

ОЦЕНКА ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ ИНФРАСТРУКТУРЫ БОВАНЕНКОВСКОГО НГКМ

Ю.О. Кузьмин¹, А.И. Никонов², О.В. Лукьянов³, Г.А. Ярыгин³
1 – ИФЗ РАН, 2 – ИПНГ РАН, 3 – ЗАО «НПФ “ДИЭМ”»

Бованенковское нефтегазоконденсатное месторождение расположено в западной части полуострова Ямал, на территории Ямальского района Ямало-Ненецкого автономного округа Тюменской области.

Район Бованенковского месторождения отличается суровым климатом, обусловленным северным положением территории, повышенной циклонической деятельностью, наличием многолетнемерзлых пород.

В геологическом разрезе рассматриваемого района вскрыты образования доюрского фундамента и породы мезозойско-кайнозойского платформенного чехла, перекрытые маломощными отложениями четвертичного возраста.

Продуктивные отложения Бованенковского НГКМ (рис. 1) представлены двумя мощными многопластовыми комплексами: сеноман-аптским (газовые залежи) и неоком-юрским (газоконденсатные залежи).

Выявленные залежи в разрезе перекрыты глинистыми отложениями, являющимися покрышками достаточно большой мощности и протяженности, способными удерживать газ. Наиболее крупные по величине запасов залежи на рассматриваемом месторождении приурочены к кровле аптских отложений, залегающих под глинами нижнехантымансийской подсветы альбского яруса, и к кровле сеноманских отложений, покрышкой для которых служат глины турон-датского возраста.

В разрезе отложений Бованенковского месторождения в основном преобладают песчано-алевролитовые и глинистые (аргиллиты) осадки континентального генезиса. Корреляция разрезов скважин затруднена из-за сложного литологического строения.

Залежь газа в сеномане вскрыта на абсолютных отметках –521,9...–662,0 м от поверхности Земли и является водоплавающей.

Отложения сеноманской продуктивной толщи характеризуются преобладанием в разрезе песчаных и алевролитовых разностей пород, фациально замещающихся плотными глинами, являющимися неэффективной частью разреза. Глинистые разности пород характеризуются преимущественно линзовидным характером их распространения в

разрезе, что создает условия гидродинамической связи в пределах всей продуктивной части этих отложений.

Несмотря на унаследованный характер стратиграфических поверхностей, формирование современных морфологических очертаний поднятия (рис. 2) является результатом неоднократных структурных перестроек северного и южного куполов месторождения в геологическом времени, связанных с активизацией разнонаправленных вертикальных движений блоков фундамента.

На разрезах в центральных частях куполов выявляется сильная дислоцированность палеозойского комплекса отложений, где большинство выявленных разломов сдвигового типа заканчиваются внутри него, редко достигая горизонта А, а иногда они проникают вверх по разрезу до разных уровней в осадочном чехле. На отдельных участках раздробленность палеозойского фундамента отражается в волновом поле резкопеременной или сильно ослабленной динамикой ОБ горизонта А.

Замыкающие юрский сейсмокомплекс ОБ горизонтов Т₁ и Б прослеживаются достаточно уверенно, являясь выразительными по динамике, за исключением участков, где выделяются многочисленные разрывные нарушения.

Поэтому перед кинематической интерпретацией участки графиков с аномальным поведением ОБ редактировались по каждому разрезу по признаку унаследованности аномалий с учетом вертикального градиента, а также поведения расчетных скоростей в крест и по простиранию пород. В целом по площади отмечено несоответствие между градиентами времен и скоростей на аномальных участках в центральной части куполов месторождения.

Итак, различные закономерности изменения скорости распространения упругих волн для северного и южного куполов характеризуются расхождением в волновой картине между близкой к своду скв. 201 и расположенной на крыльях структуры скв. 145, достигая при этом 200 мс.

