

### 3. Сейсмический мониторинг

А.П.Бутолин

A. P. Butolin

*Оренбургский государственный педагогический университет  
Orenburg State Pedagogical University*

#### ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОГО СЕЙСМИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ОРЕНБУРГСКОГО ПРИУРАЛЬЯ SEISMIC CAPACITY EVALUATION OF POSSIBLE ORENBURG URAL

**Аннотация.** Разработка месторождений углеводородов сопровождается сейсмическими событиями. Изменения в геологической среде могут послужить «спусковым крючком» для сейсмического разрыва. Мониторинг сейсмических событий по сети сейсмических станций в Оренбургском Приуралье позволит учитывать реальную сейсмичность. Результаты мониторинга должны учитываться при выборе технологических режимов добычи полезных ископаемых, планировании строительства и эксплуатации инженерных сооружений, снизить вероятность чрезвычайных ситуаций и своевременно информировать население о сейсмической опасности в регионе.

**Abstract.** Development of hydrocarbon fields accompanied by seismic events. Changes in geological environment can serve as a "trigger" for a seismic gap. Monitoring seismic events across a network of seismic stations in the Orenburg Region would recognize real seismicity. The results of the monitoring should be considered when choosing the technology of mining, planning the construction and operation of engineering structures, to reduce the likelihood of emergencies and inform people about the seismic hazard in the region.

Сейсмическое районирование Оренбургского Приуралья является первым и основным этапом в оценке сейсмического риска в регионе. Прогнозные оценки сейсмического потенциала даже сейсмоактивных областей, обеспеченных сейсмологической информацией и хорошо изученных в сеймотектоническом отношении остаются недостаточно разработанными. Примером тому является недавняя экологическая катастрофа в Японии. . Поэтому усиливающаяся техногенная нагрузка на геологическую среду в нефтегазодобывающих регионах вызывает обеспокоенность возможными обострениями экологической безопасности и выдвигает, в качестве первоочередных задач, оценку сейсмической опасности при проектировании и эксплуатации продуктивных нефтегазовых толщ в крупных блоках трещиноватых осадочных пород с зонами тектонических разломов.

Юго-восточная окраина Восточно-Европейской платформы в пределах Оренбургского Приуралья представляет собой неоднородный комплекс архейско-протерозойских пород в кристаллическом фундаменте, перекрытых более молодыми толщами осадочных формаций мощностью от 1.6 км на севере до 15 км на юге. Мантия располагается под консолидированной корой на глубине около 30 км [1].

В шовной структуре Урала отмечаются аномальные неоднородности верхних частей земной коры и верхней мантии. Причем считается, что Магнитогорский синклиний является унаследованной рифтовой структурой в зоне сочленения литосферных плит Евразийского континента [2], которая является потенциальным источником сейсмических событий.

Блоки геологической среды нижнего гидрогеодинамического этажа вовлечены в техногенез и образуют природно-техногенные системы, подчиняющиеся общим физико-химическим закономерностям – гидрогеодинамическим, гидрогеохимическим, гравитационным по всему разрезу. В ненарушенном состоянии они контролировали температурный, газовый, химический режим биоты, атмосферы, гидросферы, механическое упруго-напряженное состояние верхних слоев земной коры. В возбужденном состоянии этот процесс не прекращается, но изменяется его динамика. Изменяется природная составляющая

нижнего гидрогеодинамического этажа и появляется техногенная составляющая, связанная с перераспределением физико-химических параметров.

В платформенной части Оренбургской области распространены субширотные разломы, дуговые разломы и пояса разломов и диагональные разрывные нарушения, среди которых преобладают разломы северо-северо-восточного простирания. Флексуры обрамления Прикаспийской впадины разделены на отрезки диагональными нарушениями. Такая же зона диагональных нарушений отмечается между Оренбургским валом и Карачаганакским поднятием.

Дуговые системы разломов образуют три-четыре пояса и соответствуют положительным полосовым магнитным аномалиям фундамента по контуру юго-восточного погружения Жигулевско-Оренбургского свода.

