

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

# ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ

## ДЛЯ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА



EQUIPMENT AND TECHNOLOGIES  
FOR OIL AND GAS COMPLEX



ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО

**ВНИИОЕНГ**

**2.2017**

# Аппаратно-программный комплекс геосупервайзинга бурения и внутрискважинных работ

*Диалектика – организованное удивление в результате обостренного внимания к предмету созерцания как объективной целесообразности.*  
П.А. Флоренский

**В.В. Кульчицкий (директор НИИБТ РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, генеральный директор АО "Научно-исследовательский и проектный центр газонефтяных технологий" ("НИПЦ ГНТ"), докт. техн. наук, профессор),  
А.В. Щебетов (директор Центра супервайзинга бурения и нефтегазодобычи НИИБТ РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, канд. техн. наук, старший научный сотрудник),  
А.К. Пархоменко (научный сотрудник, заведующий Лабораторией геосупервайзинга НИИБТ РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, главный инженер АО "НИПЦ ГНТ"),  
Д.В. Гришин (старший преподаватель, заведующий Лабораторией контроля режимов бурения НИИБТ РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина),  
Я.С. Насери (заведующий сектором моделирования надежности бурового оборудования НИИБТ РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, аспирант кафедры БНиГС)**

Предложенный аппаратно-программный комплекс геосупервайзинга бурения и внутрискважинных работ включает комплекс оборудования и программного обеспечения, необходимого геосупервайзеру при бурении и внутрискважинных работах. Один из его элементов – мобильная станция геосупервайзинга нефтяных и газовых скважин (ГСВ) обеспечивает проведение геосупервайзером инструментального контроля бурения, освоения, текущего и капитального ремонта скважин. Техническая задача станции геосупервайзинга нефтяных и газовых скважин заключается в повышении технико-экономических показателей бурения и внутрискважинных работ за счет снижения рисков аварий и осложнений, времени на их ликвидацию, совмещения функций оператора геолого-технологических исследований и супервайзера одним геосупервайзером.

Нефтегазодобывающие предприятия (НГДП) передали супервайзеру полномочия и ответственность за эффективность в условиях большой неопределенности принятия верных решений в процессе бурения и внутрискважинных работ. Супервайзер должен быть уверен в достоверности получаемой качественной информации со станции геолого-технологических исследований (ГТИ), что возможно только в отсутствие посредника-интерпретатора. Следовательно, супервайзер должен обладать соответствующими знаниями и навыками, в том числе для непосредственного руководства операторами ГТИ, находящимися в его прямом подчинении. Поэтому возникла необходимость создания мобильного аппаратно-программного комплекса с расширенными инженерными функциями для проведения геолого-технологических исследований при бурении и внутрискважинных работах (освоение, текущий и капитальный ремонт скважин) [1].

Аппаратно-программный комплекс геосупервайзинга (АПК ГСВ) бурения и внутрискважинных работ включает комплекс оборудования и программного обеспечения, необходимого геосупервайзеру при бурении и внутрискважинных работах [2, 3]. Обладая полномочиями и статусом представителя НГДП, геосупервайзер формулирует своевременные рекоменда-

ции и предпринимает корректирующие действия на основе первичной, т. е. неинтерпретированной информации АПК ГСВ в режиме реального времени. Предусмотрена возможность конфигурирования, проверки, настройки, управления станцией из ситуационного центра на любом удалении от объекта, управления рисками по алгоритмам оценки эффективности операций и раннего распознавания и предупреждения осложнений и аварий. Техническая задача станции ГСВ заключается в повышении технико-экономических показателей бурения и внутрискважинных работ за счет снижения рисков аварий и осложнений, времени на их ликвидацию, совмещения функций оператора ГТИ и супервайзера одним геосупервайзером.

Технический результат достигается тем, что один из элементов АПК – мобильная станция геосупервайзинга нефтяных и газовых скважин (ГСВ), содержащая датчики для измерения веса инструмента, давления рабочей жидкости, расхода технологической жидкости и другие датчики, также АЦП и блок питания, обеспечивает проведение геосупервайзером инструментального контроля бурения, освоения, текущего и капитального ремонта скважин (ТКРС) благодаря технологической возможности удаленного конфигурирования и управления оборудованием станции

из ситуационного центра на любом удалении, кроме того, обеспечен удаленный мониторинг АПК ГСВ в режиме реального времени.

