

А. Ю. Чермошенцев¹, М. И. Кузнецов^{1}*

Применение данных дистанционного зондирования при маркшейдерском обеспечении разработки месторождений углеводородного сырья

¹ Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск, Российская Федерация
* e-mail: m4s71.98@gmail.com

Аннотация. При решении маркшейдерских задач на месторождениях углеводородного сырья необходимо обеспечить точность и безопасность выполнения работ. Благодаря техническому прогрессу существенно расширился набор инструментов, позволяющих повысить точность, производительность и безопасность работ. В статье рассматриваются способы маркшейдерского обеспечения разработки и эксплуатации месторождений углеводородного сырья с использованием дистанционного зондирования. Анализируются возможности использования данных, получаемых с различных носителей, для выполнения комплекса маркшейдерских работ.

Ключевые слова: дистанционное зондирование, маркшейдерские работы, месторождения

A. Yu. Chermoshentsev¹, M. I. Kuznetsov^{1}*

Application of Remote Sensing Data in Mine Surveying Support for the Development of Hydrocarbon Deposits

¹ Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation
* e-mail: m4s71.98@gmail.com

Abstract. When solving mine surveying tasks at hydrocarbon deposits, it is necessary to ensure the accuracy and safety of work. Thanks to technical progress, the set of tools has significantly expanded to improve the accuracy, productivity and safety of work. The article discusses methods of mine surveying support for the development and operation of hydrocarbon deposits using remote sensing. The possibilities of using data obtained from various platforms to perform a complex of mine surveying work are analyzed.

Keywords: remote sensing, mine surveying, deposits

Введение

Маркшейдерское обеспечение разработки месторождений углеводородного сырья, такого как нефть, свободный газ и газовый конденсат, имеет важную роль для осуществления безопасного технологического цикла. Решению этой задачи посвящены исследования как методов выполнения маркшейдерских работ, так и создания специальных приборов и оборудования для их производства. Маркшейдерское обеспечение тесно связано с другими видами работ, например, буровыми, геологоразведочными, строительно-монтажными, эксплуатацией объектов обустройства и проектно-изыскательными. Современные методы сбора и об-

работки данных позволяют существенно повысить производительность работ и скорость обработки результатов измерений.

В последнее время большое внимание уделяется обновлению нормативной документации, определяющей технические требования к производству и проектированию работ. Многие из имеющихся документов утратили актуальность в связи с переходом на современное оборудование и методы обработки данных. К разработке нормативно-технической документации должны активно привлекаться не только органы государственной власти, но и предприятия, к сфере деятельности которых относится рассматриваемый вопрос. Примером подобного взаимодействия государственных и производственных структур является Предварительный национальный стандарт Российской Федерации «Нефтяная и газовая промышленность. Маркшейдерское обеспечение поиска, разведки, обустройства и разработки месторождений углеводородного сырья» [1], разработанный с участием таких крупных компаний, как «Газпром нефть», «Роснефть» и «Татнефть». Данный стандарт утвержден и введен в действие в 2022 году и учитывает все современные тенденции развития геопромышленной отрасли. В частности, отмечается перспектива технологий дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), которые находят широкое применение при выполнении работ в различных сферах (инженерные изыскания, геология, мониторинг чрезвычайных ситуаций и др.). Цель статьи заключается в анализе возможностей применения данных дистанционного зондирования для маркшейдерского обеспечения разработки месторождений углеводородного сырья.

Методы и материалы

Маркшейдерское обеспечение включает в себя множество задач, производство которых регулируется различными нормативными документами [1-5]. К таким задачам относятся:

- выполнение установленных законодательством мероприятий по безопасному ведению работ, связанных с пользованием недрами и промышленной безопасности для обеспечения эксплуатации объектов обустройства;
- выполнение комплекса маркшейдерских, геодезических, картографических, топографических, гидрологических работ, обеспечивающих подготовку, ввод в разработку и промышленную разработку месторождения;
- ведение маркшейдерской документации на всех этапах освоения месторождения и ее сохранность;
- контроль пространственного положения объектов систем разработки, обустройства и соответствия проектному положению;
- разработка мер, направленных на своевременное и качественное освоение месторождений, обеспечение безопасного ведения работ, связанных с пользованием недрами, и промышленной безопасности;
- планирование и проектирование маркшейдерских работ;
- совершенствование организации и методов работ на основе широкого внедрения достижений науки и техники, передового опыта.

При разработке месторождений существует два вида контроля операционный и периодический.

Операционный включает в себя следующие виды контроля:

- ведение горных работ в границах лицензированного участков или горных отводов;
- инженерно-геодезические изыскания, инженерно-гидрографические работы, позиционирование морского нефтегазового сооружения, строительномонтажные работы и их соответствие проектной документации;
- пространственное положение оси ствола скважины;
- работы, выполненные подрядными организациями.

Периодическому контролю подлежат:

- маркшейдерская документация;
- здания и сооружения, в том числе опасных производственных объектов, для обеспечения безопасной технической эксплуатации;
- сдвигание и деформация земной поверхности в пределах границ ведения горных работ.

В соответствии с [1], метод измерений и наблюдений (геодезический методы, метод спутниковых измерений или методы дистанционного зондирования) может выбираться исполнителем работ при условии, что он соответствует требованиям к точности измерений, климатическим условиям района и является наиболее выгодным по сравнению с другими. Под данными ДЗЗ как правило понимают лазерное сканирование, космическую съемку и аэрофотосъемку. Каждый из этих методов отличается, в первую очередь, территориальным охватом, а также детальностью получаемых материалов. В соответствии с этим требуется определить задачи, при решении которых методы ДЗЗ могут способствовать оптимизации и повышению безопасности маркшейдерского контроля.

