ТЕХНОГЕННО-ПРИРОДНАЯ СЕЙСМИЧНОСТЬ РАЗРАБАТЫВАЕМЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ В ЮЖНОМ ПРЕДУРАЛЬЕ

Ю.М. Нестеренко[1], О.В. Косолапов[2], М.Ю. Нестеренко[1]
1 – Оренбургский научный центр УрО РАН, 2 – Оренбургнедра

Разработка месторождений нефти и газа приводит к изменениям в гидро- и газодинамике, что обусловливает соответствующие изменения в геодинамике твердой части земной коры и часто приводит к землетрясениям и экономическому ущербу. В работе исследуются закономерности влияния нефтегазодобычи на гидрогеодинамику и сейсмичность на примере Южного Предуралья.

В Южном Предуралье в течение последних 40 лет интенсивно эксплуатируются крупнейшее в Европе газоконденсатное месторождение и множество крупных и мелких месторождений нефти. Объекты инфраструктуры нефтегазового комплекса часто располагаются среди сельскохозяйственных угодьев и вблизи населенных пунктов, что повышает требования к экологической безопасности. Южное Предуралье находится на стыке трех геологических структур – Волго-Уральской антеклизы, Прикаспийской синеклизы и Предуральского краевого прогиба – и имеет густую сеть тектонических разломов. Совокупность природных и хозяйственных особенностей требует соответствующих адаптированных решений экологических и экономических проблем региона, а также обусловливает ряд особенностей эксплуатации месторождений нефти и газа.

Добыча полезных ископаемых, их транспортировка и переработка воздействуют на экологическое состояние недр, гидросферы, атмосферы и земной поверхности. За изменениями в них необходимо вести наблюдения. В настоящее время в Оренбуржье на основных месторождениях нефти и газа ведется мониторинг поверхностных вод, атмосферы и земной поверхности. Техногенные изменения в недрах обычно протекают медленно, как правило, имеют отдаленные последствия и трудно устранимы. При добыче нефти и газа постепенно уменьшается давление в продуктивных пластах и окружающих их водоносных горизонтах. Изменения в гидро- и газодинамике обусловливают соответствующие изменения в геодинамике твердой части земной коры, часто приводя к землетрясениям. Вероятно, по причине замедленности техногенных изменений в земной коре при добыче полезных ископаемых они мало исследованы и их мониторинг недостаточно организован, несмотря на то, что последствия техногенных изменений в земной коре могут

привести к крупнейшим техногенным катастрофам и чрезвычайным ситуациям: землетрясениям, провалам земной поверхности, изменениям в балансе и качестве подземных вод зоны активного водообмена, являющихся основным источником водных ресурсов.

Масштабы техногенных катастроф и чрезвычайных ситуаций во многом зависят от объемов недр и площадей, на которые оказываются техногенные воздействия при добыче полезных ископаемых. При добыче нефти и газа техногенезом охватываются объемы недр до нескольких тысяч кубических километров и на площадях в тысячи квадратных километров. В Южном Предуралье Оренбургское нефтегазоконденсатное месторождение (ОНГКМ) занимает площадь около 2500 км^2, а уменьшение давлений в пластовых водах в результате 30-летней добычи газа произошло на площади более 3000 км^2. В центральной части месторождения при уменьшении давления газа более чем на 10 МПа некомпенсированное напряжение в выше и ниже расположенных горных породах составляет порядка 1000 т на квадратный метр. Примерно на эту же величину увеличиваются градиенты давления между пластовыми водами месторождения и прилегающими к ним водоносными комплексами. Крупномасштабные техногенные изменения в недрах ОНГКМ привели к повышению суммарной выделившейся сейсмической энергии за год до $8.14*10^{10}$ Дж в центральной его части с $1,78*10^{7}$ Дж на прилегающих к нему территориях в расчете на 1000 км^2.

Аналогичные техногенные изменения наблюдаются на больших площадях при добыче нефти на месторождениях в Бузулукской впадине. На группе месторождений в районе г. Сорочинска давление пластовых вод уменьшилось почти на 10–12 МПа на нескольких сотнях квадратных километров. В результате только в 2008 г. здесь было зарегистрировано 9 землетрясений магнитудой 1–2 и более, с выделением энергии за год до $4,02*10^{10}$ Дж на 1000 км^2. На территориях месторождений нефти в Переволоцком районе зарегистрировано 15 землетрясений с суммарной выделившейся сейсмической энергией порядка $1,6*10^{10}$ Дж на 1000 км^2.

Весь разрабатываемый нефтегазоносный регион с множеством крупных и мелких разрабатываемых месторождений имеет повышенную сейсмичность в сравнении с юго-восточной частью Южного Предуралья, где они не разрабатываются.

Природная, а также техногенная сейсмичность во многом зависят от геологического строения земной коры. В геоструктурном отношении Южное Предуралье относится к юго-восточной окраине Восточно-Европейской платформы и соседствует с Прикаспийской

синеклизой на юге и Предуральским краевым прогибом на востоке. Сейсмические события этих геодинамических процессов проявляются на всей территории Южного Предуралья, Уральских гор и Зауралья. По этим причинам на территории Оренбуржья, согласно карте общего сейсмического районирования России (ОСР-97), возможны природные землетрясения интенсивностью 6–7 баллов по шкале МСК-64.

Существенным фактором формирования блоково-разломной структуры массивов горных пород является планетарная трещиноватость, образовавшая сложную многоразмерную сетку. Эта сетка служит основой, на которую накладываются эндогенные и экзогенные процессы дальнейшего развития структур земной коры и рельефа. В связи с этим Южное Предуралье выделяется нами как территория с высоким уровнем естественных напряжений в земной коре. Она расчленена разломами субширотного и субмеридиального простирания, вдоль которых нами фиксируется высокая плотность сейсмических событий природного и техногенного происхождения. Зоны планетарно-тектонической трещиноватости и тектонических трещин региона относятся к потенциально опасным в сейсмическом отношении.

Подземные воды перераспределяют напряжения в геологической среде в техногенно измененных условиях. В геологических структурах, где происходят значительные изменения их давлений, техногенные нарушения приводят к локальной концентрации напряжений и повышению сейсмической опасности.

Отделом геоэкологии ОНЦ УрО РАН выявлено сгущение сейсмических событий на территориях интенсивной добычи углеводородов при уменьшении пластовых давлений газа, нефти и подземных вод. Они имеют высокую корреляцию с техногенно-нарушенной геодинамикой блоковой системы горных пород. Выявлена высокая сейсмическая активность на участках, где пластовое давление снизилось в результате добычи нефти и газа в сравнении с прилегающими территориями.

Эксплуатация месторождений без учета распределения по территории сейсмической активности может стать причиной чрезвычайных ситуаций. Отсутствие информации о ней усиливает социальную напряженность, под угрозу ставится экология региона.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 09-05-99010-р-офи).