АПК ГСВ состоит из размещаемого на буровой площадке оборудования и технического комплекса геосупервайзера, предназначенного для автоматического распознавания, контроля и анализа операций бурения, освоения и ТКРС, качества данных станции ГСВ, формирования отчетов. Всё размещаемое на буровой площадке оборудование подключено к техническому комплексу геосупервайзера волоконно-оптической линией, резервным беспроводным каналом связи либо, в случае отсутствия высоких требований к скорости и качеству передачи данных, линия имеет только медные кабели питания для передачи данных по ним.

Программно-аппаратная реализация АПК ГСВ реализована с использованием стека протоколов TCP/IP. Мобильная станция ГСВ выполнена с возможностью размещения технического комплекса геосупервайзера в вагон-доме геосупервайзера или малогабаритном транспортном средстве, оборудованном средствами жизнеобеспечения с целью геосупервайзинга, и функционирует круглогодично в круглосуточном режиме. Блок-схема АПК ГСВ представлена на рис. 1. Одним из основных технических результатов является возможность удаленного конфигурирования программной составляющей АПК ГСВ. Для работы станции в зоне покрытия сотовыми операторами выполнен антенный блок, работающий в диапазонах GSM, 3G, 4G (LTE). Он оснащен встроенной антенной и, при необ-

ходимости, внешними направленными антennами с усилением 18 дБ и более. Также в целях обеспечения удаленного управления – доступа к любому устройству, компоненту станции для проверки, настройки, калибровки, подключения/отключения и прочих необходимых операций, удаленного контроля и мониторинга станции ГСВ применяется станция спутниковой связи Ku или Ka диапазонов. Предусмотрено резервное хранение данных на буровой площадке, применен сетевой протокол RSTP с закольцованной магистральной линией передачи данных на рабочей площадке для исключения потери их при обрыве линии связи между блоками станции и автоматического построения топологии сети при подключении блоков в удобной для конкретной производственной ситуации последовательности. Не менее важными особенностями станции являются мобильность и наличие системы управления рисками [3]. В станции ГСВ предусмотрена возможность подключения забойной телеметрической системы и дополнительных датчиков для геологических, технологических и геофизических задач. В целях безопасности проведения работ весь комплект размещаемого на буровой площадке оборудования выполнен во взрывозащищенном исполнении.

Все оборудование АПК ГСВ выполнено в компактном виде. Технический комплекс геосупервайзера в составе сервера, центрального маршрутизатора, антенного блока и блока резервированного питания изготовлен с возможностью размещения в пассажирском отсеке малогабаритного транспортного средства.

