документе осуществляются ссылки на приложенные чертежи, на которых проиллюстрированы конкретные варианты осуществления и дополнительные преимущества настоящего изобретения.

Фиг. 1 представляет собой схематичный вид одного из вариантов осуществления системы буровых датчиков.

На фиг. 2 проиллюстрирован узел буровой штанги системы датчиков, показанной на фиг. 1, в соответствии с одним из вариантов осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 3 представляет собой схематичный вид одного из вариантов осуществления внутрискважинного оборудования.

Фиг. 4 представляет собой схематичный вид другого варианта осуществления внутрискважинного оборудования.

Фиг. 5 представляет собой схематичный вид еще одного варианта осуществления внутрискважинного оборудования.

На фиг. 6 показан вид в поперечном разрезе для одного из вариантов осуществления узла буровой

штанги.

На фиг. 7 показан вид в поперечном разрезе для другого варианта осуществления узла буровой штанги.

На фиг. 8 показан вид в поперечном разрезе для еще одного из вариантов осуществления узла буровой штанги.

На фиг. 9 показан один из вариантов осуществления буровой системы в работе.

На фиг. 10 показана блок-схема алгоритма одного из вариантов осуществления способа формирования навигационных данных для буровой системы.

На фиг. 11 проиллюстрирована графическая индикация в вычислительном узле, показанном на фиг. 1, в соответствии с одним из вариантов осуществления настоящего изобретения.

На фиг. 12 проиллюстрирована графическая индикация в вычислительном узле, показанном на фиг. 1, в соответствии с одним из вариантов осуществления настоящего изобретения.

### **Подробное описание изобретения**

В вариантах осуществления настоящего изобретения, рассмотренных в настоящем документе, предложены системы и способы, сочетающие в себе два или более различных датчиков внутри узла буровой штанги буровой установки. Датчики способны измерять характеристики окружения узла буровой штанги в ходе бурения скважины под поверхностью, например под поверхностью земли, посредством бурового наконечника узла буровой штанги. Датчики способны формировать данные, представляющие упомянутые характеристики, и затем эти данные могут быть использованы для формирования изображений пространства вне и/или вокруг узла буровой штанги в вычислительном узле, расположенном на поверхности или над поверхностью.

В одном из аспектов настоящего изобретения узел буровой штанги может включать магнитометрический датчик и радиолокационный датчик в узле буровой штанги. Магнитометрический датчик может формировать магнитометрические данные, представляющие ориентацию бурового наконечника относительно внешнего магнитного поля. Радиолокационный датчик может формировать радиолокационные данные, представляющие месторасположения, формы, размеры и другие характеристики объектов вне узла буровой штанги. За счет того, что для формирования изображений применяется комбинация магнитометрических данных и радиолокационных данных, буровой наконечник в породе может быть направлен более точно, и соответственно возможно более точное бурение в тех областях, где нормальное функционирование магнитометров невозможно из-за внешних магнитных помех. Данные из датчиков дают оператору буровой установки возможность находить потенциальные мишени бурения и уклоняться от препятствий в реальном времени (например, изображения могут формироваться одновременно с бурением скважины посредством бурового наконечника).

Магнитометрический датчик и радиолокационный датчик (например, радиолокатор подповерхностного зондирования) могут быть установлены совместно в одном корпусе, или кожухе, в составе узла буровой штанги (в настоящем документе термины "корпус" и "кожух" используются как синонимы). Альтернативно датчики могут быть установлены в различных корпусах, или кожухах, в составе узла буровой штанги. Датчики могут находиться в составе узла буровой штанги или быть подключены к нему и могут быть размещены ближе к буровому наконечнику, чем к противоположному концу узла буровой штанги. Альтернативно датчики могут иметь иное месторасположение. Датчики могут совместно использовать один и тот же канал связи в кабеле для обмена данными с вычислительным узлом, который расположен на поверхности или над поверхностью.

Технический результат, который позволяют получить варианты осуществления изобретения, описанного в настоящем документе, включает управление буровым агрегатом для бурения скважины, а также повышение точности выбора направления при движении бурового наконечника узла буровой штанги во время бурения скважины. Повышение точности позволяет повысить эффективность и/или безопасность горных работ, поскольку узел буровой штанги может достигать целевых месторождений (например, угля или других добываемых ископаемых) и/или избегать попадания в газовые залежи, представляющие потенциальную взрывоопасность в случае попадания в них узла буровой штанги.

Фиг. 1 представляет собой схематичный вид одного из вариантов осуществления системы 100 буровых датчиков. Система 100 буровых датчиков включает поверхностное оборудование 102 ("Поверхность" на фиг. 1), один или более блоков 104 связи и один или более комплектов внутрискважинного оборудования 106. Поверхностное оборудование 102 может располагаться на поверхности или над поверхностью, под которой буровая установка (не показана на фиг. 1) бурит скважину с использованием внутрискважинного оборудования 106. Поверхностное оборудование 102, помимо других компонентов, может включать буровую установку и вычислительный узел 108. Вычислительный узел 108 может представлять собой аппаратную схему, включающую один или более процессоров, один или более блоков машиночитаемой памяти (например, компьютерных жестких дисков, оптических дисков, памяти с произвольным доступом, памяти в режиме "только для чтения" и т.п.), одно или более устройств ввода (например, сенсорный экран, клавиатура, микрофон и т.п.), одно или более устройств вывода (например, тот же самый или другой сенсорный экран, компьютерный монитор, громкоговоритель и т.п.). К примеру, вычислительный узел 108 может включать портативный компьютер или другое персональное вычисли-

тельное устройство, а также соответствующее периферийное оборудование. Оператор 110 может использовать вычислительный узел 108 для визуального контроля объектов вокруг внутрискважинного оборудования 106 внутри скважины, которую бурят посредством внутрискважинного оборудования 106, для управления движением внутрискважинного оборудования 106 и т.п.

Внутрискважинное оборудование 106 включает узел 200 буровой штанги (показанный на фиг. 2), который имеет один или более навигационных датчиков 114, один или более радиолокационных датчиков 116, а также один или более источников 118 электропитания, расположенных в узле буровой штанги. Навигационные датчики 114 могут представлять собой датчики одного типа или различных типов. В качестве датчиков могут применяться датчики различных типов, при условии, что эти датчики измеряют различные характеристики, в них используются различные методы для измерения одних и тех же или различных характеристик, и/или они формируют данные, которые отражают различные физические явления. В одном из вариантов осуществления настоящего изобретения навигационные датчики 114 включают по меньшей мере один магнитометрический датчик, например магнитометр. Опционально навигационные датчики 114 могут включать по меньшей мере один датчик ускорения, например акселерометр.

Навигационные датчики 114 могут быть подключены к узлу 200 буровой штанги и/или размещены внутри узла 200 буровой штанги (показан на фиг. 2). Датчики 114 могут формировать данные, представляющие месторасположение и/или ориентацию внутрискважинного оборудования 106. К примеру, магнитометрический датчик может измерять амплитуды и/или направления внешнего магнитного поля (например, магнитного поля Земли) относительно положения магнитометрического датчика и формировать данные, представляющие месторасположение магнитометрического датчика относительно внешнего магнитного поля. Магнитометрический датчик может передавать эти данные в вычислительный узел 108, в качестве магнитометрических данных. В вычислительном узле 108 магнитометрические данные могут использоваться для определения месторасположения магнитометрического датчика под поверхностью, в которой бурят скважину. Датчик ускорения может измерять ускорение (например, собственное ускорение, изменение ускорения и т.п.) датчика ускорения и формировать данные, представляющие ускорение. К примеру, такие данные могут являться представлением наклона датчика. Эти данные могут передаваться из датчика ускорения в вычислительный узел 108. В вычислительном узле 108 данные ускорения могут быть использованы для определения ориентации датчика ускорения, то есть углов поворота вокруг продольной, поперечной и вертикальной осей датчика ускорения, а также для формирования одного или более статичных или видеоизображений узла 200 буровой штанги. Опционально, навигационные датчики 114 могут включать один или более других датчиков.

