

## **ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ ЮЖНОГО ПРЕДУРАЛЬЯ**

Рассмотрены техногенные воздействия на земную кору районов добычи нефти и газа в Южном Предуралье, приводящие к снижению пластового давления и изменениям уровня пластовых вод. Выявлена взаимосвязь между снижением давления в водной системе с геодинамической и сейсмической активностью недр. Установлено, что вода, заполняющая тектонические нарушения в геологической среде, ускоряет передачу энергии, сформированной градиентом давлений в продуктивных пластах за пределы разрабатываемого месторождения. Проведен анализ и сопоставление очагов сейсмических событий с геологическим и тектоническим строением, природной и техногенно нарушенной гидрогеодинамикой. На разрабатываемых месторождениях УВ уменьшение давления в системе «УВ – пластовые воды» нарушает сложившееся природное геодинамическое равновесие в содержащих их геологических структурах, которое становится причиной их подвижек и сейсмических событий. Кроме того, в результате эксплуатации месторождений УВ, в связи с уменьшением пластового давления, значительно изменяется давление в подземных водах, направления и скорости их движения, а также фильтрационно-емкостные и другие свойства окружающей их геологической среды.

На разрабатываемых месторождениях УВ в Южном Предуралье фиксируется в среднем 20–30 сейсмических события в год с магнитудой  $M_L = 1-2$  и более, что в десятки раз чаще, чем за их пределами. Вместе с этим, техногенные геодинамические процессы в верхней части земной коры в районах разработки месторождений УВ протекают относительно быстро (в сравнении с естественными геодинамическими процессами) и, как правило, имеют отдаленные последствия.

Для контроля негативных проявлений на земной поверхности действия геодинамических процессов могут применяться геодезические наблюдения по реперам профильных линий нивелирования. Однако учитывая значительные площади территории разрабатываемых месторождений УВ, применение такого метода контроля развития геомеханических, геодинамических и, в определенных условиях, геокриологических процессов не всегда целесообразно (высокая стоимость работ, значительная их продолжительность во времени и т. п.)

Сейсмологический мониторинг позволяет регистрировать геодинамические процессы в породном массиве с оценкой их глубины непрерывно.

Предложена методология построения геодинамических полигонов на основе сейсмических наблюдений.

По результатам анализа выполненных на ряде месторождений УВ Южного Предуралья наблюдений в соответствии с предложенной методикой организации геодинамического мониторинга, было установлено многократное увеличение сейсмической активности недр в районах разрабатываемых месторождений УВ. При этом максимальная активность геологической среды была пространственно приурочена к гидродинамическим воронкам, концентрируясь в зонах наибольшего падения пластового давления и тектонических нарушений.

**Ключевые слова:** геодинамический полигон, гидрогеодинамика, сейсмология, Южное Предуралье, техногенные изменения, добыча углеводородов, геологическая среда, тектоника.

В процессе длительной разработки месторождений углеводородов (УВ) возникают значительные негативные геодинамические последствия в виде техногенной и техногенно-индуцированной сейсмичности, обширных просадок территории месторождения, а также активизации разломных зон, контролирующих месторождения. Наиболее серьезные экологические и социально-экономические последствия (как правило, необратимые) сильных техногенно-индуцированных землетрясений: повреждение наземных нефтегазоперерабатывающих производств, разрушение наземных коммуникаций, инженерных и социальных объектов, разлив нефтепродуктов и выбросы

газа, загрязняющие земную поверхность и атмосферу.

В Южном Предуралье (Республика Татарстан, Республика Башкортостан, западная часть Оренбургской области) более полувека интенсивно эксплуатируются десятки месторождений УВ. Высокая плотность месторождений УВ и интенсивная их разработка обусловили техногенные изменения в геологической среде на площадях до 5000 км<sup>2</sup> и более [1], [2].

Известной особенностью добычи УВ является минимальное извлечение горных пород из недр, что в условиях разработки месторождений твердых полезных ископаемых служит потенциальным источником техногенных или

природно-техногенных негативных проявлений, обусловленных нарушением целостности и пространственного положения геологических структур и блоков относительно друг друга. Поэтому изменения в строении и динамике геологических структур в районе разрабатываемых месторождений УВ относят к вторичным причинам, происходящим в результате техногенных трансформаций естественных процессов в жидкой и газообразной компонентах месторождения и окружающей их водной системе.

На разрабатываемых месторождениях УВ уменьшение давления в системе «УВ – пластовые воды» нарушает сложившееся природное геодинамическое равновесие в содержащих их геологических структурах, которое становится причиной их подвижек и сейсмических событий [3].

По данным, на разрабатываемых месторождениях УВ в Южном Предуралье фиксируется в среднем 20–30 сейсмических события в год с магнитудой  $M_L = 1-2$  и более, что в десятки раз чаще, чем за их пределами [2]. Вместе с этим, техногенные геодинамические процессы в верхней части земной коры в районах разработки месторождений УВ протекают относительно быстро (в сравнении с естественными геодинамическими процессами) и, как правило, имеют отдаленные последствия.

