

ПРИНЦИПЫ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА СДВИЖЕНИЯМИ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ НЕФТИ И ГАЗА

О.Н. Горбунов («Газпром нефть»)

В 1990 г. окончил гидрографический факультет Высшего военно-морского училища им. М.В. Фрунзе (в настоящее время — Морской корпус Петра Великого — Санкт-Петербургский военно-морской институт) по специальности «инженер-гидрограф», а в 2012 г. — факультет дистанционного и дополнительного обучения Южно-Российского государственного технического университета (Новочеркасский политехнический институт) по специальности «маркшейдерское дело». С 1990 г. проходил службу в частях и подразделениях Гидрографической службы Каспийской флотилии. С 2004 г. работал в ООО «ЛУКОЙЛ-Нижневолжскнефть». С 2014 г. работает в ПАО «Газпром нефть», в настоящее время — руководитель направления по маркшейдерской и горноотводной деятельности.

И.А. Титаева («Газпромнефть-Ноябрьскнефтегаз»)

В 1997 г. окончила землеустроительный факультет Омского государственного аграрного университета по специальности «инженер-геодезист», а в 2014 г. — Сибирскую государственную геодезическую академию (в настоящее время — Сибирский государственный университет геосистем и технологий, Новосибирск) по специальности «маркшейдерское дело». С 1997 г. работала в институте «НоябрьскНИПИнефтегаз», с 2001 г. — в ООО «Ноябрьский нефтегазовый проектно-изыскательский институт». С 2012 г. работает в ОАО «Газпромнефть-Ноябрьскнефтегаз», в настоящее время — заместитель начальника маркшейдерско-геодезического отдела.

Е.А. Горбунов («Газпромнефть — Хантос»)

В 2001 г. окончил Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет по специальности «комплексное использование и охрана водных ресурсов», а в 2012 г. — Уральский государственный горный университет по специальности «маркшейдерское дело». С 2001 г. работал в ЗАО «НижневартовскТрансГидроМеханизация», ООО «Сибгидростройпроект», ОАО «Томскнефть» ВНК, ОАО «Тюменнефтегаз». С 2015 г. работает в ООО «Газпромнефть — Хантос», в настоящее время — начальник управления маркшейдерско-землеустроительных работ — главный маркшейдер.

А.О. Дроздов («Газпром нефть»)

В 2003 г. окончил горно-геологический факультет Новочеркасского политехнического института (в настоящее время — Южно-Российский государственный технический университет) по специальности «инженер-геолог». После окончания института работал в ООО «Лукойл-Коми», с 2008 г. — в ОАО «ТНК-ВР Менеджмент». С 2013 г. работает в ПАО «Газпром нефть», в настоящее время — начальник департамента лицензирования и недропользования.

В 2015 г. для группы компаний ПАО «Газпром нефть» был разработан методический документ «Правила проектирования и создания систем наблюдений за движением горных пород и земной поверхности на месторождениях нефти и газа» [1] (далее — методический документ). Его создание обусловле-

но тем, что вопрос организации наблюдений за движением горных пород и земной поверхности на месторождениях углеводородного сырья (далее — УВС) является одним из наиболее остро стоящих вопросов. На этом фоне некоторые нефтегазовые предприятия пытаются снять остроту проблемы в виде

попыток внесения изменений в действующую Инструкцию [2], как ПАО «Татнефть» [3], либо признания ее недействительной, как АО «СМП-Нефтегаз» [4, 5]. Этими действиями не решается вопрос об организации рационального комплекса маркшейдерских наблюдений за движением земной поверхно-

сти, а лишь делается попытка уйти от исполнения требований закона [6] или отсрочить его выполнение на неопределенный срок.

Существующие проблемы нефтегазового комплекса являются следствием отсутствия нормативно-технического документа по проектированию систем наблюдений за движением земной поверхности и горных пород на месторождениях нефти и газа [7]. При всем многообразии нормативно-методической и технической документации, в которой рассматриваются вопросы организации наблюдений за сдвигами земной поверхности и горных пород, отсутствует документ, где детально проработаны и подробно изложены вопросы проектирования и построения рациональной системы наблюдений на месторождениях УВС, позволяющей обеспечить промышленную безопасность объектов обустройства, в том числе и опасных производственных объектов. Это приводит к разработке разных концепций [8, 9] по организации и выполнению наблюдений, под которые готовится множество проектной документации, создаются дорогостоящие системы наблюдений со значительными объемами трудозатрат [7].