Радиолокационный датчик 116 излучает электромагнитные волны и получает отраженные сигналы электромагнитных волн от объектов, которые расположены под поверхностью и вне узла 200 буровой штанги. Такие объекты могут представлять собой месторождения полезных ископаемых (например, уголь или руду, добываемые из грунта), поверхности раздела между месторождениями полезных ископаемых и другими породами, поверхности раздела между газовыми залежами и окружающей породой и т.п. Радиолокационный датчик 116 формирует радиолокационные данные, представляющие месторасположения, размеры, формы и другие характеристики подобных объектов, и может передавать эти радиолокационные данные в вычислительный узел 108. В вычислительном узле 108 эти данные могут использоваться для формирования статичных или видеоизображений объектов, которые показывают оператору 110 посредством вычислительного узла 108.

Источник 118 электропитания может представлять собой одно или более устройств, которые обеспечивают питанием датчики 114, 116. Источник 118 электропитания может включать один или более аккумуляторов, конденсаторов, генераторов или аналогичных устройств, которые подают электрический ток в датчики 114, 116 для снабжения датчиков 114, 116 электрической энергией. В одном из вариантов осуществления настоящего изобретения источник 118 электропитания представляет собой один или более 15-вольтных аккумуляторов постоянного тока, генераторов и т.п. Опционально источник 118 электропитания может включать кабельное соединение с одним или более генераторами, аккумуляторами, конденсаторами, маховиками, сетями энергоснабжения и аналогичными системами, расположенными на поверхности или над поверхностью. В другом аспекте настоящего изобретения источник 118 электропитания может обеспечивать напряжение от 10 до 16 В (или другое значение) и/или ток от 0,5 до 1 А (или другое значение) для снабжения датчиков 114, 116 электрической энергией.

Блоки 104 связи представляют собой одно или более устройств связи, которые используются датчиками 114, 116 для передачи данных в вычислительный узел 108. Блоки 104 связи могут представлять собой один или более кабелей 120, имеющих один или более каналов связи. Кабели 120 могут включать модульный электрически связанный кабельный узел (modular electrically connected cable assembly, "МЕССА"), который соединяет вычислительный узел с датчиками 114, 116. Датчики 114, 116 могут передавать данные, сформированные посредством датчиков 114, 116, в виде пакетов данных. Альтернативно кабели 120 могут включать кабели или среду передачи данных другого типа, и/или обмен данными по кабелям 120 может выполняться методом, который не подразумевает использование пакетов данных. В еще одном из вариантов осуществления настоящего изобретения блоки 104 связи могут включать одно или более беспроводных соединений между датчиками 114, 116 и вычислительным узлом 108. Датчики

114, 116 могут обмениваться данными с вычислительным узлом 108 беспроводным образом. В одном из вариантов осуществления настоящего изобретения блоки 104, дополнительно или альтернативно, сконфигурированы для связи по стандарту Ethernet.

Канал связи может представлять собой одиночный кабель, одиночную частоту, полосу частот или другие элементы, которые используют для передачи данных из датчиков 114, 116 в вычислительный узел 108. В одном из аспектов настоящего изобретения датчики 114, 116 могут совместно использовать один канал данных (например, общий канал данных) для обмена различными данными, сформированными посредством датчиков 114, 116, с вычислительным узлом 108.

При функционировании датчики 114, 116 измеряют характеристики окружения узла 200 буровой штанги (например, отраженные радиолокационные сигналы, магнитные поля, ускорения и т.п.) и формируют данные, представляющие эти характеристики для вычислительного узла 108. Датчики 114, 116 могут формировать эти данные и обмениваться ими одновременно с прохождением бурового наконечника узла 200 буровой штанги через породу для бурения скважины. Вычислительный узел 108 может формировать статичные или видеоизображения с использованием данных из датчиков 114, 116, в результате чего оператор 110 буровой установки может визуальное контролировать месторасположение узла 200 буровой штанги и/или бурового наконечника относительно целевых объектов, препятствий и т.п.

На фиг. 2 проиллюстрирован узел 200 буровой штанги из состава системы 100 датчиков в соответствии с одним из вариантов осуществления настоящего изобретения. Узел 200 буровой штанги включает один или более цилиндрических сегментов 202, соединенных друг с другом и с буровым наконечником 204. Буровой наконечник 204 может включать буровую головку 206, которая приводится во вращение буровым двигателем 208 из состава бурового наконечника 204 для бурения через породу и формирования скважины. В проиллюстрированном примере узел 200 буровой штанги имеет удлиненную форму и расположен между дальним концом 210, который осуществляет бурение скважины, и противоположным, ближним концом 212. Внутрискважинное оборудование 106 расположено ближе к дальнему концу 210 бурового наконечника 204, чем к ближнему концу 212. К примеру, датчики 114, 116 (показанные на фиг. 1) могут быть расположены на расстоянии 2-3 м от бурового наконечника 204 и/или дальнего конца 210 узла 200 буровой штанги, благодаря чему данные, формируемые датчиками 114, 116, будут являться представлением месторасположения и/или ориентации бурового наконечника 204. Альтернативно в вычислительный узел 108 (показанный на фиг. 1) может быть предоставлена информация о расстоянии между датчиками 114, 116 и буровым наконечником 204, благодаря чему он может формировать статичные и/или видеоизображения и использовать это расстояние для поправки месторасположения и/или ориентации, полученных из данных датчиков, чтобы эти статичные и/или видеоизображения более точно отражали месторасположение бурового наконечника 204.

Узел 200 буровой штанги также может включать внутрискважинный кожух, или внутрискважинный корпус 205. В проиллюстрированном варианте осуществления настоящего изобретения внутрискважинный кожух 205 имеет удлиненную форму и располагается между дальним концом 214 и противоположным ему, ближним концом 216. Дальний конец 214 может располагаться встык с дальним концом 210 узла 200 буровой штанги, а ближний конец 216 может располагаться встык с ближним концом 212 узла 200 буровой штанги. Дальний конец 214 кожуха 205 может быть расположен ближе к дальнему концу 210 узла 200 буровой штанги, чем к ближнему концу 212 узла 200 буровой штанги, а ближний конец 216 кожуха 205 может быть расположен ближе к ближнему концу 212 узла 200 буровой штанги, чем к дальнему концу 210 узла 200 буровой штанги.

Фиг. 3 представляет собой схематичный вид одного из вариантов осуществления внутрискважинного оборудования 300. Внутрискважинное оборудование 300, показанное на фиг. 3, может представлять собой внутрискважинный кожух 205, показанный на фиг. 2. Внутрискважинное оборудование 300 включает единый внешний кожух, или корпус 302 (т.е. кожух, или корпус 302, является вариантом осуществления кожуха 205, показанного на фиг. 2) с одним или более навигационными датчиками 304 (обозначены "МАГ" на фиг. 3) и одним или более радиолокационными датчиками 306 (обозначены "РАДАР" на фиг. 3), которые установлены в кожухе 302 и защищены им. Один или более навигационных датчиков 304 могут представлять собой навигационные датчики 114, показанные на фиг. 1. К примеру, навигационные датчики 304 могут включать один или более магнитометрических датчиков, один или более акселерометрических датчиков и т.п. Один или более радиолокационных датчиков 306 могут представлять собой один или более радиолокационных датчиков 116, показанных на фиг. 1. Источник 308 электропитания (обозначен "ГЕН+БАТ" на фиг. 3), например источник 118 электропитания, показанный на фиг. 1, может быть расположен в кожухе 302.

Кожух 302 опционально может включать свободное пространство 310. Это пространство 310 может отделять датчики 304, 306 друг от друга в целях ослабления или уничтожения взаимных помех между датчиками 304, 306. Альтернативно в пространстве 310 могут быть расположены один или более других компонентов.

Кожух 302 может представлять собой единое тело, расположенное вокруг датчиков 304, 306, источника 308 электропитания, пространства 310 и других элементов и содержащее эти элементы внутри себя. В одном из вариантов осуществления настоящего изобретения кожух 302 может быть составлен не из

двух или более отдельных тел, расположенных на расстоянии друг от друга. К примеру, кожух 302 может быть составлен из двух или более тел, соединенных друг с другом. Кожух 302 имеет удлиненную форму и расположен между дальним концом 312 и противоположным ему ближним концом 314. Дальний конец 312 может представлять собой дальний конец внутрискважинного оборудования 106, показанный на фиг. 2, а ближний конец 314 может представлять собой ближний конец 216 внутрискважинного оборудования 106.