Аэрофотосъемка с применением беспилотных авиационных систем различного типа, на борту которых установлена электронная система управления, барометр, магнитометр, ГНСС-приемник и другое оборудование [6, 7], позволяет получить данные, необходимые для моделирования, анализа, мониторинга, решения вопросов эксплуатации и т.д.

Материалы съемки, получаемые аппаратурой, установленной на борту космических аппаратов, отличается широким охватом [8]. Разрешающая способность снимков, доступных для выполнения производственных работ, пока уступает данным аэрофотосъемки, но высокая периодичность, достигаемая за счет большого числа аппаратов, введенных в эксплуатацию за последние годы, позволяет использовать их для целей мониторинга [9–11].

Активные методы дистанционного зондирования, к которым относятся радиолокационная и лазерно-локационная съемка, позволяют выполнять измерения независимо от погодных условий и времени суток [12, 13]. Кроме того, за счет определения дальности до снимаемого объекта и особенностей взаимодействия сигнала с отдельными частями объекта, появляется возможность создания цифровых моделей рельефа исследуемой территории, а также определения смещений поверхности, произошедших за период между съемками [14].

Результаты

На основании анализа возможностей решения задач маркшейдерского контроля с применением данных дистанционного зондирования Земли была составлена сравнительная таблица.

Таблица 1

Возможности применения данных ДЗЗ для маркшейдерского контроля

Виды маркшейдерского контроля	Предлагаемые методы ДЗЗ			
	Беспилотные авиационные системы	Лазерное сканирование	Космическая съемка (оптическая)	Радиолокационная съемка
Операционный контроль инженерно-геодезических изысканий	+	–	+	–
Операционный контроль ведения горных работ в границах лицензированного участков	+	–	+	–
Периодический контроль зданий и сооружений	–	+	–	+
Периодический контроль сдвижений и деформаций земной поверхности	+	+	–	+

Обсуждение

Данные, полученные методами дистанционного зондирования Земли, могут использоваться для разных целей. При выполнении горных работ происходят изменения на техногенном и антропогенном уровнях, что, несомненно, сказывается на окружающей среде, которые в последствии могут привести к катастрофам и т.д. Поэтому задача операционного и периодического контроля выполне-

ния работ должна решаться с применением технологии, обеспечивающей наиболее точную и оперативную информацию. Наибольшая оперативность на небольших территориях открытых разработок обеспечивается применением беспилотных авиационных систем, однако имеет ряд ограничений по погодным условиям. Этим недостатком лишены лазерные сканеры, обеспечивающие высокую точность измерений вне зависимости от внешних факторов.

Заключение

Методы ДЗЗ внедряются в горную отрасль и позволяют повысить экономическую эффективность и оперативность выполнения работ по операционному контролю состояния месторождений углеводородного сырья.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ПНСТ 657-2022. Нефтяная и газовая промышленность. Маркшейдерское обеспечение поиска, разведки, обустройства и разработки месторождений углеводородного сырья. М., 2022. (Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии).
2. ГОСТ Р 53713-2009. Месторождения нефтяные и газонефтяные. Правила разработки. М., 2009. (Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии).
3. ГОСТ Р 55415-2013. Месторождения газовые, газоконденсатные, нефтегазовые и нефтегазоконденсатные. Правила разработки. М., 2013. (Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии).
4. ГОСТ Р 58942-2020. Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Технологические допуски. М., 2020. (Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии).
5. СП 11-114-2004. Инженерные изыскания на континентальном шельфе для строительства морских нефтегазопромысловых сооружений. М., 2004. (Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии).
6. Шляхова М. М., Дедкова В. В. Контроль состояния защитных сооружений магистральных трубопроводов по материалам аэрофотосъемки с беспилотного воздушного судна ГЕОСКАН 401 // Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли : материалы IX Международной научной конференции. 2022. С. 167–169.
7. Шляхова М. М., Дедкова В. В. Перспективы применения аэросъемок для контроля состояния защитных сооружений магистральных трубопроводов // Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли : материалы VII Международной научной конференции., 2020. С. 316–318.
8. Дедкова В. В., Шляхова М. М. Мониторинг технического состояния магистральных трубопроводов методами дистанционного зондирования // Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли : материалы VII Международной научной конференции. 2020. С. 192–195.
9. Дедкова В. В., Комиссаров А. В. Анализ методов и средств контроля защитных сооружений магистральных трубопроводов // Вестник СГУГиТ. 2020. Т. 25, № 4. С. 77–84.
10. Гордиенко А. С., Ткач А. В. Исследование состояния окружающей среды в районе нефтеразработок по космическим снимкам // Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). 2022. Т. 27, № 6. С. 55-63.
11. Ткач А. В., Гордиенко А. С. Исследование состояния объектов гидрографии в районе нефтеразработок по данным дистанционного зондирования Земли // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2022. Т. 4. С. 15-20.
12. Деменков И. О., Шляхова М. М., Ходаковская Е. О. Сравнительный анализ воздушных лазерных сканеров для мониторинга защитных сооружений магистральных Регулирова-

ние земельно-имущественных отношений в России: правовое и геопрограмственное обеспечение, оценка недвижимости, экология, технологические решения. – 2022. – № 1. – С. 222-225

13. Чермошенцев А. Ю., Чалкова Т.А. Современные направления ДЗ для мониторинга состояния объектов нефтедобывающей отрасли // Регулирование земельно-имущественных отношений в России: правовое и геопрограмственное обеспечение, оценка недвижимости, экология, технологические решения. 2021. № 3. С. 175-182.

14. Муродов С. Д., Чермошенцев А. Ю. Методика мониторинга смещений зданий и сооружений по данным космической радиолокационной съемки // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2020. Т. 6, № 2. С. 36-40.

© А. Ю. Чермошенцев, М. И. Кузнецов, 2023