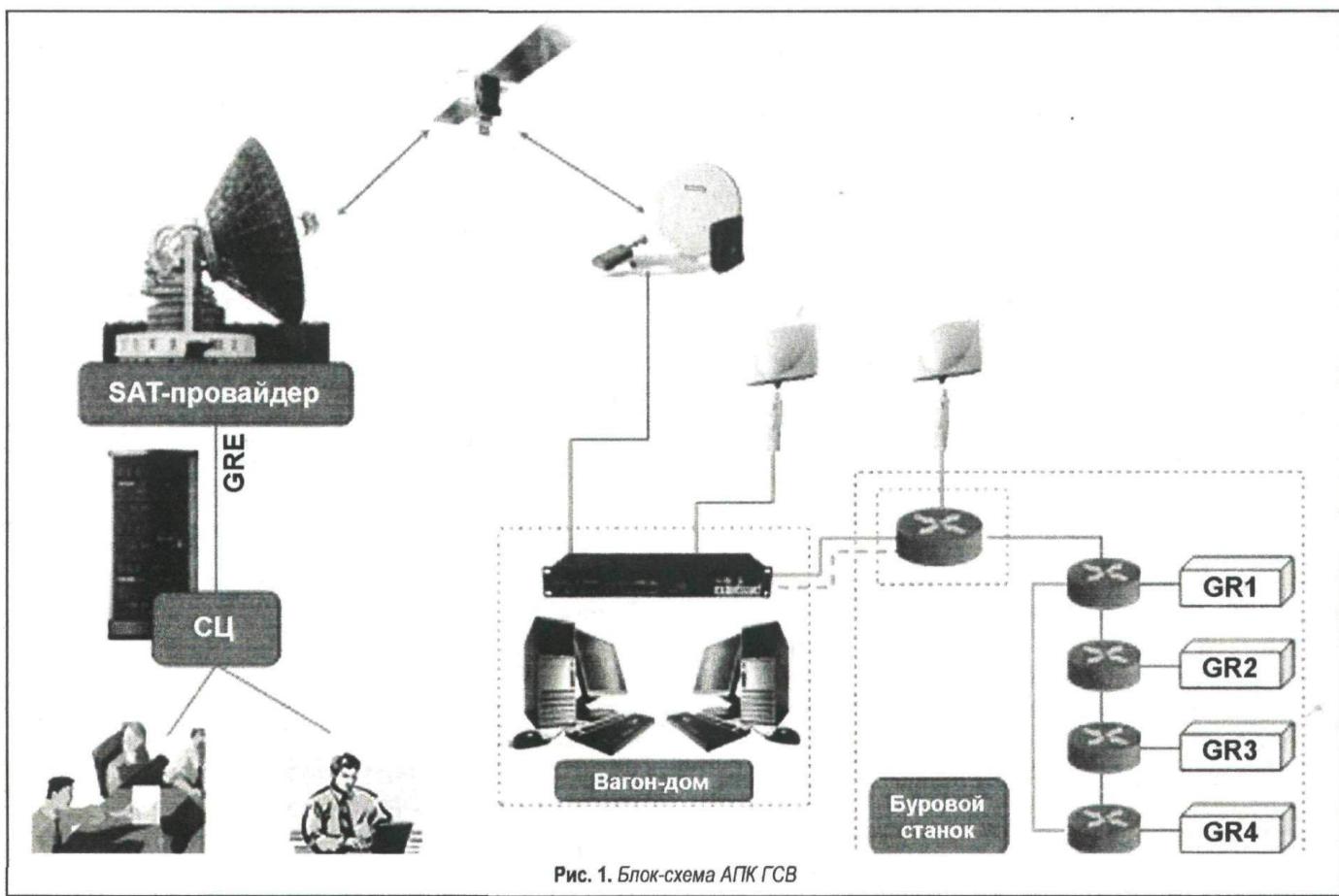


Рис. 1. Блок-схема АПК ГСВ

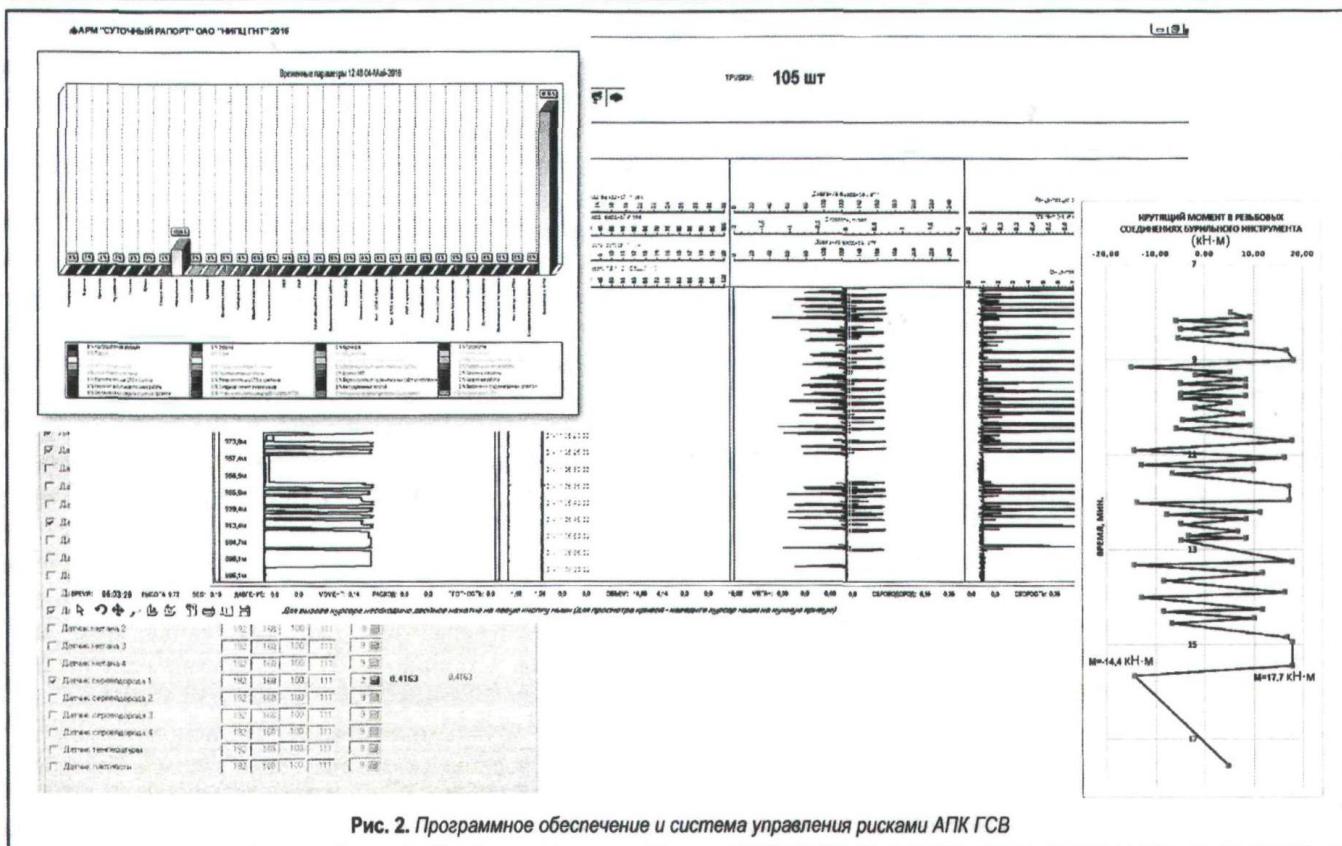


Рис. 2. Программное обеспечение и система управления рисками АПК ГСВ

В багажном и грузовом отсеках транспортного средства при переезде размещается все выносное оборудование: система наземных датчиков, при необходимости и забойная телеметрическая система (ЗТС), блоки сбора данных, громкоговорящей связи, видеозаписи и табло бурильщика. Транспортное средство может быть представлено полноприводным легковым автомобилем – пикапом с закрытой грузовой платформой, малогабаритным грузовым фургоном повышенной проходимости или вагон-домом геосупервайзера, что допускается в случае проведения длительных многодневных работ на скважине.

Система управления рисками, предназначенная для раннего распознавания и предотвращения рисков осложнений и аварийных ситуаций, идентифицирует операции бурения, освоения и ТКРС, оснащена алгоритмами контроля и анализа операций, оценки их эффективности, контроля качества геолого-технологических исследований. Система управления рисками в режиме реального времени взаимодействует с базой знаний. Последняя формируется по отработанным скважинам, содержит данные по конструкциям и траекториям скважин, применяемым технологиям внутрискважинных работ, характеристикам оборудования и включает прочие необходимые данные.

Система управления рисками позволяет сравнивать различные модели напряженного состояния бурового инструмента и компоновки низа бурильной колонны. Например, с помощью модели бурового инструмента определяются надежность элементов и срок службы в зависимости