Фиг. 4 представляет собой схематичный вид другого варианта осуществления внутрискважинного оборудования 400. Внутрискважинное оборудование 400, показанное на фиг. 4, может представлять собой внутрискважинный кожух 205, показанный на фиг. 2. Внутрискважинное оборудование 400 включает несколько отдельных внешних кожухов, или корпусов 402, 404, с одним или более навигационными датчиками 406 (обозначены "МАГ" на фиг. 4) и одним или более радиолокационными датчиками 408 (обозначены "РАДАР" на фиг. 4), которые установлены в кожухах 402, 404 и защищены ими. Один из вариантов реализации для комбинации кожухов 402, 404 может иметь вид кожуха 205, показанного на фиг. 2.

Один или более навигационных датчиков 406 могут представлять собой навигационные датчики 114, показанные на фиг. 1, а один или более радиолокационных датчиков 408 могут представлять собой один или более радиолокационных датчиков 116, показанных на фиг. 1.

Источники 410 (обозначены "БАТ" на фиг. 4) и 412 (обозначены "ГЕН+БАТ" на фиг. 4) электропитания, например два или более источников 118 электропитания, показанных на фиг. 1, могут быть заключены в кожухах 402, 404. В одном из аспектов настоящего изобретения источник 410 электропитания может быть 3,7-вольтовым аккумулятором постоянного тока (а также аккумулятором, или источником электропитания, другого типа), обеспечивающим электрической энергией один или более навигационных датчиков в кожухе 402, тогда как источник 412 электропитания может обеспечивать электрической энергией один или более радиолокационных датчиков в кожухе 404. Один или более корпусов 402, 404 могут включать свободное пространство 414, аналогичное пространству 310, показанному на фиг. 3.

Кожухи 402, 404 могут представлять собой два или более тел, расположенных вокруг датчиков 304, 306, источника 308 электропитания, пространства 310 и других элементов и содержащих эти элементы внутри себя. В одном из вариантов осуществления настоящего изобретения один или более навигационных датчиков 406, пространство 414 и источник 410 электропитания расположены внутри кожуха 402, тогда как один или более радиолокационных датчиков 408 и источник 412 электропитания расположены внутри кожуха 404. Альтернативно один или более датчиков 406, 408, источники 410, 412 электропитания и/или пространство 414 могут располагаться во втором из кожухов 402, 404. На иллюстрации внутрискважинное оборудование 400 показано как включающее два кожуха 402, 404, однако альтернативно внутрискважинное оборудование 400 может включать более двух кожухов 402, 404.

Кожух 402 может быть назван дальним кожухом, поскольку кожух 402 расположен ближе к дальнему концу 210 узла 200 буровой штанги, показанному на фиг. 2, чем кожух 404. Кожух 404 может быть назван ближним кожухом, поскольку кожух 404 расположен ближе к ближнему концу 212 узла 200 буровой штанги, показанному на фиг. 2, чем кожух 402. Кожух 402 имеет удлиненную форму и расположен между дальним концом 416 и противоположным ему, ближним концом 418. Дальний конец 416 дальнего кожуха 402 может представлять собой дальний конец 214 внутрискважинного оборудования 106, показанного на фиг. 2. Кожух 404 имеет удлиненную форму и расположен между дальним концом 420 и противоположным ему, ближним концом 422. Ближний конец 422 ближнего кожуха 404 может представлять собой ближний конец 216 внутрискважинного оборудования 106.

В данном рассмотренном варианте осуществления настоящего изобретения один или более навигационных датчиков 406 размещены ближе к дальнему концу 210 и буровому наконечнику 204 узла 200 буровой штанги, показанным на фиг. 2, чем один или более радиолокационных датчиков 408. Альтернативно один или более радиолокационных датчиков 408 могут быть размещены ближе к дальнему концу 210 и буровому наконечнику 204 узла 200 буровой штанги, показанным на фиг. 2, чем один или более навигационных датчиков 406.

Ближний конец 418 дальнего кожуха 402 может располагаться встык с дальним концом 420 ближнего кожуха 404. Кожухи 402, 404 могут быть разнесены друг от друга, то есть ближний конец 418 дальнего кожуха 402 может не быть сопряжен или может не находиться в контакте с дальним концом 420 ближнего кожуха 404. Альтернативно ближний конец 418 дальнего кожуха 402 может быть сопряжен или может находиться в контакте с дальним концом 420 ближнего кожуха 404. Между кожухами 402, 404 могут быть проложены один или более кабелей 424. Кабель 424, показанный на фиг. 4, может представлять собой один или более кабелей 120, показанных на фиг. 1. В одном из вариантов осуществления настоящего изобретения кабель 424 может представлять собой кабельный узел МЕССА, способный передавать данные от одного или более датчиков 406, 408 в вычислительный узел 108 (показанный на фиг. 1) (и/или между датчиками 406, 408), со скоростью, составляющей по меньшей мере 38 кбит/с (или другой скоростью). Кабель 424 может быть подключен к вычислительному узлу 108 или может быть подключен к одному или более другим кабелям, подключенным, в свою очередь, к вычислительному узлу 108.

Фиг. 5 представляет собой схематичный вид другого варианта осуществления внутрискважинного

оборудования 500. Внутрискважинное оборудование 500, показанное на фиг. 5, может представлять собой внутрискважинное оборудование 106, показанное на фиг. 1 и 2. Аналогично внутрискважинному оборудованию 400, внутрискважинное оборудование 500 включает несколько отдельных внешних кожухов, или корпусов 502, 504 с одним или более навигационными датчиками 506 (обозначены "МАГ" на фиг. 4) и одним или более радиолокационными датчиками 408 (обозначены "РАДАР" на фиг. 4), а также с одним или более источниками 510, 512 электропитания (обозначены "ПИТАНИЕ" и "БАТ" на фиг. 5). Один или более навигационных датчиков 506 могут представлять собой один или более навигационных датчиков 406, показанных на фиг. 4, а один или более радиолокационных датчиков 508 могут представлять собой один или более радиолокационных датчиков 408, показанных на фиг. 4, источник 510 электропитания может представлять собой источник 410 электропитания, показанный на фиг. 4, а источник 512 электропитания может представлять собой источник 412 электропитания, показанный на фиг. 4.

Кожухи 502, 504 могут быть соединены одним или более промежуточными компонентами 524, например одним или более кожухами, одним или более кабелями и т.п. Альтернативно кожухи 502, 504 могут не быть соединены какими-либо дополнительными компонентами или элементами (телами). В отличие от внутрискважинного оборудования 400, показанного на фиг. 4, кожух 502 внутрискважинного оборудования 500, проиллюстрированного на фиг. 5, может включать один или более радиолокационных датчиков 508 и может быть расположен ближе к дальнему концу 210 и буровому наконечнику 204 узла 200 буровой штанги, показанного на фиг. 2, чем кожух 504, содержащий один или более навигационных датчиков 506.

Кожухи 205, 302, 402, 404, 502, 504, показанные на фиг. 2-5, могут быть размещены внутри узла 200 буровой штанги, то есть внешние поверхности кожухов могут не являться частью внешней поверхности узла 200 буровой штанги. Узел 200 буровой штанги может иметь внешнюю стенку (например, стенку цилиндрической формы), то есть описанные выше кожухи или кожухи могут быть размещены внутри внешней стенки узла 200 буровой штанги и быть охваченными ей. Альтернативно один или более кожухов могут быть расположены внутри узла 200 буровой штанги, однако могут при этом формировать часть внешней поверхности узла 200 буровой штанги. Например, внешняя поверхность одного или более кожухов может составлять часть внешней поверхности узла 200 буровой штанги.