При этом подходы к проектированию наблюдений за сдвигами земной поверхности и горных пород находятся в отрыве от задач обеспечения правил безопасности объектов обустройства — наблюдения за сдвигами земной поверхности и горных пород планировались без учета требований обеспечения промышленной безопасности объектов нефтедобычи, расположенных в зоне влияния горных работ. В результате проектировались и строились системы наблюдений (геодинамические полигоны), реализующие принцип «наблюдения ради наблюдений», но не обеспечивающие выполнение требова-

ний закона [6] о проведении маркшейдерских наблюдений, достаточных для нормального технологического цикла работ и прогнозирования опасных ситуаций.

Ведущими научными организациями периодически делаются заявления о назревшей необходимости разработки такого документа [7]. Собственно на этом все и заканчивается... Поговорили и забыли. Фактически, нефтегазодобывающие предприятия вынуждены решать эти проблемы самостоятельно.

Библиография методического документа включает более 50 нормативных и литературных источников, материалы или отдельные положения которых используются в нем. Вместе с этим, при работе над документом был изучен и проанализирован большой объем источников по теме организации и выполнения наблюдений за сдвигами земной поверхности и горных пород, которые не вошли в его библиографию.

Все источники информации были условно разделены на три группы:

- существующие проектные документы (горно-геологические обоснования и технические проекты геодинамических полигонов);
- нормативно-методическая литература;
- техническая литература.

Специалисты ПАО «Газпром нефть», руководствуясь здравым смыслом и подходом ответственного собственника, внимательно изучили и проанализировали принципиально важные фундаментальные источники, без учета которых создание данного методического документа проблематично, а именно, существующую базу проектной документации группы компаний ПАО «Газпром нефть», нормативно-методические документы по выполнению наблюдений за сдвигами земной поверхности и горных пород, в том чис-

ле для строительства АЭС и подготавливаемых территорий твердых полезных ископаемых, и отобрали из них полезную информацию, действительно влияющую на обеспечение промышленной безопасности объектов обустройства месторождений нефти и газа.

Причины разработки методического документа можно условно разделить на три группы: методические, финансово-экономические и организационные.

К методическим причинам относятся:

- отсутствие требований по проектным решениям организации системы наблюдений;
- односторонний подход к оценке горно-геологических условий;
- отсутствие требований и критериев оценки горно-геологических условий;
- необходимость создания единой системы наблюдений: земная поверхность — грунтовое основание — инженерное сооружение;
- планирование наблюдений, не ориентированных на обеспечение правил безопасности зданий и сооружений;
- отсутствие аналитического подхода к выявлению причин зафиксированных деформаций зданий и сооружений, расположенных на месторождениях УВС;
- проецирование подходов изучения сдвижений земной поверхности, свойственных для твердых полезных ископаемых, на месторождения нефти и газа.

Среди финансово-экономических причин следует отметить:

- создание дорогостоящих и бессмысленных систем наблюдений;
- проведение повторных наблюдений, требующих дополнительных финансовых средств.

Организационные причины следующие:

— результаты наблюдений малоэффективны для обеспечения промышленной безопасности объектов обустройства;

— большие объемы трудозатратных повторных наблюдений;

— сомнения в надежности, достоверности и репрезентативности повторных наблюдений.

Это позволило установить основные недостатки существующих горно-геологических обоснований и технических проектов геодинамических полигонов предприятий ПАО «Газпром нефть» и выявить следующие факты:

— создаются дорогостоящие и бессмысленные системы наблюдений, в которых реализован принцип «наблюдения ради наблюдений»;

— отсутствуют нормативные документы, регламентирующие данный вид работ, что порождает произвол со стороны проектных организаций [7];

— разрабатываются проекты с необоснованными избыточными объемами периодических наблюдений, в результате которых остаются нерешенными вопросы обеспечения промыш-

ленной безопасности объектов обустройства.

После осмысления масштабов проблем стало очевидным, что их решение лежит в рамках разработки документированной процедуры проектирования и организации системы наблюдений, в которой реализуемые задачи будут подчинены общей цели. Это позволило сформировать цель и задачи разработки методического документа по проектированию и организации наблюдений за сдвижением горных пород и земной поверхности для месторождений нефти и газа.

