

УДК 551.553.248.2

В.А. Гридин, М.П. Голованов

**ТЕХНОГЕННАЯ ГЕОДИНАМИКА
НА РАЗРАБАТЫВАЕМЫХ ГАЗОВЫХ
МЕСТОРОЖДЕНИЯХ СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ**

В последнее время в публикациях и на различных совещаниях неоднократно справедливо указывалось на очевидное несовершенство нормативно-правовой базы по вопросам геодинамической безопасности объектов топливно-энергетического комплекса. В частности, отсутствуют нормативно-инструктивные документы, определяющие способы и методики оценки смещений земной поверхности в пределах разрабатываемых месторождений нефти и газа, а также качественные и количественные параметры оценки опасных геодинамических процессов. Вместе с тем известно, что функционирование нефтегазового комплекса может инициировать развитие негативных и опасных геодинамических процессов, как в недрах, так и на земной поверхности, с формированием зон экологического риска.

Для количественной оценки вертикальных деформаций земной поверхности в процессе эксплуатации залежей УВ разработан целый ряд методик. Все они построены на последовательном или одновременном решении двух задач: оценки сжимаемости коллектора в процессе разработки залежи и оценки обусловленных ей возможных деформаций земной поверхности. Предлагаются различные по форме и детальности способы учета деформационных свойств массива горных пород, перекрывающих

объект эксплуатации [1, 5, 6, 9, 10, 13, 14 и др.].

Существующие методики расчета, как сжимаемости коллекторов, так и деформаций земной поверхности в аспекте практического применения обладают рядом существенных недостатков, обусловленных, преимущественно, объективными причинами. К числу последних следует отнести, практически слабую повсеместную освещенность разреза керном, в т.ч. и толщи продуктивных отложений, что вынуждает использовать осредненные параметры, характеризующие некоторые средние показатели емкостно-фильтрационных и деформационных свойств горных пород и в существенной степени упрощать модели анализируемых природных резервуаров.

Необходимо также отметить, что часть деформаций, обусловленных уплотнением коллекторов, "гасится" в перекрывающих комплексах горных пород. Доля величины деформаций, достигших земной поверхности, зависит от многих факторов: глубины залегания залежи, соотношения разрабатываемой площади и глубины залегания, петрофизических и деформационных характеристик пород и др. Основные механизмы распределения деформаций в объеме горных пород, охватывающем "надзалежное" пространство, определяются, наряду с другими, следующими положениями тектонофизики и механики горных

пород, а именно: породы осадочного чехла в большинстве нефтегазоносных бассейнов находятся в состоянии сжатия, причем вектор максимального сжатия ориентирован, преимущественно, горизонтально; осадочные породы, в зависимости от литологии, петрофизических характеристик, флюидонасыщенности и напряженно-деформационного состояния, могут рассматриваться как упругие, пластичные и вязкие геологические тела. Практическим следствием из этих положений является то, что при уплотнении коллектора одна часть возникшего дефицита объема может компенсироваться боковым сжатием, другая - микротрещинообразованием (за счет растяжения в вертикальной плоскости), а третья - деформацией земной поверхности над разрабатываемой залежью [4]. Однако в разработанных методиках при оценке вертикальных сдвижений пород, перекрывающих разрабатываемые залежи УВ, учитывается, в основном, последняя составляющая. Поэтому, расчетные величины просадок земной поверхности, составляющие, как правило, 85-95 % от сжимаемости коллекторов, на большинстве эксплуатируемых объектов выше реально ожидаемых. В противном случае, факты существенных просадок земной поверхности над разрабатываемыми месторождениями УВ носили бы массовый характер, что не подтверждается мировой практикой.

Косвенным подтверждением именно такого механизма распределения деформаций в "надзалежном" пространстве является то, что существенные вертикальные просадки земной поверхности зафиксированы преимущественно на крупных, неглубокозалегающих, характеризующихся значительными толщинами, пористостью и слабой сцементированностью терригенного коллектора на месторождениях нефти и газа, разра-

ботка которых ведется со значительным темпом отбора УВ-флюидов [2].