На фиг. 6 показан вид в поперечном разрезе для одного из вариантов осуществления узла 700 буровой штанги. Узел 700 буровой штанги может представлять собой узел 200 буровой штанги, показанный на фиг. 2. К примеру, вид в поперечном разрезе узла 700 буровой штанги может соответствовать разрезу по линии А-А на фиг. 2. Узел 700 буровой штанги включает внешнюю поверхность 702, в которой выполнено пропускающее окно 706. Пропускающее окно 706 может быть выполнено из материала, который отличается от материала, использованного для (формирования) внешней поверхности. К примеру, пропускающее окно 706 может быть выполнено из диэлектрического материала, тогда как внешняя поверхность может быть выполнена из металла или металлического сплава. Пропускающее окно 706 слабее отражает (или совсем не отражает) электромагнитные волны, излучаемые радиолокационным датчиком, чем материал внешней поверхности 702.

Антенна 704 одного или более радиолокационных датчиков 116 может быть расположена внутри узла 700 буровой штанги. Антенна 704 размещена на расстоянии от окна 706 и направлена таким образом, чтобы излучать электромагнитные волны через окно 706 и принимать отраженный сигнал волн обратного рассеяния через окно 706 для формирования радиолокационных данных.

На фиг. 7 показан вид в поперечном разрезе для другого варианта осуществления узла 800 буровой штанги. Узел 800 буровой штанги может представлять собой узел 200 буровой штанги, показанный на фиг. 2. К примеру, вид в поперечном разрезе узла 800 буровой штанги может соответствовать разрезу по линии А-А на фиг. 2. Узел 800 буровой штанги включает внешнюю поверхность 802, в которой выполнено отверстие 806.

Антенна 804 одного или более радиолокационных датчиков 116 может быть расположена у отверстия 806 узла 800 буровой штанги. Антенна 804 может располагаться в отверстии 806, то есть антенна 804 может представлять собой пропускающее окно узла 800 буровой штанги. В одном из аспектов настоящего изобретения антенна 804 может быть заключена в корпусе или иным образом закрыта защитным материалом, которым заполнено отверстие 806. К примеру, антенна 804 может располагаться внутри блока из диэлектрического материала, которым заполнено отверстие 806. Антенна 804 может излучать электромагнитные волны в направлении из узла 800 буровой штанги и принимать отраженный сигнал волн обратного рассеяния для формирования радиолокационных данных.

На фиг. 8 показан вид в поперечном разрезе для еще одного из вариантов осуществления узла 900 буровой штанги. Узел 900 буровой штанги может представлять собой узел 200 буровой штанги, показанный на фиг. 2. К примеру, вид в поперечном разрезе узла 900 буровой штанги может соответствовать разрезу по линии А-А на фиг. 2. Узел 900 буровой штанги включает антенну 902, которая составляет часть внешней округлой поверхности узла 900 буровой штанги. К примеру, антенна 902 может иметь форму кольца, цилиндра или трубки и может занимать всю верхнюю поверхность узла 900 буровой штанги вдоль линии А-А. Альтернативно антенна 902 может иметь дугообразную форму и составлять лишь часть поверхности узла 900 буровой штанги по линии А-А, не занимая всю поверхность. В одном

из аспектов настоящего изобретения антенна 902 может быть заключена в корпус или иным образом закрыта защитным материалом, например диэлектрическим материалом. Антенна 902 может излучать электромагнитные волны в направлении от узла 900 буровой штанги и принимать отраженный сигнал волн обратного рассеяния для формирования радиолокационных данных.

На фиг. 9 показан один из вариантов осуществления буровой системы 1000 в работе. Буровая система 1000 включает узел 200 буровой штанги, функционально соединенный с буровой установкой 1016. Буровая установка 1016 может управлять работой узла 200 буровой штанги, например за счет наличия в ее составе вычислительного узла 108 или иного устройства, управляющего направлением, в котором узел 200 буровой штанги осуществляет бурение скважины 1018 под поверхностью 1006, например под поверхностью земли. Вычислительный узел 108, показанный на фиг. 1, может быть расположен на борту буровой установки 1016 или в ином месторасположении.

В ходе бурения скважины 1018 навигационные датчики 114 (показанные на фиг. 1) могут определять ориентацию бурового наконечника 204 (показан на фиг. 2) из состава узла 200 буровой штанги, собственно узла 200 буровой штанги и/или датчиков 114. К примеру, навигационные датчики 114 могут включать магнитометры, которые определяют собственную ориентацию относительно направления 1014 внешнего магнитного поля, например магнитного поля Земли. Навигационные датчики 114 могут включать акселерометры, которые определяют отклонение датчиков 114, например поворот датчиков вокруг продольной, поперечной и вертикальной осей, например поворот относительно одной или более осей x, y и z, показанных на фиг. 10, или других осей. Ориентация датчиков 114 может отражать ориентацию бурового наконечника 204 и/или узла 200 буровой штанги. Датчики 114 могут обмениваться данными, которые являются представлением упомянутой ориентации, с вычислительным узлом 108 по одному или более кабелей 120, одновременно с бурением скважины 1018 посредством узла 200 буровой штанги.

Один или более радиолокационных датчиков 116 могут излучать электромагнитные волны 1012 в пространство под поверхностью 1006, которое расположено вне узла 200 буровой штанги. Волны 1012 могут отражаться от объектов 1002 (например, месторождений полезных ископаемых, газовых залежей и т.п.) и/или от поверхностей раздела между объектами 1002 и породой, в которой эти объекты находятся (например, грунт, почва, скальная порода и т.п.). Отраженные волны могут регистрироваться радиолокационными датчиками 116 в виде отраженных сигналов обратного рассеяния. На основе времени пролета одной или более волн 1012 (например, времени между передачей волны 1012 и приемом отраженного сигнала этой волны 1012) радиолокационные датчики 116 могут формировать радиолокационные данные. Радиолокационные данные могут давать информацию о том, насколько далеко объекты 1002 расположены от радиолокационных датчиков 116 (и/или узла 200 буровой штанги), благодаря чему могут быть определены месторасположения, размеры или другие параметры объектов 1002. Аналогично данным, предоставляемым навигационными датчиками 114, формирование и передача в вычислительный узел 102 радиолокационных данных может выполняться одновременно с бурением скважины 1004 посредством бурового наконечника 204 узла 200 буровой штанги.

Вычислительный узел 108 принимает данные от датчиков 114, 116 и может формировать одно или более изображений или видеоизображений, отражающих месторасположение объектов 1002. В некоторых из вариантов осуществления настоящего изобретения объектами 1002 могут быть препятствия, падения в которые оператор 110 буровой системы 100 стремится избежать, например взрывоопасные газовые залежи, минеральные отложения, которые могут повредить буровой наконечник и т.п. Оператор 110 может использовать эти изображения и/или видеоизображения для направления узла 200 буровой штанги в сторону от препятствий. К примеру, если буровой наконечник 204 бурит скважину 1018 в направлении 1008, ведущем к препятствию 1002, оператор 110 может обнаружить препятствие 1002 посредством вычислительного узла 108 и изменить направление бурения. Оператор 110 может перенаправить буровой наконечник 204 и начать бурение в новом, отличающемся направлении 1010, которое ведет в сторону от препятствия. Опционально одним или более из объектов 1002 могут быть месторождения полезных ископаемых, к которым оператору 110 буровой системы 1000 необходимо пробурить скважину. Оператор 110 может использовать статичные и/или видеоизображения для направления узла 200 буровой штанги в сторону месторождения.

На фиг. 11 проиллюстрирована графическая индикация 1100 в вычислительном узле 108, показанном на фиг. 1, в соответствии с одним из вариантов осуществления настоящего изобретения. Опционально индикация 1100 может отображаться на другом вычислительном узле, дисплейном устройстве и т.п. Индикация 1100 является примером изображений и/или видеоизображений, представляющих радиолокационные данные и данные ориентации (например, данные магнитометрических датчиков, акселерометров и т.п.), полученные посредством системы 100 датчиков, показанной на фиг. 1. Индикация 1100 может формироваться вычислительным узлом 108 с использованием радиолокационных данных и/или данных ориентации в ходе бурения скважины.

Индикация 1100 включает несколько радиолокационных изображений (например, изображений 1102A-F), являющихся представлениями радиолокационных данных, полученных радиолокационными датчиками, или датчиками 116. Одно или более радиолокационных изображений 1102 (например, изображение 1102C) может быть выбрано (например, с использованием такого устройства ввода из состава

вычислительного узла 108, как клавиатура, электронная мышь, электронное перо, сенсорный экран и т.п.) в качестве выбранного изображения 1102F. Выбранное изображение 1102 может быть показано в укрупненном виде, в соответствии с иллюстрацией на фиг. 11.