Анализ существующих систем наблюдений за сдвигами горных пород и деформации земной поверхности показал, что на месторождениях нефти и газа реализованы подходы, свойственные для прогностических геодинамических полигонов или месторождений твердых полезных ископаемых (сотни километров линий нивелирования вдоль и поперек простирания месторождения) или непробированные методики наблюдений (радиолокационная интерферометрия). Поэтому в

основу разработки методического документа были положены следующие основные принципы, определяющие теоретическую основу его содержания:

— приоритет обеспечения промышленной безопасности зданий и сооружений — фокусировка главной задачи на обеспечении промышленной безопасности и безопасной эксплуатации зданий и сооружений по принципу: объект — риски — мероприятия;

— целевой подход — единая система наблюдений: земная поверхность — грунтовое основание — инженерное сооружение;

— результативная технология — система методик и средств наблюдений, обеспечивающих достоверный результат с наименьшими затратами;

— качество информации — достоверность, релевантность и репрезентативность результатов наблюдений.

Данные принципы позволяют достичь целесообразности, непротиворечивости, логической стройности, полноты и детализации организации системы наблюдений за сдвижением



Рис. 1

Концепция системы наблюдений за сдвижением земной поверхности и горных пород

земной поверхности и горных пород.

В основу концепции документа положено требование обеспечения промышленной безопасности объектов обустройства от вредного влияния горных работ и сдвижения горных пород. В методическом документе представлена целостная система взглядов на этапы оценки, проектирования и реализации (рис. 1). Это означает, что сформулированы основные системные требования к оценке горно-геологических условий, проектированию системы наблюдений и выполнению повторных наблюдений, соответствующие целям и задачам разработки методического документа.

Маркшейдерские службы нефтедобывающих предприятий нуждаются в документе, который давал бы обоснованные методики проектирования и организации систем наблюдений за сдвигами земной поверхности и горных пород. От того, насколько четко и детализировано определена структура документации, зависит качество проектного документа, уменьшается риск несогласованности и недоговоренности, повышается соответствие проекта ожиданиям, понимается взаимодействие процессов как целостной системы, содействующей достижению поставленных целей.

На текущий момент отсутствие единой системы оценки

горно-геологических условий сводит на нет все усилия в данном направлении, так как не определены ее критерии. Оценка выполняется каждым подрядчиком по своему усмотрению, с разным уровнем детализации и набором оцениваемых факторов (табл. 1). По мнению специалистов ПАО «Газпром нефть», главное обеспечить единый подход к оцениваемым факторам, их логической взаимосвязи и согласованности, и четкой формализации результатов оценки. Это позволит сформировать перечень оцениваемых факторов и по каждому из них определить требуемую степень детализации, что решит поставленную задачу получения качественных и количественных значений оценки горно-геологических условий (табл. 2), а многофакторный анализ повысит достоверность результатов оценки природных и техногенных факторов.

По результатам оценки горно-геологических условий разрабатывается проект системы наблюдений. При этом детально проанализирован основной подход к построению сети наблюдений за сдвижением горных пород на месторождениях нефти и газа, который спроецирован с твердых полезных ископаемых, добываемых шахтным способом, где границы разработки четко определены и имеют в плане незначительные раз-

меры простирания. Этим подходом предусматривается нивелирование профильных линий вдоль и поперек простирания месторождения, что в условиях нефтяных месторождений составляет сотни километров нивелирования II-го класса в труднопроходимой местности, которые дополняются или спутниковыми наблюдениями, или гравиметрическими наблюдениями, или радиолокационной интерферометрией, или всеми видами наблюдений одновременно.