Для решения поставленной задачи - оценки сдвижений земной поверхности в пределах горных отводов разрабатываемых газовых месторождений Ставропольского края - нами было проведено тестирование ряда методов предрасчета деформаций, разработанных во ВНИИГАЗе, ООО «Подземгазпром», ДК «Укргазпром», в результате которого было установлено, что прогнозные значения вертикальных сдвижений земной поверхности, рассчитанные по разным методикам, различаются несущественно (в пределах 10-20 %). Учитывая результаты тестирования, оценка сдвижения земной поверхности (вертикальных деформаций) на объектах добычи природного газа на исследуемой территории производилась по методике, разработанной во ВНИИГАЗе [1].

Расчет абсолютных величин вертикальных деформаций земной поверхности, а также производных от них критериальных показателей, был выполнен по 13 газовым месторождениям Ставропольского края. Во времени расчеты выполнялись по двум периодам: с начала разработки до настоящего времени и предрасчет до конца эксплуатации объекта. Разрабатываемые в регионе газовые месторождения характеризуются определенной схожестью геологического строения и ряда эксплуатационных показателей [15]:

- незначительная (до 1200 м) глубина залегания продуктивных горизонтов (исключение - нижнемеловые залежи Мирненского и Расшеватского месторождений);

- небольшая эффективная суммарная газонасыщенная мощность продуктивных горизонтов (<10 м - 54 % месторождений, 10-30 м - 31 %, >60 м - Мирненское и Кугутское);

- большинство месторождений относится к категории мелких, при этом

их начальные запасы не превышали 2 млрд. м³ газа (остальные – крупное Мирненское и средние Тахта-Кугультинское и Расшеватское);

- практически все месторождения эксплуатируются более 25 лет;

- большинство месторождений находится на заключительной стадии разработки, степень выработанности которых составляет > 75 %, остальные характеризуются крайне низкими темпами отборов.

Наряду с расчетами величины просадки земной поверхности, нами были определены критериальные показатели геодинамической опасности: относительный наклон земной поверхности (i), ее относительная кривизна (K) относительная горизонтальная деформация поверхности (E), а также скорость просадки (V). Величины предельных значения принимались в соответствии с рекомендациями, изложенными в проекте новой "Инструкции по маркшейдерским и топографо-геодезическим работам в нефтяной и газовой промышленности":
 $i = 4 \cdot 10^{-3}$; $K = 0,2 \cdot 10^{-3}$ 1/м; $E = 2 \cdot 10^{-3}$; $V = 20$ мм/год.

В результате проведенных расчетов и анализа абсолютных величин вертикальных деформаций земной поверхности, а также производных от нее параметров, как за весь период эксплуатации объектов газодобычи, так и их прогнозных величин до конца разработки, показал, что по большинству объектов (11 из 13 изученных) полученные параметры не только не превышают предельно допустимых значений, но и характеризуются существенным запасом "прочности". Так, при максимальных значениях просадки, не превышающих 15 см, значения наклона земной поверхности меньше принятых предельно допустимых на 1-3 порядка, относительной кри-

визны - на 1-7 порядков, скорости просадки – в 10-20 раз.

Иные результаты получены по Кугутскому и, особенно, Мирненскому месторождениям. Максимальные вертикальные деформации земной поверхности за весь период разработки здесь могут составить до 45 и 125 см, соответственно. Близки к критическим и некоторые критериальные показатели: значения наклона земной поверхности прогнозируются до $3 \cdot 10^{-3}$ (Мирненское) и до $2 \cdot 10^{-3}$ (Кугутское), относительной кривизны – до $0,15 \cdot 10^{-3}$ 1/м (Мирненское), максимальная скорость просадки - до 20 мм/год (Мирненское) и до 8 мм/год (Кугутское).

Высокие значения критериальных показателей по Мирненскому месторождению, объясняется относительно большими начальными запасами УВ (более 60 млн.т условного топлива), наличием нескольких разрабатываемых объектов (в разных стратиграфических комплексах с суммарной газонасыщенной толщиной более 70 м), связанных с высокоамплитудной антиклинальной складкой, а по Кугутскому - большой эффективной мощностью продуктивных отложений.