Диагональные дислокации представлены в виде разрывных структур северо-северо-восточной ориентировки, например грабенообразные прогибы на севере области, а также разломы и дизъюнктивные зоны северо-северо-западного и восточно-северо-восточного простирания.

На рассматриваемой территории также выявлены сквозные транзитные структурные зоны, проходящие между блоками или выступами фундамента часто дизъюнктивной природы. К таким транзитным (трансрегиональным) зонам отнесены Ашкадарская, Ик-Иртекская, Самарская [3].

В бортовой зоне Предуральяского прогиба отмечены разломные субширотные зоны. Диагональные разломы оперяют и северный борт Прикаспийской впадины. Таким образом, неотектоническая активность за неоген-четвертичное время возобновляет и формирует новые трещиноватые зоны, которые могут стать причиной локальных сейсмических событий.

Анализ опубликованных материалов по техногенным сейсмическим событиям [2,4] и результаты мониторинга сейсмических событий в районе Оренбургского нефтегазоконденсатного месторождения показывают, что разработка месторождений в массивах осадочных толщ сопровождается сейсмическими событиями, связанными с энергией вмещающих пород, превышением горизонтальных напряжений над вертикальными, наличием зон максимального изменения скоростей современных движений земной коры, неравномерным распределением по площади и глубине касательных тектонических напряжений, взрывными работами на земной поверхности. Кроме того, установлено, что сейсмические события проявляются неравномерно в пространстве и во времени - число событий возрастает в определенные часы, дни, сезоны года, десятилетия, века и обусловлено это влиянием на напряженное состояние горных пород вариаций солнечной активности, лунно-солнечных приливов, прецессий и нутаций земной оси вращения и т.п.

Проблема прогноза или предсказания землетрясений является не только научной или технической, но и социальной. Третье обстоятельство, скорее всего, и стимулирует исследования по изучению предвестников землетрясений.

Методы оценки сейсмической опасности платформенных территорий только начинают разрабатываться, и основная трудность решения этой проблемы состоит в невозможности использовать для платформенных структур стандартные методы и технологии распознавания сейсмически активных зон. Для Оренбургского Приуралья, где эксплуатируется более 200 месторождений нефти и газа, проложены тысячи километров трубопроводов, располагаются крупные объекты по подготовке и переработке газа и конденсата, продолжение комплексного физико-химического, петрофизического и геолого-геофизического изучения земной коры является актуальным.

При изучении техногенных систем, связанных с разработкой месторождений-гигантов, каким, является Оренбургское нефтегазоконденсатное месторождение, используются современные достижения наук о Земле и земной коре. Особую актуальность приобретают структура и механика геотехногенных систем как в земной коре, так и на земной

поверхности, которые формируются с участием человека, но остаются часто абсолютно независимыми от него. Речь идет о природно-техногенных системах, взаимодействие которых изучается с целью предупреждения возможных экологических рисков и обеспечения разумно безопасного и эффективного освоения недр.

На основе регистрации сейсмических событий малой магнитуды, тяготеющих в Оренбургском Приуралье к тектоническим разломам и деформационно-напряженным зонам, с привлечением данных по распределению проницаемости и влаго- и газоемкости пород, распределению градиентов температур по глубине и другим изменениям выделяются участки и блоки возможных предельных напряжений. Мониторинг сейсмических событий и положений сейсмических очагов природного и техногенного происхождения в регионе позволит прогнозировать гибкие профилактические меры по предупреждению возможных сейсмических событий с ощутимой магнитудой.

Блочная структура массивов горных пород выявляется геоморфологическими методами по картам рельефа и, при необходимости, детальными работами на местности, используя маркшейдерский принцип «от общего к частному» [5].

Все материалы геоморфологических построений должны подтверждаться геологическими и геофизическими данными. Интенсивность трещиноватости блоков горных пород и степень выраженности разломов в рельефе связаны с неотектоническими движениями и литологическим составом пород и проявляется в рельефе высотными отметками и глубиной эрозионных врезов. Наиболее сложный рельеф формируется на пересечении разломных зон.