Считаем, что данная методика в условиях, связанных со значительными размерами месторождений, является неэффективной, так как точность нивелирования значительно ниже величин ожидаемых (прогнозируемых) сдвижений горных пород и земной поверхности. Учитывая, что большинство месторождений нефти и газа расположено в труднопроходимой местности, все эти факторы выливаются в создание дорогостоящих и громоздких геодезических сетей с труднореализуемым объемом повторных наблюдений. Руководствуясь принципом разумной достаточности, в методическом документе предлагается использовать геометрическое нивелирование только на локальных участках — участках геодинамически активных разломов, на которых применение метода геометрического нивелирования дает максимальный эффект в

Оценка природных и техногенных условий в горно-геологических обоснованиях

Таблица 1

Тип фактора	Оцениваемые элементы
Физико-географические условия	Рельеф Гидрометеорологические условия Гидрографическая сеть Геокриологические условия
Горнотехнические условия	Физико-механические свойства горных пород Параметры и технология разработки Строение тела полезного ископаемого
Геологические условия	Геологическое строение месторождения Условия залегания, мощность пластов
Тектонические условия	Тектоническое строение

Система оценки природных и техногенных условий, реализованная в методическом документе

Таблица 2

Тип фактора	Оцениваемые элементы	Результат оценки
Физико-географические условия	Рельеф Гидрометеорологические условия Гидрографическая сеть Геодезическая сеть	Факторы, имеющие существенное влияние на создание системы наблюдений Обзорная схема
Горнотехнические условия	Параметры и технология разработки Строение тела полезного ископаемого Физико-механические свойства пород Сведения об инженерных объектах	Выделение участков повышенной техногенной нагрузки Зоны возможного проявления сдвижений земной поверхности
Геологические условия	Геологическое строение месторождения Условия залегания, мощность пластов Состояние изученности геофизическими методами	Характеристика геологических условий Система структурно-тектонических элементов
Гидрогеологические условия	Подземные водоносные горизонты Взаимосвязь грунтовых и поверхностных вод Грунтовые воды	Влияние изменения уровня режима на напряженно-деформированное состояние недр и грунтовое основание инженерных объектов Прогнозная оценка просадки грунта
Геокриологические условия	Мерзлотные карты Факторы развития многолетнемерзлых пород Геокриологические условия	Прогнозная оценка влияния на устойчивость объектов Схема аномальных линейных структур
Экзогенные процессы	Тектонические и сейсмические условия Проявления экзогенных процессов	Прогнозная оценка степени опасности для объектов обустройства Ландшафтная карта
Тектонические условия	Рельеф местности Тектонические карты Физико-механические свойства горных пород Тектоническое строение	Карта геодинамического районирования Карта динамически напряженных зон Прогнозная оценка величины сдвижений земной поверхности Зоны возможного проявления сдвижений земной поверхности
Сейсмические условия	Сейсмические свойства грунтов Грунтовые воды Сведения об объектах обустройства	Карта сейсмического микрорайонирования

обеспечении промышленной безопасности. Горизонтальные и вертикальные сдвигения земной поверхности на всей территории месторождения предлагается контролировать методом спутниковых измерений, являющимся наиболее эффективным в данных условиях.

Структура системы наблюдений за сдвижением горных пород и земной поверхности (рис. 2) объединяет в единое целое геодезические построения трех уровней, пространственно рассредоточенных на подрабатываемом участке недр:

- базовый пункт (1-й уровень);
- каркасная геодезическая сеть (2-й уровень);
- деформационная сеть (сеть наземных измерений) (3-й уровень).

Пункты указанных построений совмещаются или имеют между собой надежные геодезические связи (рис. 3). Данная структура сети наблюдений позволяет получать информацию о проявленных сдвижениях горных пород и деформациях земной поверхности в целом по месторождению, а также на вы-

деленных опасных геологических участках, и принимать необходимые профилактические и защитные меры. Ключевая информация о структуре системы наблюдений приведена в табл. 3.

Линейный алгоритм в виде последовательных шагов описывает процесс проектирования, создания и функционирования системы наблюдений за сдвижением земной поверхности и горных пород на месторождениях нефти и газа. На рис. 4 в форме блок-схемы показано, из каких действий со-