Оценивая степень геодинамического риска эксплуатации данных объектов, необходимо учитывать, что, как показывает практика, процессы активного сдвижения земной поверхности происходят, как правило, в первые 10-15 лет разработки месторождения. Мирненское (эксплуатируется 35 лет) и Кугутское (26 лет) месторождения находятся на завершающей стадии разработки (выработанность запасов 77 % и 82%, соответственно), поэтому на прогнозируемый период разработки приходится небольшая доля просадок, что и подтверждается результатами расчетов. На период до завершения эксплуатации максимальная

просадка земной поверхности прогнозируется по Мирненскому месторождению – не более 20 см, по Кугутскому – не более 10 см, что составляет менее 20 % от просадки за весь срок разработки месторождений. Прогнозные значения критерийных параметров также существенно ниже предельно допустимых (наклон земной поверхности – на 1-2 порядка, относительная кривизна – на 2 порядка, максимальная скорость просадки – менее 5 мм/год. Поэтому даль-

нейшая эксплуатация этих объектов не связана с геодинамическим риском, обусловленным сдвигами земной поверхности в результате разработки месторождений.

Таким образом, проведенный анализ техногенно-индуцированных движений земной поверхности показал, что, при существующих и проектируемых режимах разработки газовых залежей Ставропольского края, эти объекты являются геодинамически безопасными.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Васильев Ю.Н.* Расчет проседания поверхности земли при разработке газовых месторождений // Проблемы повышения эффективности технологии разработки месторождений природного газа. - М.: 1989. – С.181-187. - Сб. научн. тр. ВНИИгаза.
2. *Вершовский В.Г., Голованов М.П., Гридин В.А.* Влияние анизотропии терригенных коллекторов на интенсивность техногенных геодинамических процессов // Геодинамическая и экологическая безопасность при освоении месторождений газа, его транспортировке и хранении. Материалы III Междунар. рабочего совещания. – С.-Пб.: ВНИМИ, 2001. – С. 254-260.
3. *Добрынин В.М.* Деформации и изменения свойств коллекторов нефти и газа. - М: Недра, 1970. – 239 с.
4. *Желтов Ю.П.* Деформации горных пород. – М.: Недра, 1968.- 197 с.
5. *Кашиников Ю.А., Ашимихин С.Г., Гладышев С.В., Калугин А.В.* Геодинамические и геомеханические аспекты разработки месторождений УВ Западной Сибири // Геодинамическая и экологическая безопасность при освоении месторождений газа, его транспортировке и хранении. Материалы III Междунар. рабочего совещания. – С.-Пб.: ВНИМИ, 2001. – С. 71-78.
6. *Мазницкий А.С., Середницкий Л.М.* Прогнозирование и оценка деформаций коллектора и вмещающих его пород при разработке месторождений нефти и газа // Геодинамическая и экологическая безопасность при освоении месторождений газа, его транспортировке и хранении. Материалы III Междунар. рабочего совещания. – С.-Пб.: ВНИМИ, 2001. – С. 210-214.
7. *Черных В.А.* Геодинамика процессов разработки нефтяных и газовых месторождений // Проблемы повышения эффективности технологии разработки месторождений природного газа. - М.: 1989. – С.12-21. - Сб. научн. тр. ВНИИГАЗа.
8. *Шабаров А.Н., Кротов Н.В., Крайнев Б.А., Кубланов А.В.* Обеспечение геодинамической безопасности ПХГ // Сб. Проблемы геодинамической безопасности. II Международное рабочее совещание. 24-27 июня 1997 г. – С.-Пб.:ВНИМИ, 1997.
9. *Газовые месторождения СССР /* Справочник под редакцией Н.А. Васильева. М.: Недра. 1968. С. 628. **ГИАБ**

Коротко об авторах

Гридин Владимир Алексеевич – кандидат геолого-минералогических наук, доцент, заведующий кафедрой геологии нефти и газа,

Голованов Михаил Петрович – кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры геологии нефти и газа

Северо-Кавказский государственный технический университет.

Рецензент д-р геол.-минерал. наук, проф. *В.И. Петренко.*