от усталостного износа при разных механических параметрах. Отработанный срок службы С исследуемого объекта рассчитывается по формуле

$$\sum_{i=1}^k \frac{n_i}{N_i} = C,$$

где в кумулятивной модели  $k$  – число разных уровней напряжения;  $N_i$  – количество циклов до слома при  $i$ -м напряжении  $S_i$ ;  $n_i$  – количество кумулятивных напряжений  $S_i$  (рис. 2).

К станции можно подключать модульное устройство для ввода датчиков давления и расхода в линию манифольда и в линию затрубного пространства (рис. 3). Устройство состоит из оборудованной винтом быстроразъемного соединения (БРС) насосно-компрессорной трубы (НКТ) 1, НКТ с конусом БРС 2 и стакана 3 с посадочным местом для установки датчика давления.

В багажном отсеке на крыше мобильной станции ГСВ размещается оборудование длиной более 150 см – крупногабаритные датчики, необходимое при ТКРС модульное устройство для подключения датчиков давления и расхода, ЗТС (при необходимости), информационные кабели, комплект спутниковой станции. В грузовом отсеке размещаются малогабаритные



Рис. 3. Модульное устройство

датчики, блок сбора данных, табло бурильщика, блок громкоговорящей связи, блок видеозаписи, оптический кабель, кабели питания.

Экипаж станции ГСВ состоит из геосупервайзера, а в зависимости от поставленных задач и сроков выполнения услуг экипаж может быть дополнен вторым специалистом. АПК ГСВ работает в полуавтоматическом режиме, на буровом объекте контроль ведется супервайзером и удаленно – оператором ситуационного центра (СЦ), взаимодействующего одновременно с несколькими объектами бурения, освоения и ТКРС.