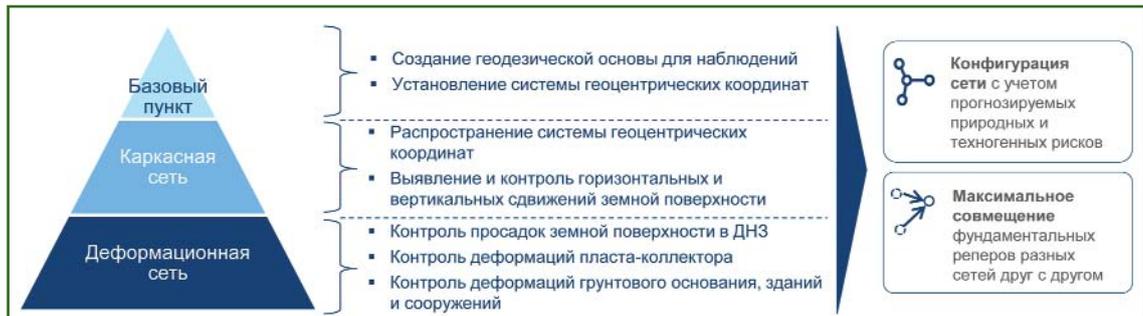


Рис. 2
Структура системы наблюдений

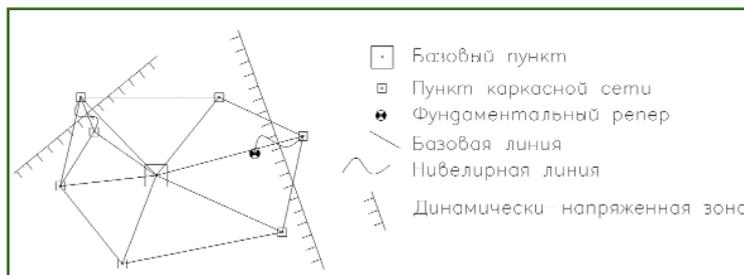


Рис. 3
Схема сети наблюдений

стоит каждый шаг, их последовательность, зависимость каждого следующего шага от предыдущего и конечный результат.

Реализованная в методическом документе последовательность действий позволяет предвидеть возможные риски от сдвижений горных пород и земной поверхности для объектов обустройства, стремясь управлять ими. Это достигается за счет того, что на этапе разработки горно-геологического обоснования выделяются объекты, которые расположены в зоне повышенного риска, и для них определяются величины предельно допустимых деформаций, а на этапе проектирования

наблюдательная сеть разрабатывается с учетом выделенных рисков для объектов обустройства.

При работе над методическим документом из основных методов наблюдений за сдвижением земной поверхности и горных пород исключены радиолокационная интерферометрия и гравиметрические наблюдения.

Для выполнения радиолокационной интерферометрии не требуется установка специального оборудования и проведение полевых работ, а использование архивных снимков позволяет исследовать поведение объектов в определенный мо-

мент времени. Метод радиолокационной интерферометрии выгодно отличается от других методов наблюдений. В то же время для получения надежных результатов интерферометрии необходимы контроль и калибровка с применением наземных данных [10], а также учет условий, ограничивающих применение этого метода.

По результатам многопроходных космических радиолокационных съемок одной и той же территории оцениваются смещения земной поверхности или зданий и сооружений с сантиметровой (для земной поверхности) и даже с миллиметровой (для зданий и сооружений) точностью. Индикатором при определении смещений земной поверхности служит смещение специальным образом выбранных точек, расположенных непосредственно на земной поверхности или на стенах зданий и сооружений. Изменение их пространственно-временного положения обусловлено техногенными и природными факторами (сезонные, геодинамические,

Информация о структуре системы наблюдений

Таблица 3

	Каркасная сеть	Деформационная сеть
Метод наблюдений	Спутниковые измерения	Геометрическое или тригонометрическое нивелирование
Закрепление пунктов	Фундаментальные геодезические реперы	Фундаментальные геодезические реперы Грунтовые реперы Устья законсервированных скважин
Схема сети	Площадная, пространственное геодезическое построение	Линейная, профильная линия