Радиолокационные изображения 1102 являются представлением отраженных сигналов, зарегистрированных радиолокационным датчиком или датчиками 116. Индикация 1100 также включает объект 1104 траектории, который является представлением того, где двигался, движется и/или будет двигаться узел 200 буровой штанги (показанный на фиг. 2) под поверхностью в ходе бурения скважины. Объект 1104 траектории может быть сформирован на основе данных ориентации, предоставляемых навигационным датчиком или датчиками 114.

Вычислительный узел 108 может анализировать радиолокационные данные и определять месторасположение поверхности 1106 раздела между двумя или более различными породами (и/или между породой и пустым пространством) под поверхностью вне формируемой скважины. К примеру, поверхность 1106 может представлять собой потолок или верхнюю часть угольного пласта). Вычислительный узел 108 может отображать поверхность 1106 раздела на дисплее 1100 в месторасположениях, выбор которых основан на расположении объекта 1106 траектории и на дальности распространения электромагнитных волн, излученных радиолокационным датчиком или датчиками 116, до их обратного рассеяния в сторону радиолокационного датчика или датчиков 116.

Индикация 1100 может отображаться для иллюстрации радиолокационных данных и/или данных ориентации в ходе выборочной разведки породы в окрестности пробуриваемой скважины. Выборочная разведка может подразумевать получение радиолокационных данных в отдельные моменты времени, а не непрерывно. Результатом подобной выборочной регистрации радиолокационных данных являются отдельные сформированные радиолокационные изображения 1102, которые не связаны друг с другом. Радиолокационные изображения 1102 показаны на индикации 1100 в месторасположениях, соответствующих точкам на траектории узла 200 буровой штанги, где соответствующие радиолокационные данные были получены. Поскольку в некоторых точках на траектории узла 200 буровой штанги радиолокационные данные могут не регистрироваться, то радиолокационные изображения 1102 для этих точек по длине объекта 1104 траектории не будут сформированы.

На фиг. 12 проиллюстрирована графическая индикация 1200 в вычислительном узле 108, показанном на фиг. 1, в соответствии с одним из вариантов осуществления настоящего изобретения. Опционально индикация 1200 может отображаться на другом вычислительном узле, дисплейном устройстве и т.п. Индикация 1200 является примером статичных и/или видеоизображений, представляющих радиолокационные данные и данные ориентации (например, данные с магнитометрических датчиков, акселерометров и т.п.), полученные посредством системы 100 датчиков, показанной на фиг. 1. Индикация 1200 может формироваться вычислительным узлом 108 с использованием радиолокационных данных и/или данных ориентации в ходе бурения скважины.

В отличие от индикации 1300, индикация 1200 включает непрерывно обновляемое радиолокационное изображение 1202. В отличие от выборочной разведки, проиллюстрированной на дисплее 1300 фиг. 11, радиолокационный датчик или датчики 116 могут периодически, или непрерывно, получать радиолокационные данные в ходе бурения скважины. В результате радиолокационное изображение 1202 будет представлять собой непрерывную разведку и располагаться на индикации 1200 вдоль всего объекта 1204 траектории узла 200 буровой штанги или его большей части. Часть радиолокационного изображения 1202 может быть выбрана (например, с использованием такого устройства ввода из состава вычислительного узла 108 как клавиатура, электронная мышь, электронное перо, сенсорный экран и т.п.) в качестве выбранного изображения 1202F, которое может быть показано в укрупненном виде, в соответствии с иллюстрацией на фиг. 12.

На фиг. 10 показана блок-схема алгоритма для одного из вариантов осуществления способа 1100 формирования навигационных данных для буровой системы. Способ 1100 может применяться в буровой системе 1000, показанной на фиг. 9, и/или в системе 100 буровых датчиков, показанной на фиг. 1. На шаге 1102 в породе под поверхностью посредством узла буровой штанги бурят скважину. Например, буровой наконечник 204 узла 200 буровой штанги, показанного на фиг. 2, может бурить скважину 1018 (показана на фиг. 9) в грунте. На шаге 1104 электромагнитные волны излучают из одного или более радиолокационных датчиков, расположенных на и/или в узле буровой штанги. Волны, отраженные от объектов, поверхностей раздела с объектами и породой, окружающей объект, и других элементов принимают посредством одного или более радиолокационных датчиков. Излучение волн и прием отраженного сигнала может осуществляться одновременно с бурением скважины 1018.

На шаге 1106 на основе переданных и/или принятых отраженных сигналов формируют радиолокационные данные. Радиолокационные данные могут указывать на время пролета волн, амплитуды (например, уровни) отраженных сигналов, расстояния до объектов и/или поверхностей раздела и т.п. На шаге 1108 определяют ориентацию одного или более навигационных датчиков, которые расположены на и/или в узле буровой штанги. Ориентация может включать наклон датчика, узла буровой штанги, бурового наконечника или другого элемента и/или ориентацию датчика, узла буровой штанги, бурового наконечника или другого элемента относительно магнитного поля, например магнитного поля Земли. На

шаге 1110 могут быть сформированы данные ориентации, которые являются представлением ориентации. Навигационные датчики могут формировать данные ориентации в ходе бурения скважины посредством узла буровой штанги. В одном из вариантов осуществления настоящего изобретения волны излучают, отраженный сигнал волн принимают, ориентацию определяют и/или данные ориентации формируют одновременно друг с другом и/или одновременно с бурением скважины.

На шаге 1112 радиолокационные данные и/или данные ориентации передают из узла буровой штанги в вычислительный узел, расположенный на поверхности или над поверхностью. К примеру, эти данные могут быть переданы в вычислительный узел 108, показанный на фиг. 1, который расположен на борту буровой установки 1016, показанной на фиг. 10, по одному или более кабелям 120 (показаны на фиг. 1), беспроводным образом или иным методом. На шаге 1114 вычислительный узел, в котором приняты радиолокационные данные и/или данные ориентации, может формировать одно или более изображений и/или видеоизображений, отображаемых оператору буровой системы. Эти статические и/или видеоизображения могут отражать месторасположение объектов под поверхностью, благодаря чему оператор будет способен направлять узел буровой штанги в сторону от этих объектов или к этим объектам.

В одном из вариантов осуществления настоящего изобретения система (например, система буровых датчиков) включает радиолокационный датчик и магнитометр. Радиолокационный датчик сконфигурирован для подключения к узлу буровой штанги и/или для размещения внутри узла буровой штанги, имеющего буровой наконечник, сконфигурированный для бурения скважины под поверхностью. Радиолокационный датчик при этом также сконфигурирован для излучения электромагнитной волны и для получения отраженного сигнала электромагнитной волны для формирования радиолокационных данных, представляющих один или более объектов под поверхностью. Магнитометрический датчик сконфигурирован для подключения к узлу буровой штанги и/или для размещения внутри узла буровой штанги, а также для формирования магнитометрических данных, представляющих ориентацию магнитометрического датчика относительно магнитного поля.

В одном из аспектов настоящего изобретения система также может включать вычислительный узел, сконфигурированный для связи с радиолокационным датчиком и магнитометрическим датчиком. Вычислительный узел также может быть сконфигурирован для формирования визуальных данных на основе комбинации радиолокационных данных и магнитометрических данных, при этом визуальные данные представляют пространство под поверхностью и вне скважины.

В одном из аспектов настоящего изобретения вычислительный узел также сконфигурирован для формирования визуальных данных одновременно с бурением скважины под поверхности посредством бурового наконечника.

В одном из аспектов настоящего изобретения система может также включать кабель связи, сконфигурированный для соединения радиолокационного датчика и магнитометрического датчика с вычислительным узлом по общему каналу связи кабеля связи.

В одном из аспектов настоящего изобретения радиолокационный датчик может быть сконфигурирован для формирования радиолокационных данных, а магнитометрический датчик может быть сконфигурирован для формирования магнитометрических данных одновременно с бурением скважины под поверхностью посредством бурового наконечника. Например, радиолокационный датчик может формировать радиолокационные данные, а магнитометрический датчик может формировать магнитометрические данные одновременно с бурением скважины.