Подготовительные работы, связанные с установкой и запуском оборудования станции после прибытия на объект, занимают не более 3 ч. В процессе работ данные с блока видеозаписи и датчиков поступают в систему сбора, визуализируются на табло, передаются в реальном времени на сервер станции, в ситуационный центр, заказчику через web-портал.

АО "НИПЦ ГНТ" совместно с Научно-исследовательским институтом буровых технологий (НИИБТ) РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина разработан опытный образец АПК ГСВ по техническому заданию, согласованному с ПАО "Оренбургнефть". В мае–декабре 2016 г. проведены опытно-промышленные работы (ОПР) на 3 скважинах Родинского, Покровского и Бобровского месторождений согласно программе ОПР, утвержденной ПАО "Оренбургнефть" [1].

Первый этап – май 2016 г. Станция ГСВ запущена на скв. 27 Родинского месторождения в режиме непрерывного функционирования и постоянной записи измерений датчиков. Геосупервайзер (супервайзер-оператор) составлял суточные рапорты с диаграммами и распределением времени технологических операций по согласованным алгоритмам. После первого этапа ОПР станцию ГСВ дополнили комплектом спутникового оборудования для онлайн передачи данных и удаленного управления и выполнили все рекомендации ПАО "Оренбургнефть".

Специалисты АО "НИПЦ ГНТ" и НИИБТ приступили ко второму этапу ОПР на скв. 2019 Покровского месторождения.

Геосупервайзинг выполнялся в круглосуточном режиме с постоянной поддержкой ситуационного центра АО "НИПЦ ГНТ", формировались сводные отчеты и суточные рапорты с диаграммами и распределением времени отдельных технологических операций по аналитическим сервисным алгоритмам станции ГСВ. Формирование графических форм анализа данных и анализ отклонений осуществлялись автоматически. Регистрировались все указанные в Программе ОПР параметры: вес на крюке, нагрузка/затяжка, положение талевого блока, положение "головы" компоновки колонны НКТ, скорость движения талевого блока, момент свинчивания труб, расход жидкости в нагнетательной линии, давление в трубах,

давление в затрубном пространстве, объем жидкости в рабочей емкости, объем жидкости в доливной емкости, суммарный объем жидкости, плотность промывочной жидкости в рабочей емкости на входе, момент на ключе при спуске НКТ, концентрация сероводорода и метана в воздухе, температура технологической жидкости, плотность технологической жидкости в емкости на выходе, количество спущенных труб. 17 октября 2016 г. было зафиксировано превышение концентрации  $H_2S$  – оповещение звуковым сигналом на буровом объекте, звуковым и визуальным сигналами и на рабочем месте геосупервайзера. 19 октября проведен анализ архивной видеозаписи полевым супервайзером в связи с обрывом троса глубинного манометра, спущенного в НКТ, при исследованиях КВД и КВУ.

ПАО "Оренбургнефть" по результатам успешной работы АПК ГСВ было предложено дополнительно провести геосупервайзинг скв. 498 Бобровского месторождения. Станцию ГСВ оперативно передислоцировали и 26 октября 2016 г. запустили в режиме непрерывного функционирования. Последовательность работ по освоению скважины после зарезки бокового ствола – очистка хвостовика  $\varnothing 102$  мм долотом, опресовка эксплуатационной колонны  $\varnothing 146 \times 102$  мм, комплекс ГИС, ПВР пласта A<sub>4</sub> на НКТ, ОПЗ, освоение пласта свабированием, спуск ГНО. 31 октября зафиксировано превышение нормативной скорости СПО 0,25 м/с, проведен инструктаж с членами бригады КРС; 1 ноября зафиксирована незапланированная посадка пакера ПВМ-142 при СПО, проведены подъем и отбраковка пакера; 2 ноября предоставлен и апробирован представителем ПАО "Оренбургнефть" удаленный доступ к результатам измерений станции ГСВ и видеозаписи в режиме реального времени (рис. 4).

По итогам 2-этапных ОПР в мае–декабре 2016 г. комиссией по приемке отмечено:

1. Соответствие станции ГСВ всем требованиям, предъявляемым ПАО "Оренбургнефть" к оборудованию и программному обеспечению геосупервайзинга.