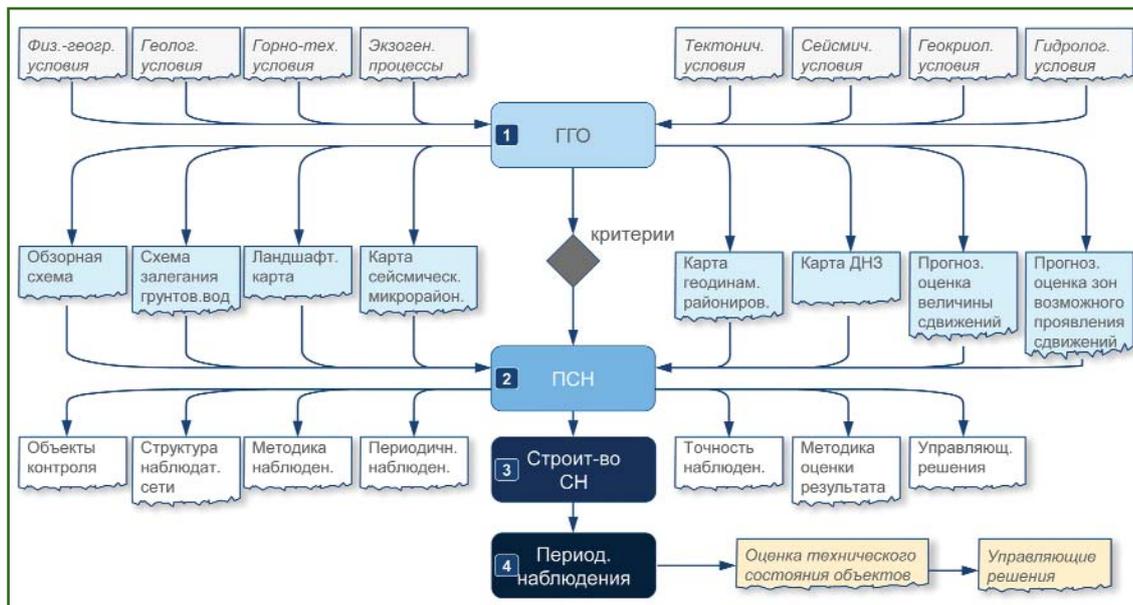


Рис. 4
Блок-схема алгоритма системы наблюдений

геокриологические, карстовые и т. д.), которые проявляются совместно. При этом из суммарной величины смещений невозможно выделить техногенную составляющую без выполнения необходимого комплекса наземных наблюдений на всей контролируемой территории [11]. Деформации земной поверхности, порождаемые природными факторами, при обработке результатов радиолокационных наблюдений без учета наземных работ будут расцениваться как техногенные. Однако они никакого отношения к ним не имеют и должны исключаться из полученных результатов при составлении карт техногенных движений земной поверхности как систематические погрешности повторных инструментальных дистанционных наблюдений.

Применение метода радиолокационной интерферометрии для наблюдения за сдвигами земной поверхности на месторождениях нефти и газа ограничивают следующие условия:

- невозможность выделения техногенной величины смещений (определяется суммарная величина смещений, включающая природные (сезонные,

геодинамические, геокриологические, карстовые и т. д.) и техногенные компоненты);

- зависимость от типа подстилающей поверхности (замер смещений невозможен для заболоченных или покрытых снегом территорий, участков, покрытых лесом или имеющих густую луговую растительность);

- наличие территорий с плотной городской застройкой (деформационную картину можно получить только в районах промышленной застройки);

- возможность использования только в качестве дополнительного метода мониторинга (для оценки достоверности полученных данных, которые отягощены влиянием внешних условий, требуется также применение традиционных методов измерений) [10];

- возможность использования только для выявления быстротечных оседаний (оседаний территорий, характеризующихся скоростями не менее двух дециметров в год) [11].

При подкупающей простоте реализации и скорости получения результата для детального изучения деформаций земной поверхности метод радиолока-

ционной интерферометрии требует обязательных полевых работ или применения устойчивых отражателей для оценки достоверности полученных данных [10].

Применение гравиметрического метода обусловлено тем, что плотностные неоднородности в геологических средах находят свое отражение в аномальном гравитационном поле. В проектной документации геодинамических полигонов указывается, что гравиметрический метод применяется для изучения геологического строения территории, а именно, для выделения активных разломов и оконтуривания месторождений и определения их параметров (контроля флюидодинамических процессов). Гравиметрические наблюдения на геодинамических полигонах проектируются и выполняются на всех точках нивелирного хода и/или на опорных реперах сети наблюдений. По сути, структура гравиметрической сети геодинамического полигона представляет собой профильную съемку вдоль линии нивелирования или рекогносцировочную, в случае выполнения съемки на опорных реперах.

Профильная или маршрутная гравиметрическая съемка применяется для выделения разломов, а рекогносцировочная — для определения характера изменения силы тяжести на участке.

Таким образом, решения заявленных целей гравиметрических наблюдений, предлагаемые в технических проектах геодинамических полигонов, обусловлены или некачественно разработанным горно-геологическим обоснованием, в случае с выделением разломов, или носят декларативный характер, а их практическая реализация не соответствует ожиданиям в отношении контроля динамики контура резервуара.