Переинтерпретация сейсмических данных, полученных до 1992 г., при всех допущенных поправках при построении структурных поверхностей сглаживалась матрицей 1 км*1 км. Данная переинтерпретация привела к тому, что на полученной

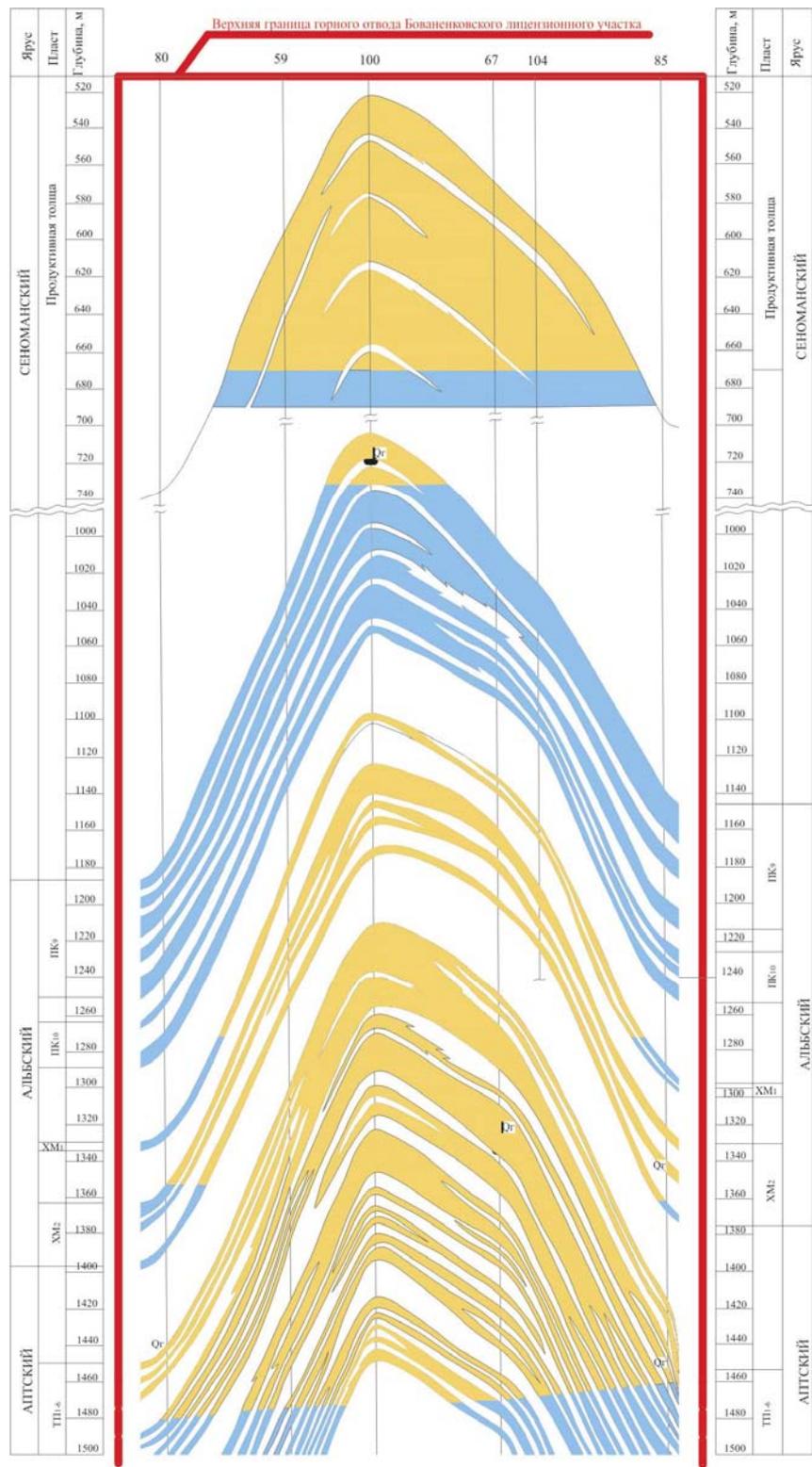


Рис. 1. Разрез продуктивных отложений аптского, альбского и сеноманского ярусов Бованенковского НГКМ

