

Т. Абаканов¹,

(¹д.т.н., академик КазНАЕН, академический профессор
КазГАСА, г. Алматы, Республика Казахстан)

ОСНОВЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ (СЕЙСМИЧЕСКОЙ) БЕЗОПАСНОСТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ НА РАЗРАБАТЫВАЕМЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

***Аннотация.** В статье рассматриваются принципы обеспечения безопасности зданий и сооружений на разрабатываемых месторождения полезных ископаемых.*

***Ключевые слова:** месторождения полезных ископаемых, геодинамическая (сейсмическая) безопасность, геодинамический (сейсмический) мониторинг, сейсмоусиление.*

Одним из приоритетов, определенных в Стратегии развития Республики Казахстан 2030, является создание эффективной системы природопользования, охраны окружающей среды и обеспечение безопасности стратегических объектов, являющихся одной из основ Национальной безопасности страны.

Правительство Республики Казахстан 19 августа 2009 года утвердило список месторождений стратегического назначения, в который вошли 229 месторождений газа, нефти, урана, угля, боксита, железа, золота и других полезных ископаемых.

Активная деятельность человека по освоению недр способна вызвать необратимые изменения физико-механических характеристик геологической среды и геоморфологии региона, влекущие преобразование дневной поверхности Земли.

Для противодействия техногенным катастрофам предлагается указанную проблему исследовать, контролировать ситуацию, а также гарантированно обеспечивать геодинамическую (сейсмическую) безопасность как самих месторождений, так и инфраструктуры.

Интенсивная добыча полезных ископаемых проводила повсеместно к сильным, порой, к катастрофическим землетрясениям. К примеру, на нефтяном месторождении Вилмингтон в США, которое разрабатывается с 1926 года, такие ЧП случались почти два десятилетия – в 1947, 1949, 1951, 1954, 1956 и в 1961-м годах. Земная кора опустилась на 8,2 метра, разломы достигали порой до полуметра. Из-за сильных повреждений прекратились работы на более чем 200 скважинах, инфраструктура вышла из строя. Ныне месторождение закрыто. Подобного рода случаи в мире не единичны. Многочисленные землетрясения техногенного характера происходили и на территории бывшего СССР и Казахстана [1]. Кстати, Апшеронский полуостров из-за бесперебойной добычи углеводородов опустился на территории месторождений до 3-х метров. На территории Республики Казахстан на месторождениях углеводородов Тенгиза, Кашагана и др. активизировались землетрясения. Довольно сильные землетрясения происходят на месторождениях твердых полезных ископаемых. Так, в

1994 и 2005 годах произошли сильные землетрясения на Жезказганском меднорудном и в 2016 году Карагандинском угольном месторождениях. На рисунках 1 и 2 приведены примеры последствий таких землетрясений.



Разрыв грунта.



Деформация рельсового пути.

Рис. 1. Последствия техногенного землетрясения в регионе г. Жезказган (1.08.1994, $M=4.7$)



Рис. 2. Просадки земной поверхности (техногенное землетрясение) в регионе г. Жезказган 24.06.2005г.

Таким образом, необходимо обеспечить геодинамическую (сейсмическую) безопасность как самих месторождений, так и объектов, прилегающих к месторождению инфраструктуры.

Однако из-за недостаточной изученности проблемы до настоящего времени в полной мере не определены перечень мероприятий и основные принципы по обеспечению геодинамической (сейсмической) безопасности как самих месторождений, так и объектов инфраструктуры и промышленных предприятий, расположенных на месторождениях и в ближайшей зоне.

Решение указанной проблемы состоит из двух частей. Во-первых, необходимо проводить геодинамический (сейсмический) мониторинг на месторождениях, во-вторых, обеспечить сейсмическую и эксплуатационную безопасность объектов инфраструктуры.

Геодинамический (сейсмический) мониторинг. Здесь необходимо проводить наблюдения, контроль и оценку средствами инструментального мониторинга как режимов недропользования, так и прогноз хода развития геодинамических процессов, приводящих к техногенным землетрясениям. Такие работы и исследования ведутся как в мире, так и в Казахстане, хотя практически все не претендуют на всеобъемлющую полноту. Так, в России наиболее показательны исследования, проводимые практически на всех крупных месторождениях Татарстана [2], где проводятся геодезические наблюдения, состоящие из нивелирных сетей, и сейсмологические наблюдения по изучению сейсмического режима стационарными сейсмическими станциями.

В Казахстане под непосредственным научно-методическим руководством автора статьи были начаты и в настоящее время проводятся только на единичных месторождениях: Карачаганакском, Тенгизском и Жанажол-Кенкиякском. Следует отметить, что на Тенгизском месторождении в свое время были начаты работы по сейсмологическим наблюдениям. Но после был перерыв в наблюдениях, а в настоящее время материалы исследований недоступны для анализа. Данным вопросом позднее занимались аффилированные предприятия, а сейсмические станции Института сейсмологии были закрыты, а приборы бесследно исчезли. Точно такая же картина была и на Кумкольском месторождении Кызылординской области. Здесь же дорогостоящие станции были отключены недропользователями и со временем полностью вышли из строя.