В одном из аспектов настоящего изобретения система также включает акселерометрический датчик, сконфигурированный для подключения к узлу буровой штанги и/или для размещения внутри узла буровой штанги, при этом акселерометрический датчик также сконфигурирован для формирования данных ускорения, представляющих наклон акселерометрического датчика.

В одном из аспектов настоящего изобретения радиолокационный датчик может включать радиолокационный датчик подповерхностного зондирования, сконфигурированный для излучения электромагнитной волны, проникающей через материал под поверхностью.

В одном из аспектов настоящего изобретения система также может включать единый кожух, сконфигурированный для размещения внутри узла буровой штанги. Радиолокационный датчик и магнитометрический датчик могут быть сконфигурированы для размещения внутри упомянутого единого кожуха.

В одном из аспектов настоящего изобретения система также может включать первый кожух и второй кожух, отдельный от первого кожуха. Первый и второй кожух могут быть сконфигурированы для размещения внутри узла буровой штанги, при этом радиолокационный датчик сконфигурирован для размещения внутри первого кожуха, а магнитометрический датчик сконфигурирован для размещения внутри второго кожуха.

В одном из аспектов настоящего изобретения радиолокационный датчик и магнитометрический датчик могут быть сконфигурированы для размещения в скважине под поверхностью, в то время как радиолокационный датчик формирует радиолокационные данные, а магнитометрический датчик формирует магнитометрические данные.

В одном из аспектов настоящего изобретения узел буровой штанги может иметь дальний конец и ближний конец, причем дальний конец включает буровой наконечник и сконфигурирован для бурения

скважины под поверхностью, а ближний конец сконфигурирован для функционального подключения к буровой установке над поверхностью. Радиолокационный датчик и магнитометрический датчик могут быть сконфигурированы для расположения ближе к дальнему концу узла буровой штанги, чем к ближайшему концу узла буровой штанги.

В другом варианте осуществления настоящего изобретения способ (например, способ формирования навигационных данных для буровой системы) включает формирование радиолокационных данных, представляющих один или более объектов под поверхностью по меньшей мере частично на основе отраженного сигнала, принятого радиолокационным датчиком, подключенным к узлу буровой штанги и/или размещенным внутри узла буровой штанги, имеющего буровой наконечник, сконфигурированный для бурения скважины под поверхностью. Способ также включает формирование магнитометрических данных, представляющих ориентацию магнитометрического датчика относительно магнитного поля, при этом магнитометрические данные формируются посредством магнитометрического датчика, подключенного к узлу буровой штанги и/или размещенного внутри узла буровой штанги.

В одном из аспектов настоящего изобретения способ также может включать формирование визуальных данных на основе комбинации радиолокационных данных и магнитометрических данных. Визуальные данные могут представлять пространство под поверхностью и вне скважины.

В одном из аспектов настоящего изобретения визуальные данные могут формироваться одновременно с бурением скважины под поверхностью посредством бурового наконечника.

В одном из аспектов настоящего изобретения способ также может включать передачу радиолокационных данных и магнитометрических данных из радиолокационного датчика и магнитометрического датчика в вычислительный узел, который формирует визуальные данные, по общему каналу связи.

В одном из аспектов настоящего изобретения формирование радиолокационных данных и формирование магнитометрических данных может происходить одновременно с бурением скважины под поверхностью посредством бурового наконечника.

В одном из аспектов настоящего изобретения способ также может включать формирование данных ускорения, представляющих наклон акселерометрического датчика, подключенного к узлу буровой штанги и/или размещенного внутри узла буровой штанги.

В еще одном из вариантов осуществления настоящего изобретения узел (например, узел буровой штанги) включает буровой наконечник и внутрискважинный кожух. Буровой наконечник сконфигурирован для бурения скважины под поверхностью. Внутрискважинный кожух сконфигурирован для соединения с буровым наконечником и включает радиолокационный датчик и магнитометрический датчик. Радиолокационный датчик сконфигурирован для излучения электромагнитной волны и для получения отраженного сигнала электромагнитной волны для формирования радиолокационных данных, представляющих один или более объектов под поверхностью и вне внутрискважинного корпуса. Магнитометрический датчик сконфигурирован для формирования магнитометрических данных, представляющих ориентацию бурового наконечника относительно магнитного поля.

В одном из аспектов настоящего изобретения радиолокационный датчик и магнитометрический датчик могут быть сконфигурированы для связи с вычислительным узлом, который сконфигурирован для формирования визуальных данных на основе комбинации радиолокационных данных и магнитометрических данных. Визуальные данные могут представлять пространство под поверхностью и вне скважины.

В одном из аспектов настоящего изобретения радиолокационный датчик может быть сконфигурирован для формирования радиолокационных данных, а магнитометрический датчик может быть сконфигурирован для формирования магнитометрических данных одновременно с бурением скважины под поверхностью посредством бурового наконечника.

Нужно понимать, что приведенное выше описание является иллюстративным и не ограничивает настоящее изобретение. К примеру, описанные выше варианты осуществления настоящего изобретения (и/или их аспекты) могут использоваться в сочетании друг с другом. При этом, в пределах объема настоящего изобретения, может быть внесено множество изменений для приспособления замысла настоящего изобретения к конкретной ситуации или к конкретным материалам. Размеры и типы материалов, описанные в настоящем документе, даны для определения параметров настоящего изобретения, но никоим образом не ограничивают его и являются всего лишь примерами его осуществления. По прочтении приведенного выше описания специалистами в данной области техники могут быть найдены множество дополнительных вариантов осуществления настоящего изобретения. Соответственно для определения объема настоящего изобретения необходимо обращаться к приложенной формуле изобретения, при этом в объем правовой защиты изобретения попадают все эквиваленты признаков, упомянутых в пунктах формулы изобретения. В приложенной формуле изобретения выражения "включающий" и "в котором" используются как эквиваленты соответствующих терминов "содержащий" и "где". При этом в приведенной ниже формуле изобретения выражения "первый", "второй", "третий" и т.д. используются исключительно как обозначения и не служат для наложения порядковых ограничений на их объекты. Также ограничения приведенных ниже пунктов формулы изобретения не имеют формата "средство плюс функция" и не должны интерпретироваться на основании §112(f) раздела 35 Свода законов США, кроме случаев, когда в ограничениях пункта формулы изобретения явно используется выражение "средство", за которым сле-

дует описание функции без описания структуры.

В настоящем документе для описания нескольких вариантов осуществления, а также для обеспечения возможности их практического применения специалистами в данной области техники, включая создание и использование любых устройств или систем или выполнение способов из состава изобретения, использованы конкретные примеры. Объем правовой защиты настоящего изобретения может включать другие примеры, которые могут быть найдены специалистами в данной области техники. Все такие дополнительные примеры попадают в объем правовой защиты формулы изобретения, если они имеют структурные элементы, не отличающиеся от буквального описания в пунктах формулы изобретения, или если они включают эквивалентные структурные элементы с незначительными отличиями от буквального описания в пунктах формулы изобретения.

В настоящем документе элемент или шаг, упомянутый в единственном числе и которому предшествует выражение "один" или "один из", нужно понимать как не исключающий множества таких элементов или шагов, если только на исключение не указано явно. При этом ссылки на "один из вариантов" или "вариант" осуществления настоящего изобретения не следует интерпретировать как исключающие существование дополнительных вариантов осуществления изобретения, также включающих перечисленные отличительные признаки. Также, если явно не указано обратное, варианты осуществления изобретения, "охватывающие", "включающие" или "имеющие" элемент или множество элементов с конкретным свойством, могут также включать подобные элементы без упомянутого свойства.