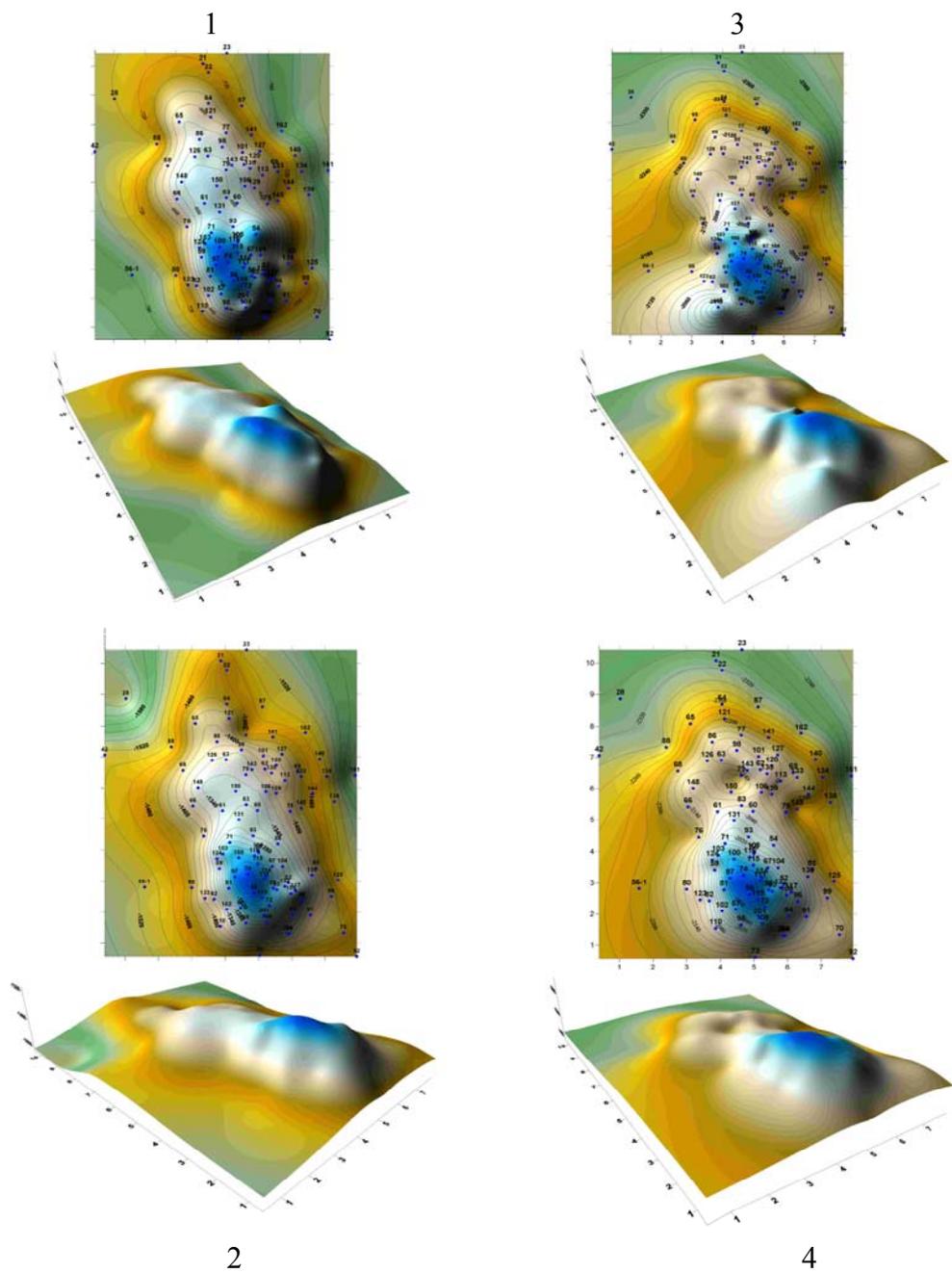


Рис. 2. Современное положение кровли структурных горизонтов:
 1 – ПК₁ (сеноманская продуктивная толща); 2 – ТП₁₋₆ (аптская продуктивная толща); 3 – до ТП₁₈ (продуктивные отложения верхнего готерив-апта); 4 – БЯ₁ (продуктивные отложения тонопчинской свиты, расположенные ниже ТП₁₈)

«пликативной модели были снивелированы все палеогеодинамические процессы разнонаправленных вертикальных движений, происходившие между реперными

горизонтами в периоды активизации тектонических процессов (рис. 3).

Следует отметить, что для большинства исследованных горизонтов также характерна высокая структурно-литологическая неоднородность слабо коррелируемых стратиграфических границ по площади. Это связано как с недостаточным соотношением сигнал/помеха, так и со значительной тектонической раздробленностью пород и сильным переменным влиянием мощных апт-сеноманских залежей на отражения от юрских ОГ.