Как известно, в результате инженерной деятельности в верхних слоях земной коры и на земной поверхности нарушается природное равновесие напряженно-деформационного состояния блоков горных пород, испытывающих техногенное воздействие, и становится возможным их разрыв или землетрясение. Очаги вызванных землетрясений, вероятно, формируются также в зонах нарушения гравитационного поля земной коры под действием гидростатических нагрузок, либо при повышении давления порово-трещинных вод.

Механизм воздействия порово-трещинных вод на блоки горных пород в очагах техногенных землетрясений, в общем, мало отличается от воздействия в естественных очагах. Так Киссин И.Г. в своем анализе отмечает, что поровые воды нейтрализуют геостатическую нагрузку и снижают трение в основании покровных надвигов при их перемещении [6].

Экспериментами американских ученых М.К. Hubbert, W.W. Rubey, установлено, что очень крупные блоки могут сползать при уклоне всего в  $1-2^\circ$ , если поровое давление составляет 80% давления вышележащей крышки [7]. Для глубинных зон земной коры, где поровое давление подземных вод приближаются к величине геостатической нагрузки, трение по поверхности сместителя может снизиться до нуля. Вода при таких давлениях становится мощным фактором тектонических подвижек и землетрясений. И здесь роль поровых жидкостей может проявиться двояко. При высоком давлении порово-трещинных вод уменьшается трение на плоскости скола, как и для покровных надвигов. При высоких поровых давлениях деформации скалывания могут произойти под действием относительно малых тектонических напряжений. Поэтому, как принято говорить в сейсмологии, изменения в геологической среде могут послужить «спусковым крючком» для сейсмического разрыва.

Вызванные землетрясения, по установившемуся среди сейсмологов мнению, в большинстве случаев происходят в областях с более или менее высокой собственной сейсмичностью. Но опыт эксплуатации нефтяных и газовых месторождений на территории Татарстана, Башкортостана, Оренбургской области и Западной Сибири, где сейсмические события отмечаются уже с нарастающей частотой, указывает на формирование очагов геологической опасности что установлено и нашими исследованиями в Оренбургском Приуралье [4,8]. Упомянутые землетрясения произошли сравнительно недавно, поэтому пока не выявлены отдаленные сейсмические последствия изменений напряженно-

деформационных состояний блоков порово-трещинных пород.

Мониторинг сейсмических событий по сети сейсмических станций позволит учитывать реальную сейсмичность при выборе технологических режимов добычи полезных ископаемых, планировании строительства и эксплуатации инженерных сооружений, снизить вероятность чрезвычайных ситуаций и своевременно информировать население о сейсмической активности в регионе.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Шумилов В.Н. Граница Мохоровичича //Интернет-ресурс [shumilov.kiev.ua](http://shumilov.kiev.ua). - <http://shumilov.kiev.ua/geofizika/granica-moxorovichicha.html> (август 2009)
2. Блинова Т.С. Прогноз геодинамически неустойчивых зон. Екатеринбург: УрО РАН, 2003.- 163 с.
3. Яхимович Н.Н., Денцкевич И.А., Кутеев Ю.М. Основные направления, перспективы и задачи геологоразведочных работ на нефть и газ в Оренбургской области. / М.: Ж. Отечественная геология. - 1996. - №6. - С.21-27.
4. Бутолин А.П., Нестеренко Ю.М., Шарапов А.П. Мониторинг современных геотектонических процессов на территории Оренбургской области Материалы Второй Международной сейсмической школы «Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных», Обнинск, 2007.- С.63-66.
5. Петухов И.М., Батугина И.М. Геодинамика недр. М.: «Недра Коммуникейшенс ЛТД», 1999. – 383 с.
6. Киссин И.Г. Вода подземелий. – М.: Наука, 1978. – 222с.
7. Hubbert M.K., W.W. Rubey. Role of fluid pressure in mechanics of overtrust faulting // Geological Society of America Bulletin, 1959. - Vol.70.- P. 159.
8. Нестеренко Ю.М., Нестеренко М.Ю., Никифоров И.А. Сейсмичность районов развития галогенных структур как возможный предвестник разгерметизации углеводородных залежей (на примере ОНГКМ) Проблемы геологии, геоэкологии и рационального природопользования // Матер. Всероссийского научного симпозиума. Саратов, ИЦ «Наука», 2010.- С. 43