Поскольку в описанных выше системах и способах, без выхода за рамки настоящего изобретения, могут быть сделаны определенные изменения, то все изложенное выше, а также проиллюстрированное на приложенных чертежах следует понимать исключительно как примеры, иллюстрирующие замысел настоящего изобретения, а не как ограничение настоящего изобретения.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Система для формирования изображения, представляющего пространство под поверхностью земли, включающая

радиолокационный датчик, сконфигурированный для подключения к буровой штанге и/или для размещения внутри буровой штанги, имеющей буровой наконечник, сконфигурированный для бурения скважины под поверхностью,

при этом радиолокационный датчик сконфигурирован для излучения электромагнитной волны и для получения отраженного сигнала электромагнитной волны для формирования радиолокационных данных, представляющих один или более объектов под поверхностью;

магнитометрический датчик, сконфигурированный для подключения к буровой штанге и/или для размещения внутри буровой штанги,

при этом магнитометрический датчик сконфигурирован для формирования магнитометрических данных, представляющих ориентацию магнитометрического датчика относительно магнитного поля;

вычислительный узел, сконфигурированный для связи с радиолокационным датчиком и магнитометрическим датчиком, при этом вычислительный узел сконфигурирован для

формирования данных о траектории буровой штанги на основании магнитометрических данных,

комбинирования радиолокационных данных и магнитометрических данных путем связывания радиолокационных данных с местоположениями вдоль траектории буровой штанги, где соответствующие радиолокационные данные были получены, и

формирования на основе комбинации радиолокационных данных и магнитометрических данных изображения, содержащего визуализированную траекторию буровой штанги и визуализированные радиолокационные данные, с указанием местоположений на визуализированной траектории, которым соответствуют визуализированные радиолокационные данные.

2. Система по п.1, в которой вычислительный узел сконфигурирован для формирования визуальных данных одновременно с бурением скважины под поверхностью посредством бурового наконечника.

3. Система по любому из предшествующих пунктов, в которой радиолокационный датчик сконфигурирован для формирования радиолокационных данных, а магнитометрический датчик сконфигурирован для формирования магнитометрических данных одновременно с бурением скважины под поверхностью посредством бурового наконечника.

4. Система по любому из предшествующих пунктов, также включающая акселерометрический датчик, сконфигурированный для подключения к буровой штанге и/или для размещения внутри буровой штанги, при этом акселерометрический датчик также сконфигурирован для формирования данных ускорения, представляющих наклон акселерометрического датчика.

5. Система по любому из предшествующих пунктов, также включающая единый кожух, сконфигурированный для размещения внутри буровой штанги, при этом радиолокационный датчик и магнитометрический датчик сконфигурированы для размещения внутри упомянутого единого кожуха.

6. Система по любому из предшествующих пунктов, также включающая первый кожух и второй кожух, отдельный от первого кожуха, при этом первый и второй кожух сконфигурированы для размеще-

ния внутри буровой штанги, и радиолокационный датчик сконфигурирован для размещения внутри первого кожуха, а магнитометрический датчик сконфигурирован для размещения внутри второго кожуха.

7. Система по любому из предшествующих пунктов, в которой радиолокационный датчик и магнитометрический датчик сконфигурированы для размещения в скважине под поверхностью, в то время как радиолокационный датчик формирует радиолокационные данные, а магнитометрический датчик формирует магнитометрические данные.

8. Система по любому из предшествующих пунктов, в которой буровая штанга имеет дальний конец и ближний конец, при этом дальний конец включает буровой наконечник и сконфигурирован для бурения скважины под поверхностью, а ближний конец сконфигурирован для функционального подключения к буровой установке над поверхностью, причем радиолокационный датчик и магнитометрический датчик сконфигурированы для расположения ближе к дальнему концу буровой штанги, чем к ближнему концу буровой штанги.

9. Буровая штанга, включающая

буровой наконечник, сконфигурированный для бурения скважины под поверхностью;

внутрискважинный кожух, сконфигурированный для соединения с буровым наконечником, при этом внутрискважинный кожух включает систему по любому из предшествующих пунктов.

10. Способ формирования изображения, представляющего пространство под поверхностью земли, посредством системы по п. 1, в котором

формируют радиолокационные данные, представляющие один или более объектов под поверхностью, по меньшей мере, частично на основе отраженного сигнала, принятого радиолокационным датчиком, подключенным к буровой штанге и/или размещенным внутри буровой штанги, имеющей буровой наконечник, сконфигурированный для бурения скважины под поверхностью;

формируют магнитометрические данные с использованием магнитометрического датчика, при этом магнитометрические данные формируют посредством магнитометрического датчика, подключенного к буровой штанге и/или размещенного внутри буровой штанги,

при этом формируемые магнитометрические данные представляют ориентацию магнитометрического датчика относительно магнитного поля;

формируют данные о траектории буровой штанги на основании магнитометрических данных;

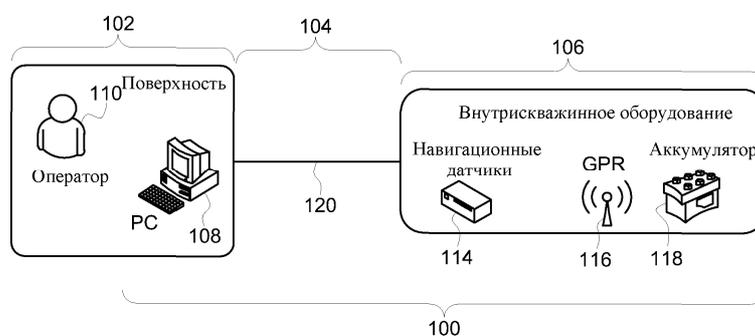
комбинируют радиолокационные данные и магнитометрические данные путем связывания радиолокационных данных с местоположениями вдоль траектории буровой штанги, где соответствующие радиолокационные данные были получены, при этом траектория буровой штанги основана на магнитометрических данных;

формируют на основе комбинации радиолокационных данных и магнитометрических данных изображение, содержащее визуализированную траекторию буровой штанги и визуализированные радиолокационные данные, с указанием местоположений на визуализированной траектории, которым соответствуют визуализированные радиолокационные данные.

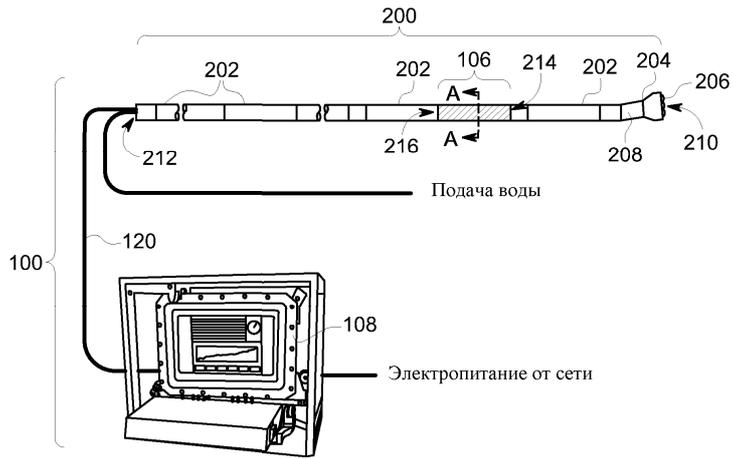
11. Способ по п.10, в котором визуальные данные формируют одновременно с бурением скважины под поверхностью посредством бурового наконечника.

12. Способ по п.10 или 11, в котором также передают радиолокационные данные и магнитометрические данные из радиолокационного датчика и магнитометрического датчика в вычислительный узел, который формирует визуальные данные, по общему каналу связи.

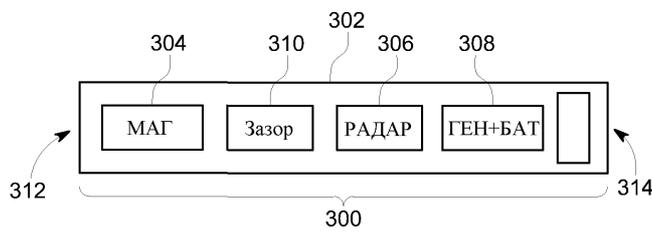
13. Способ по любому из пп.10-12, в котором радиолокационные данные и магнитометрические данные формируют одновременно с бурением скважины под поверхностью посредством бурового наконечника.