В заключение следует отметить следующее. При подготовке методического документа были переработаны и структурированы подходы к наблюдению за сдвижением горных пород и земной поверхности, разработан предметно-ориентированный подход и рациональный комплекс маркшейдерских наблюдений, достаточный для обеспечения промышленной безопасности объектов обустройства и выявления вредного влияния горных работ.

При разработке методического документа были решены следующие задачи:

- сформированы требования к созданию систем наблюдений за сдвижением земной поверхности и горных пород;

- обоснована структура системы наблюдений в зависимости от прогнозируемой степени риска сдвижений поверхности и горных пород;

- установлены критерии риска деформации земной поверхности для объектов обустройства (зданий, сооружений, трубопроводов и т. п.);

- определена оценка степени риска прогнозируемых деформаций земной поверхности для зданий и сооружений на

стадии разработки горно-геологического обоснования;

- выявлена зависимость периодичности и точности наблюдений от прогнозируемой (расчетной) величины деформации земной поверхности;

- снижены затраты на строительство сети наблюдений и выполнение периодических наблюдений за сдвижением земной поверхности и горных пород;

- обеспечена достоверность, релевантность и репрезентативность результатов повторных наблюдений.

Методический документ был рассмотрен на заседании секции «Безопасность процессов добычи полезных ископаемых, ведения горных и взрывных работ» научно-технического совета Ростехнадзора в декабре 2015 г. и одобрен к применению. Более подробно с методическим документом можно ознакомиться в сети Интернет на сайте Союза маркшейдеров России (www.mwork.su).

Основные положения методического документа были рассмотрены, обсуждены и одобрены на заседании Всероссийской научно-практической конференции «Промышленная безопасность и геолого-маркшейдерское обеспечение работ при добыче углеводородного сырья», прошедшей 29 февраля — 04 марта 2016 г., в Тюмени.

В настоящее время на предприятиях, входящих в ПАО «Газпром нефть», выполняется аудит и корректура существующих проектных документов за сдвигами земной поверхности и горных пород, с целью приведения их в соответствие с положениями методического документа. Результаты внедрения методического документа и актуализации проектных документов по наблюдению за сдвижением земной поверхности будут доведены до маркшейдерской общественности.

▼ Список литературы

1. М-01.06–07. Правила проектирования и создания систем наблюдений за сдвижением горных пород и земной поверхности на месторождениях нефти и газа. — СПб: ПАО «Газпром нефть», 2016. — 73 с.
2. РД 07-603–03. Инструкция по производству маркшейдерских работ.
3. Грицков В.В. О совершенствовании наблюдений за состоянием горных отводов // Маркшейдерский вестник. — 2015. — № 5.
4. Верховный Суд Российской Федерации. Решение от 7 ноября 2014 г. № АКПИ14-1049.
5. Верховный Суд Российской Федерации. Апелляционное определение от 3 февраля 2015 г. № АПЛ14-696.
6. Закон РФ «О недрах» от 21 февраля 1992 г. № 2395-1.
7. Кашников Ю.А., Залялов И.М., Соснин В.Г., Беляев К.В., Кориков А.В., Сычев А.М. О создании геодинамических полигонов для мониторинга деформационных процессов при разработке месторождений углеводородного сырья // Нефтяное хозяйство. — 2013. — № 4.
8. Концепция совершенствования нормативных требований по ведению наблюдений за состоянием горных отводов // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Новые технологии в геологическом и маркшейдерско-геодезическом обеспечении горных работ». — Москва, 19–21 октября 2015 г.
9. Сидоров В.А., Кузьмин Ю.О., Хитров А.М. Концепция «Геодинамическая безопасность освоения углеводородного потенциала недр России». — М.: ИРИРГИ, 2000. — 56 с.
10. Кашников Ю.Ю., Ашихмин С.Г., Шустов Д.В., Мусихин В.В., Никифоров С.Э. Организация геодинамического полигона на Ванкорском нефтегазоконденсатном месторождении // Нефть и газ. — 2012. — № 4(94).
11. Волков В.И., Вершинина Ю.В. Анализ эффективности космического радиолокационного мониторинга техногенных деформаций земной поверхности на территориях нефтегазовых месторождений // Современные проблемы науки и образования. — 2013. — № 5.