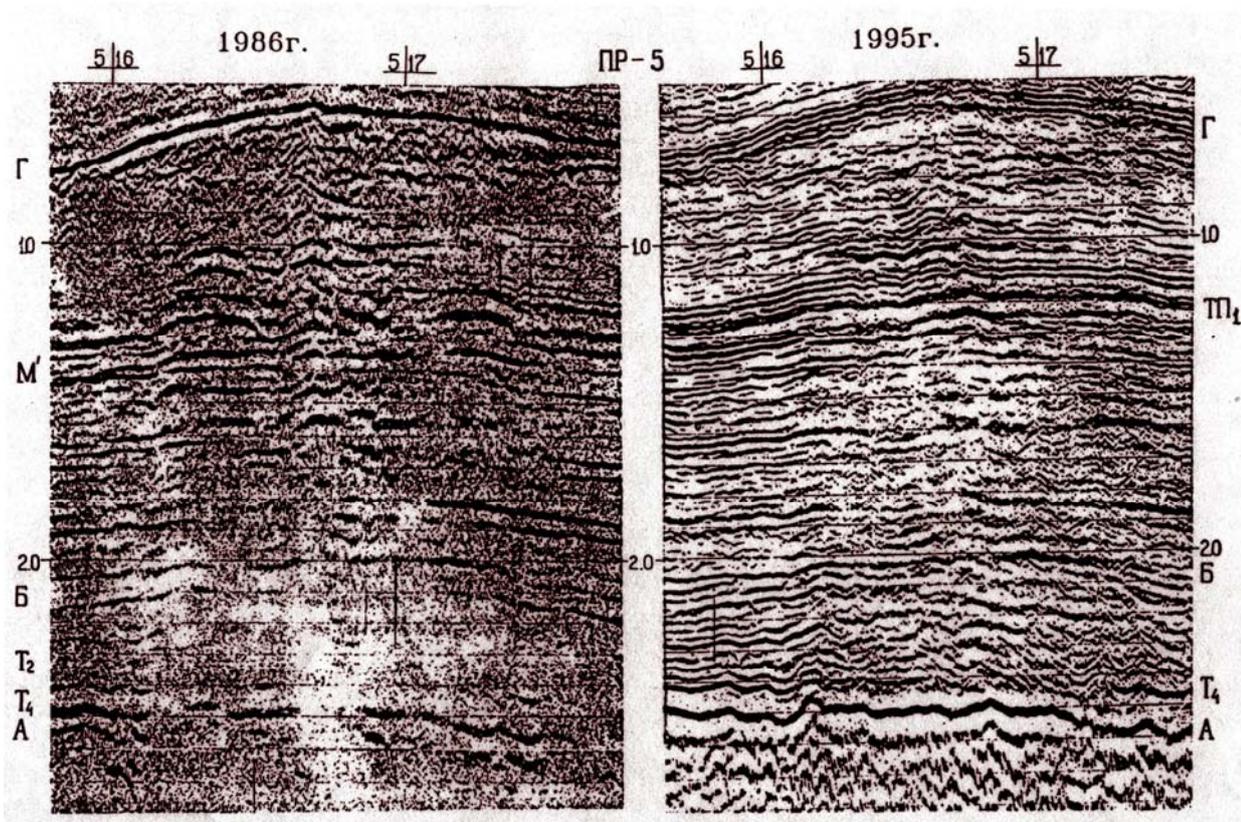


Рис. 3. Переобработанный путем сглаживания сейсмический профиль СП-26,45\85-86 (объяснения см. текст)

Многопластовая залежь ТП₁₋₆ может условно считаться массивной, так как в её пределах происходят резкие, от скважины к скважине, литолого-фациальные замещения в породах коллекторов (проницаемых слоев), что исключает объединение их в отдельные продуктивные пласты и прослеживание по площади. Единая сложно построенная толща ТП₁₋₆ включает до 15–17 пропластков с диапазоном мощностей от 1–2 до 30 м, имеющих различную протяжённость. Они характеризуются резкими фациальными границами.

Поэтому за основу структурно-тектонического районирования данной территории месторождения с целью прослеживания зон разломов в осадочном чехле был выбран

структурный план по отражающему горизонту T_1 , связанный с кровлей, чётко коррелируемой в разрезе продуктивной мальшевской свитой, – пласт $Ю_2$, характеризующий строение фундамента (рис. 4).