Единственно бесперебойно геодинамический (сейсмический) мониторинг производится на Карачаганакском нефтегазоконденсатном месторождении (КНГКМ).

Что касается крупных эксплуатируемых месторождений твердых полезных ископаемых, то на территории Казахстана ни на одном не ведется мониторинг. В то же время следует отметить, что система геодинамического (сейсмического) мониторинга на месторождениях углеводородов создана на основании рекомендаций и исследований отечественных специалистов [3-9].

В целом геодинамический мониторинг следует рассматривать как обособленную организацию регулярных наблюдений (непрерывных и дискретных) за развитием опасных процессов и различными формами их аномальных проявлений в зависимости от техногенных факторов, ответственных за их формирование. Исходные требования к организации мониторинга включают:

- последовательность проведения этапов работ;
- обоснование необходимой аппаратурной базы и методики проведения мониторинга;

- надежный контроль условий возникновения и развития очагов техногенных землетрясений за счет оптимальной пространственно-временной детальности мониторинговых наблюдений.

Система геодинамического мониторинга месторождений (СГМ) нефти и газа создается как информационная система о состоянии геологической среды на территории разрабатываемых месторождений углеводородного сырья, объединяющая в себе средства сбора первичной информации по всем видам геодинамического мониторинга, в том числе автоматизированные, и все стадии ее обработки до передачи информации потребителям.

СГМ имеет следующую структуру:

- 1) Сейсмологический мониторинг;
- 2) Микросейсмический мониторинг;
- 3) Геодезический мониторинг:
 - 3.1) Повторное высокоточное нивелирование;
 - 3.2) Гравиметрические наблюдения;
 - 3.3) GPS-наблюдения.

Дополнительно могут быть проведены: гидрогеодинамический мониторинг; мониторинг физических явлений (факторов); мониторинг чрезвычайных ситуаций.

Сейсмологический мониторинг на месторождении проводится для того, чтобы системой сейсмических станций выявить степень отклика среды на различных пунктах размещения станций от одного и того же землетрясения. На месторождении обычно размещают не менее 5 сейсмических трехкомпонентных станций, которые «пеленгуют» любое сейсмическое воздействие от транзитных и местных землетрясений.

Микросейсмичность – это динамический эффект, вызванный давлением, связанный с разломами, микротрещинами и сдвигами в пластах.

Геодезический мониторинг включает: высокоточное наземное нивелирование; гравиметрические измерения и GPS-измерения.

Нивелирование – это вид геодезических измерений, в результате которых определяют превышения точек, а также высоты над принятой уровневой поверхностью. Нивелирование производят для изучения изменения форм рельефа.

Гравиметрия – раздел науки об измерении величин, характеризующих гравитационное поле Земли и об использовании их для определения фигуры Земли, изучения ее общего внутреннего строения, геологического строения ее верхних частей, решения некоторых задач навигации, проектирования и строительства особо ответственных сооружений. Поэтому изучение гравитационного поля Земли поставляет ценный материал о ее внутреннем строении, для разведки полезных ископаемых, а также выявляет изменения силы тяжести на месторождении в зависимости от добычи полезных ископаемых и напряженного состояния геологической среды.

Принцип работы GPS. GPS широко используются в гражданских целях, в частности в строительстве (нивелировании), а также в геодезии (с помощью GPS определяются точные координаты точек и границы земельных участков), картографии (GPS используется в гражданской и военной картографии),

тектонике, тектонике плит (с помощью GPS ведутся наблюдения движений и колебаний плит). В нашем случае на КНГКМ определяются точные координаты точек в конкретное время. На месторождении расположен 41 пункт GPS. Здесь проводятся работы по оценке суточного приращения координат с применением специального алгоритма стабилизации координат.

Космическая радарная интерферометрия. Наряду с этими вышеуказанными методами используются система дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) с помощью космической радарной интерферометрии. Строятся карты смещений и деформаций местности. Применение метода радарной интерферометрии позволяет дополнить метод инструментальных геодезических измерений. Исходный массив данных требует дешифровки большого количества космических снимков за определенные интервалы времени.

Таким образом, при проведении геодинамического (сейсмологического) мониторинга на разрабатываемых месторождениях углеводородов и твердых полезных ископаемых может применяться рассмотренный принцип комплексных исследований.

Создание условий гарантированного обеспечения эксплуатационной и геодинамической безопасности объектов строительства на месторождениях. Вопрос прогноза силы и времени конкретного техногенного землетрясения и других негативных процессов: обвалов, обрушений и опусканий дневной поверхности, горных и горнотехнических ударов невозможно решить со 100% достоверностью даже при проведении всего комплекса геодинамического мониторинга вследствие недостаточной изученностью проблемы.