В то же время, наблюдение и выявление причин и механизмов повышения техногенной геодинамики, сейсмичности недр является актуальной задачей. В основу выявления таких причин могут быть положены результаты мониторинга гидрогазодинамических, геодинамических и геофизических процессов и динамики в системе подземных вод в районах разрабатываемых месторождений УВ. Для контроля негативных проявлений на земной поверхности действия геодинамических процессов могут применяться геодезические наблюдения по реперам профильных линий нивелирования. Однако учитывая значительные площади территории разрабатываемых месторождений УВ, применение такого метода контроля развития геомеханических, геодинамических и, в определенных условиях, геокриологических процессов не всегда целесообразно (высокая стоимость работ, значительная их продолжительность во времени, накопления ошибки при увеличении

числа ходов и т. п.). Точность, надежность, достоверность и репрезентативность повторных наблюдений исключает возможность решения поставленных маркшейдерских задач обеспечения промышленной безопасности и влечет напрасное вложение значительных средств в строительство и производство наблюдений.

Для определения горизонтальных и вертикальных сдвижений точек земной поверхности целесообразно использовать спутниковые наблюдения с применением глобальных навигационных спутниковых систем (GPS, ГЛОНАСС, GALILEO).

Более современные методы контроля динамики смещения земной поверхности, обусловленной развитием геодеформационных процессов, основываются на спутниковых наблюдениях – определение положения пунктов глобальной навигационной спутниковой сети, технология дифференциальной интерферометрии и т. д. [6]. Использование методов контроля смещений земной поверхности позволяет фиксировать результаты проявления совокупного действия эндогенных и экзогенных геологических процессов и, как правило, выполняются сезонно.

Сейсмологический мониторинг позволяет регистрировать геодинамические процессы в породном массиве с оценкой их глубины непрерывно.

Такой мониторинг выполняется на территории Южного Предуралья. Так, в зонах разломных структур, имеющих повышенную обводненность, установлена более высокая природная и техногенная сейсмическая активность.

Нами была выявлена взаимосвязь большинства эпицентров сейсмических событий с зонами планетарно-тектонической трещиноватости и областями пересечения разломов, линеаментов и кольцевых зон. Можно утверждать, что эпицентры сейсмических событий тяготеют к напряженно-деформационным узлам массивов горных пород. В зоне разломов, составляющей 1% контролируемой сейсмическим мониторингом территории Южного Предуралья, происходит около 30% всех событий.

Кроме того, анализ распределения сейсмической активности недр по всей территории Южного Предуралья показывает, что основная часть

сейсмических событий регистрируется в районах интенсивно разрабатываемых месторождений углеводородов. Кроме того, в районе Оренбургского НГКМ большая часть выделившейся энергии и сейсмических событий приходится на площадь гидродинамической воронки. Плотность зарегистрированных событий, а также выделившаяся сейсмическая энергия в несколько раз больше пределов гидродинамической воронки, чем в среднем по Южному Предуралью.

По результатам анализа выполненных на ряде месторождений УВ Южного Предура-

ля наблюдений в соответствии с предложенной методикой организации геодинамического мониторинга, было определено, что в районах разрабатываемых месторождений углеводородов Южного Предуралья сейсмическая активность недр выше в несколько раз.

При этом максимальная активность геологической среды была пространственно приурочена к гидродинамическим воронкам, концентрируясь в зонах наибольшего падения пластового давления и тектонических нарушений.

12.09.2015

---

**Список литературы:**

1. Нестеренко М.Ю. Геозкология недр нефтегазоносных районов Южного Предуралья. Екатеринбург: УрО РАН, 2012. 135 с.
2. Нестеренко Ю.М., Нестеренко М.Ю., Днистрянский В.И., Глянцев А.В. Влияние разработки месторождений углеводородов на геодинамику и водные системы Южного Предуралья // Литосфера. 2010. №4. С. 28–41.
3. Hubbert, M. K., Rubey W. W. Role of fluid pressure in mechanics of overthrust faulting // Geological Society of America Bulletin. 1959. Vol. 70.
4. Инструкция по производству маркшейдерских работ. РД 07-603-03
5. Геодезические методы изучения деформаций земной коры на геодинамических полигонах: Метод. руко-во. М.: ЦНИИГАиК, 1985. 105с.
6. Нестеренко М.Ю., Никифоров С.Э. Опыт ведения сейсмологических наблюдений на геодинамических полигонах нефтегазовых месторождений Южного Предуралья // Нефть, газ и бизнес, №10(173), 2014, с. 24-29.

**Сведения об авторах:**

**Нестеренко Максим Юрьевич**, заведующий лабораторией антропогенеза в водных системах и геодинамики Южного Урала Оренбургского научного центра Уральского отделения Российской академии наук, доктор геолого-минералогических наук  
460014, г. Оренбург, ул. Набережная, д.29, тел./факс: (3532) 770660, e-mail: geocol-onc@mail.ru

**Цвяк Алексей Владимирович**, старший научный сотрудник Оренбургского научного центра Уральского отделения Российской академии наук, кандидат технических наук  
460014, г. Оренбург, ул. Набережная, д.29, тел./факс: (3532) 770660, e-mail: geocol-onc@mail.ru