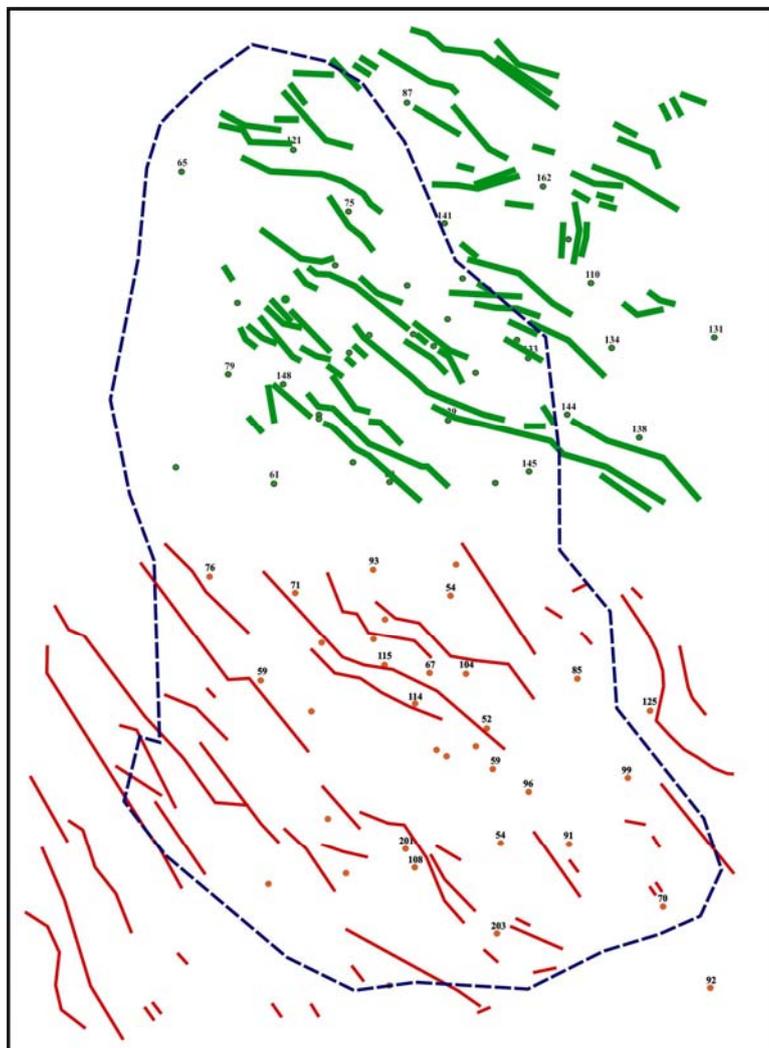


Рис. 4. Зоны тектонических нарушений, выявленные по материалам сейсморазведочных работ:

- 1 – на границе палеозойского основания и осадочного чехла ОГ А (красные линии);
- 2 – в кровле юрских отложений – $Ю_2$ ОГ T_1 (зеленые линии);
- 3 – синий контур – граница горного отвода месторождения

Разноранговый блоковый характер, сформированный зонами северо-западных и северо-восточных линеаментов, выявленных на основе системного структурно-тектонического анализа, отражает интегрированную картину действия региональных и

локальных полей напряжений, проявившихся на разных этапах формирования структуры.

Сопоставление разноранговых систем линеаментов и зон разломов, выделенных различными методами в осадочном комплексе пород и фундаменте, позволил оставить те из них, которые трассируются в осадочном чехле и могут быть активными или активизироваться при разработке месторождения.

По результатам обработки дистанционных материалов и их комплексирования с геолого-геофизическими данными установлена соподчиненность различных структурных элементов, качественно оценена их неотектоническая активность, отраженная в ландшафтных индикаторах, позволяющая синтезировать новую комплексную информацию с целью создания геодинамической модели глубинного строения территории и, в конечном счете, исследуемой локальной структуры.

Для проведения оценки негативных геодинамических последствий на ещё не разрабатываемом Бованенковском месторождении рассмотрены три основных типа техногенного воздействия на объекты инфраструктуры добывающего комплекса – активизация зон разломов, возникновение обширных просадок и техногенная сейсмичность.

Прогнозная оценка негативных геодинамических последствий

Рассмотрение различных сценариев формирования обширных просадок земной поверхности территории месторождения показало следующее.

1. Наиболее простая с точки зрения адекватности природным условиям модель Гиртсма, которая основана на экспериментальных данных для коэффициентов уплотнения горных пород, моделируется бесконечным по простиранию пластом, испытывающим уплотнение пород за счет уменьшения порового пространства, обусловленного разработкой и проседанием земной поверхности. На основе промысловых данных об уплотнении пород различных месторождений получены минимально и максимально возможные значения коэффициента уплотнения, на основании которых получены минимальные и максимально возможные оценки обширных просадок.

В соответствии с методом Гиртсма минимальное значение просадок составит 0,26 м, а максимальное – 1,5 м.

2. Более реалистическая картина при оценке просадок земной поверхности над месторождением возникает при использовании модели ограниченного пласта (модель

Кузьмина – Черныха), которая построена на предположении о невесомой геологической среде, но с использованием данных о коэффициентах сжимаемости пород для Бованенковского НГКМ.