Что касается проведения работ по обеспечению геодинамической (сейсмической) безопасности как существующих объектов, так и вновь проектируемых, необходим комплекс мероприятий по принятию конкретных гарантированных методов. **В картах Общего сейсмического зонирования (ОСЗ) территорий месторождений было бы целесообразно специальным Постановлением Правительства Республики Казахстан повысить фоновую сейсмичность Западно-Казахстанского региона, а также регионов интенсивной добычи углеводородов на два балла относительно фоновой.** Это обусловлено тем, что негативные природно-техногенные процессы, возникающие в геоструктуре каждого отдельного месторождения, различаются между собой структурными, инженерно-геологическими и сейсмотектоническими характеристиками, уровнем пластового давления, режимом эксплуатации. Принятие такого решения гарантирует сохранность объектов промышленно-селитебной инфраструктуры региона. Здесь уместно отметить многочисленные сейсмические катастрофы в мире, где при составлении карт ОСЗ не принималась возможность повышения сейсмичности региона из-за воздействия техногенной и наведенной сейсмичности [1]. В настоящее время данный вопрос является проблематичным и в ближайшем будущем не представляется возможным решить его силами научных сейсмологических и геофизических организаций.

Следующим шагом практических мер по обеспечению безопасности объектов строительства является проведение массового обследования, и усиления с принятием мер сейсмоусилению объектов строительства на

месторождениях и прилегающих к ним территориях, где учтены повышение уровня сейсмичности по предлагаемому Постановлению Правительства РК. Вопросы обследования и сейсмоусиления всех объектов, расположенных на месторождениях, могли бы решить отечественные аккредитованные организации, где сосредоточены специалисты, имеющие сертификаты на проведение данных работ (КазНИИСА, КазГАСА и др.).

Мировой опыт показывает, что затраты на прогнозирование и обеспечение готовности к природным событиям чрезвычайного характера в 15 раз меньше по сравнению с предотвращенным ущербом.

Литература:

1. Кусаинов А.К., Абаканов Т. *Основы сейсмологии и сейсмостойкого строительства*. – Алматы, 2018. – 272 с.
2. Залялов И.М., Гатиятуллин Р.Н., Кашуркин П.И., Рахматуллин М.Х. *Геодинамические полигоны в Татарстане //Сб. мат-лов Междунар. конф. «Современная геодинамика недр и эколого-промышленная безопасность объектов нефтегазового комплекса»*. – М., 2009. – С.46-49.
3. Абаканов Т., Ли А.Н., Сатов М.Ж. *Геодинамический мониторинг месторождений нефти и газа Республики Казахстан. Концепция*. – Алматы: Институт сейсмологии, 2009. – 20 с.
4. Сатов М.Ж., Абаканов Т., Ли А.Н., Садыров Р.К. *Способ мониторинга сейсмической безопасности стратегических объектов. Инновационный патент (19) KZ(13) A4(11) 28838.15.08.2014. Бюл. 8*.
5. Нусипов Е., Сатов М.Ж., Узбеков И.Б. *Система мониторинга природно-техногенных процессов// Геодинамика и сейсмичность литосферы Каспийского региона*. – Алматы, 2008. – С. 324-327.
6. Нусипов Е., Рахымбаев М.М., Сатов М.Ж. *Методическое руководство по проведению геодинамического мониторинга объектов горно-металлургического комплекса Республики Казахстан*. – Алматы, 2006. – 63с.
7. Нусипов Е., Рахымбаев М.М. *Геодинамические процессы на территории месторождений полезных ископаемых// Геодинамика и сейсмичность литосферы Казахстана*. – Алматы, 2007. – 411 с.
8. Ли А.Н. *Концепция организации системы сейсмологического мониторинга и прогноза сейсмической опасности в Казахстане// Тез. докл. 7 казахстанско-китайского междунар. симпозиума «Прогноз землетрясений, оценка сейсмической опасности и сейсмического риска Центральной Азии, 2-4 июня, 2010*. –Алматы. – С. 75-76.
9. Нусипов Е., Рахымбаев М.М., Мухамеджанов М.А. и др. *Методическое руководство по ведению гидрогеодинамического мониторинга на месторождениях углеводородов для оценки гидрогеодинамического риска*. – Алматы, 2004. – 76 с.

Мақалада пайдалы қазбалар кен орындарындағы ғимараттар мен құрылыстардың қауіпсіздігін қамтамасыз ету принциптері қарастырылады.

Түйін сөздер: *пайдалы қазбалар кен орындары, геодинамикалық (сейсмикалық) қауіпсіздік, геодинамикалық (сейсмикалық) бақылау, сейсмикалық күшейту.*

The article discusses the principles of ensuring the safety of buildings and structures in the developed mineral deposits.

Key words: *mineral deposits, geodynamic (seismic) safety, geodynamic (seismic) monitoring, seismic amplification.*