2. Применение станции геосупервайзинга снизило затраты за счет совмещения функций супервайзинга и ГТИ, повысило качество сервиса благодаря обеспечению супервайзера средством автоматизированного инструментального контроля – АПК ГСВ, своевременному получению точной неинтерпретированной информации по текущему технологическому процессу и принятию оперативных решений по возникающим вопросам, снижению рисков осложнений.

## Выводы

1. Станция геосупервайзинга становится рабочим местом супервайзера при инструментальном контроле бурения, освоения и ТКРС благодаря технологической возможности удаленного конфигурирования и управления оборудованием станции из ситуационного

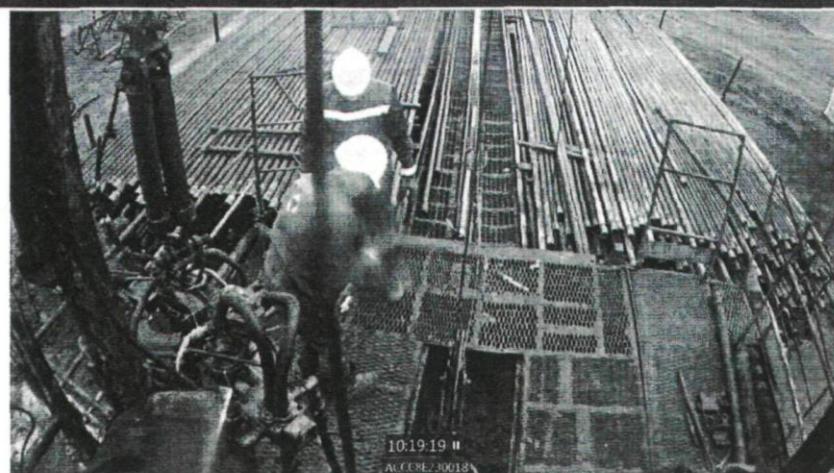


Рис. 4. Трансляция видеоизображения на мониторы бурового мастера, геосупервайзера, в ситуационный центр

центра на любом удалении с обеспечением удаленного мониторинга в реальном времени.

2. Сопряжение АРМ геосупервайзера с источниками первичной информации станции ГСВ значительно сокращает время принятия решения и формирования текущей и отчетной документации супервайзера, минуя промежуточные звенья передачи информации.

3. Созданы условия для внедрения инновационных технологий управления рисками на основе новых методов управления, организации и контроля процессов бурения, освоения и ТКРС совмещением функций супервайзинга с геолого-технологическими исследованиями скважин.

4. АПК геосупервайзера позволил сформировать новое направление в повышении качества управления процессами бурения и внутристкважинных работ и создать основы новой профессии геосупервайзера.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кульчицкий В.В., Щебетов А.В. Геосупервайзинг нефтяных и газовых скважин // Бурение и нефть. – 2016. – № 9. – С. 38–41.

2. АРМ геосупервайзера / В.В. Кульчицкий, А.М. Коновалов, А.К. Пархоменко, А.В. Щебетов // Свид-во об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2016662040/69. Приоритет от 10.11.2016.

3. Мобильная станция геолого-технологических исследований для супервайзера / В.В. Кульчицкий, А.М. Коновалов, А.К. Пархоменко, Д.В. Гришин, А.В. Щебетов, Я.С. Насери // Пат. на изобретение по заявке № 2016148006. Приоритет от 7.12.2016.

#### LITERATURA

1. Kul'chitskiy V.V., Shchebetov A.V. Geosupervayzing neftyanikh i gazovykh skvazhin // Burenie i neft'. – 2016. – № 9. – S. 38–41.

2. ARM geosupervayzera / V.V. Kul'chitskiy, A.M. Konovalov, A.K. Parkhomenko, A.V. Shchebetov // Svid-vo ob ofitsial'noy registratsii programmy dlya EVM № 2016662040/69. Prioritet ot 10.11.2016.

3. Mobil'naya stantsiya geologo-tehnologicheskikh issledovaniy dlya supervayzera / V.V. Kul'chitskiy, A.M. Konovalov, A.K. Parkhomenko, D.V. Grishin, A.V. Shchebetov, Ya.S. Naseri // Pat. na izobretenie po zayavke № 2016148006. Prioritet ot 7.12.2016.

**НИИБТ РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина**

119296 Россия, г. Москва, Ленинский просп., 63/2, к. 2988.  
E-mail: niibt@gubkin.ru