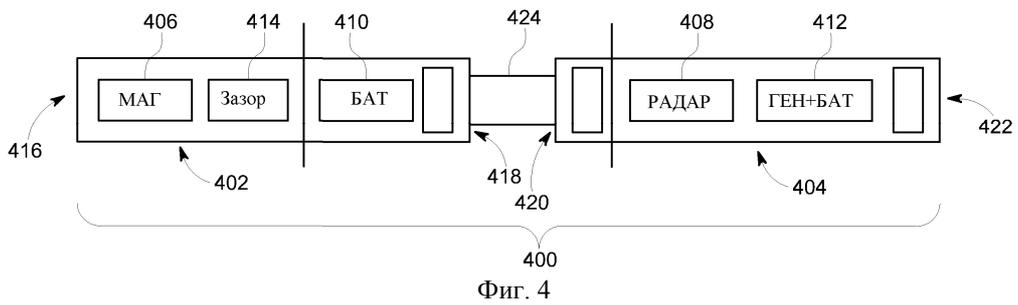
Фиг. 1



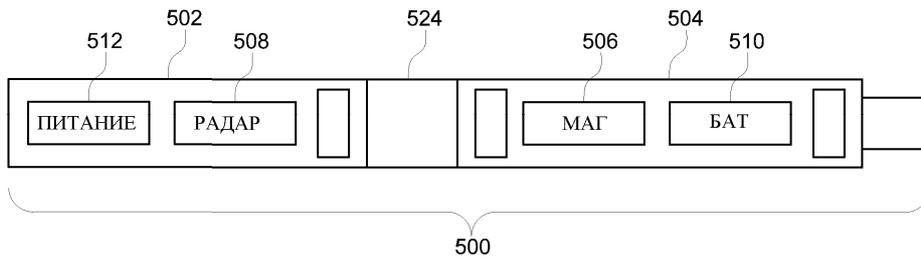
Фиг. 2



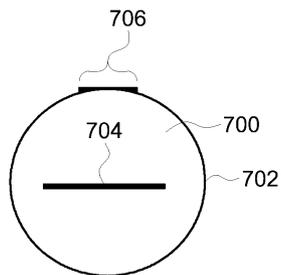
Фиг. 3



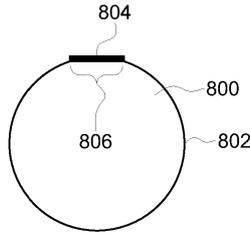
Фиг. 4



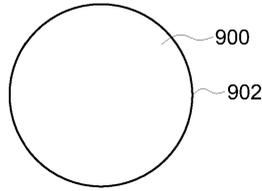
Фиг. 5



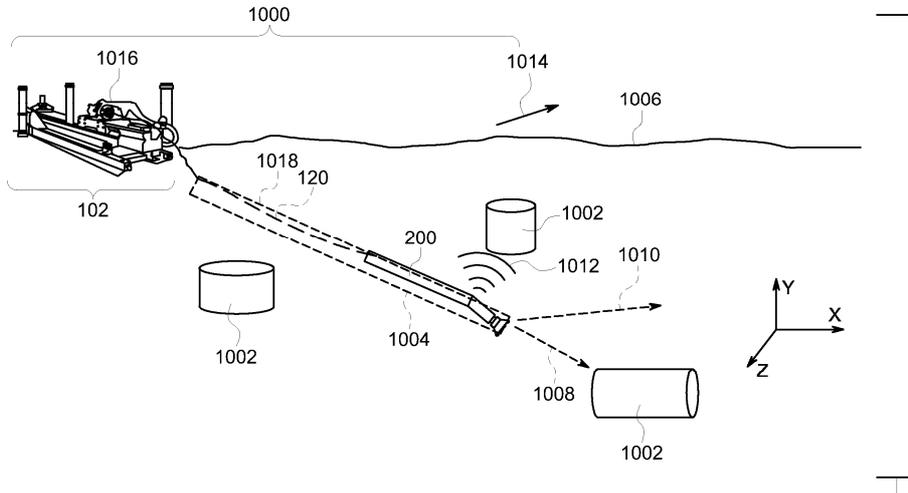
Фиг. 6



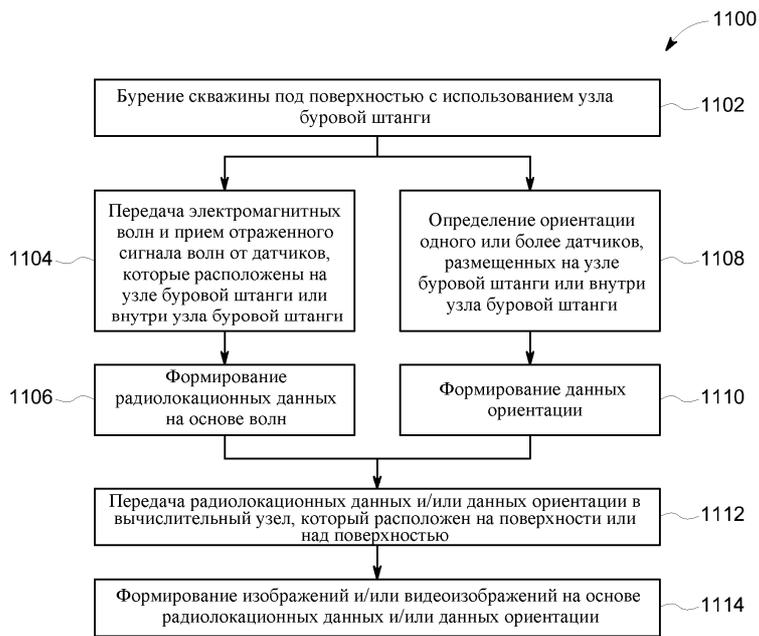
Фиг. 7



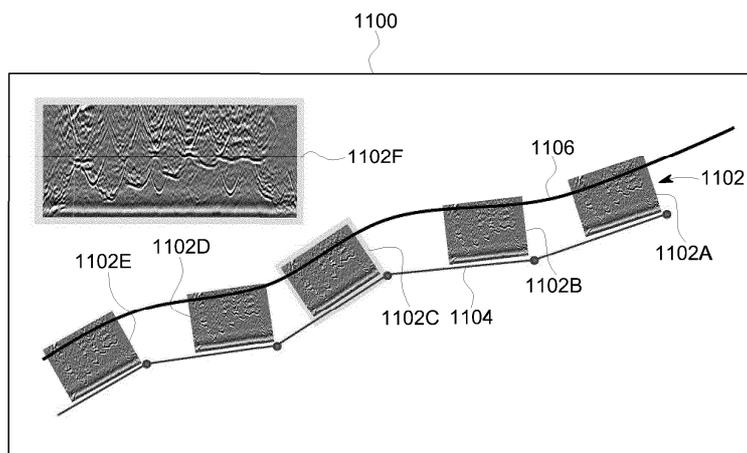
Фиг. 8



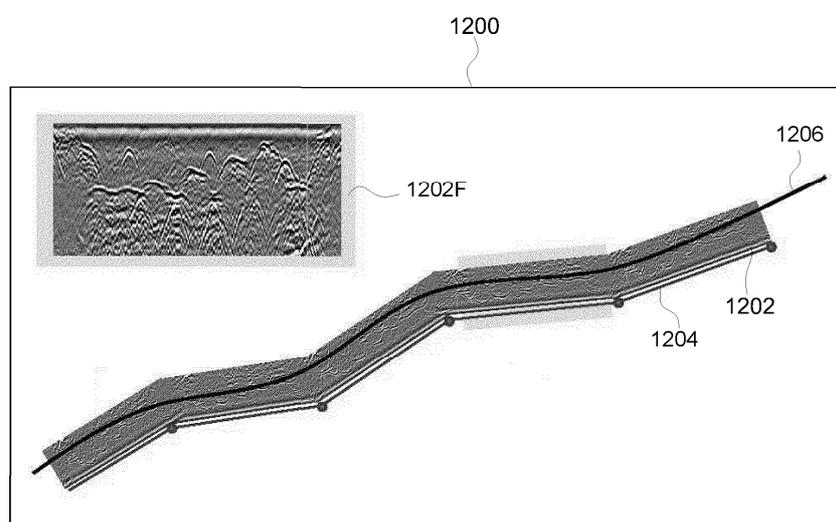
Фиг. 9



Фиг. 10



Фиг. 11



Фиг. 12