Эти оценки базируются на ограниченном количестве экспериментальных данных о деформации пород-коллекторов Бованенковского газоконденсатного месторождения. В соответствии с этими данными в расчетах просадок земной поверхности было принято значение коэффициента сжимаемости порового объема 0,012 1/МПа.

В то же время, по литературным данным, для аналогичных пород, залегающих на тех же глубинах и имеющих примерно ту же пористость, эта величина меняется в пределах от 0,0004 до 0,004 1/МПа, т.е. реальная величина сжимаемости может оказаться в 3–30 раз меньше принятой в расчетах, и, следовательно, в тех же размерах уменьшается величина просадок. С учетом изложенного выше можно считать, что максимальная величина просадок в рамках модели деформируемого пласта (Кузьмин – Черных) составляет порядка 1,2 м.

3. Учет веса горных пород, являющийся следующим приближением к реальности, показал, что различие в просадках для весомой и невесомой толщи пород составляет 20%.

4. В последние годы была построена модифицированная генетическая модель (Кузьмин, 2005), которая учитывает тектонический фактор при формировании аномальных деформаций. Как показывают оценки, учет тектонического фактора снижает амплитуду обширных просадок практически в два раза. Поэтому прогнозная оценка обширной просадки Бованенковского НГКМ по генетической модели составит 0,6–0,7 м.

Оценка техногенной активизации разломных зон (СД-процессов) при разработке Бованенковского месторождения показала следующее.

Комплексная интерпретация дистанционной и геолого-геофизической информации позволила выделить несколько опасных разломных зон, несущих все признаки современных суперинтенсивных деформаций со скоростями смещений 5–7 см в год, которые неоднократно наблюдались геодезическими методами на других месторождениях.

Наиболее принципиальным признаком опасности разломов является совпадение разломных зон, выявленных в фундаменте, с определенными по дистанционной информации разломами. Тот факт, что разломы фундамента прослеживаются на поверхности, свидетельствует о непрекращающейся активности зоны разлома.

Из всей совокупности разломных зон на территории всего месторождения выделены 6 зон опасных разломов (каждая шириной порядка 1,5–2,0 км), которые сосредоточены в южной части месторождения и обладают максимальным геодинамическим риском, поскольку именно в этой части сосредоточена максимальная плотность объектов инфраструктуры.

Анализ потенциальной возможности возникновения техногенных и техногенно-индуцированных землетрясений показывает, что, согласно СНиП II-7-81* «Строительство в сейсмических районах. Карта ОСР-97-С», территория Бованенковского НГКМ находится в зоне сейсмичности 5 баллов по шкале МСК-64. Это означает, что разработка данного месторождения не приведет к возникновению сильных (катастрофических) землетрясений техногенно-индуцированной природы.

Возникновение техногенных землетрясений также маловероятно, учитывая глубину залегания пород фундамента. Однако, если даже интенсивная добыча и приведет к возникновению техногенных сейсмических событий, то уровень сотрясаемости не превзойдет 3–4 баллов по шкале МСК-64.

Таким образом, интегральная оценка уровня геодинамических последствий на Бованенковском НГКМ диктует необходимость постановки системы маркшейдерско-геодезического обеспечения и охраны недр данного объекта путем создания геодинамического полигона.

Приведенные оценки обуславливают необходимость поэтапного ввода системы геодинамических наблюдений. В первую очередь, детальные построения и конфигурация измерительных систем должны обеспечивать геодинамическую безопасность объектов южного купола. При этом крайне целесообразно сочетать наземные и спутниковые методы геодезии для адекватного отслеживания ситуации на «региональном», «зональном» и «локальном» уровнях описания процессов.

Полученные схемы площадного распределения опасных разломов позволят определить оптимальный регламент наблюдений (точность и детальность наблюдений, совокупность методов измерений, конфигурация измерительных профилей), который является неотъемлемой частью будущего Технического проекта создания геодинамического полигона.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Кузьмин Ю.О.* Современная геодинамика и оценка геодинамического риска при недропользовании. М.: Агентство Экономических Новостей, 1999. 220 с.
2. *Кравцов В.В., Никонов А.И.* Системно-иерархическая структура полей напряжений и ее отражение на аэрокосмических снимках на примере Самотлорского месторождения (Черногорская площадь) // Геология, геофизика и разраб. нефт. месторождений. 1996. № 8/9. С. 18–21.