

УДК 622.279:620.193/197

ОЦЕНКА ПРОСЕДАНИЯ МОРСКОГО ДНА НАД НЕФТЕГАЗОВЫМИ МЕСТОРОЖДЕНИЯМИ С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ ГЛИНИСТЫХ ПОКРЫШЕК

Д.А.Мирзоев, Г.Я.Шилов, И.Э.Ибрагимов, О.Л.Архипова
(ДАОО ЦКБН ОАО «Газпром»)

Наличие существенного углеводородного ресурсного потенциала континентального шельфа России в совокупности с падением добычных возможностей на сухопутных месторождениях создают потенциал для освоения и обустройства морских месторождений. В связи с этим остро встает вопрос определения факторов риска проектов по обустройству морских углеводородных месторождений с целью защиты инвестиций в разработку и обустройство месторождений. В практике освоения месторождений на шельфе Мирового океана наблюдались явления проседания морского дна над отработываемыми газовыми месторождениями (от 1 до 9.5 м), что приводило к нарушению устойчивости добывающих платформ. Таким образом, принятие во внимание дополнительной просадки дна из-за влияния глинистой покрывки определяет необходимость учета этой величины проектными технологическими документами и влияние этих мероприятий на общую экономику проекта.

Ключевые слова: нефтегазовые месторождения; глинистые покрывки; пластовое давление; деформационные процессы; проседание дна; пористость пород.

Адрес связи: d.mirzoev@inbox.ru, o_arkhipova@bk.ru

DOI: 10.5510/OGP20130200158

Технологические схемы обустройства морских месторождений формируются на основе полного комплекса геологической, геолого-технологической информации, проектом обустройства обеспечивается контроль риска аварийности на потенциально опасных производственных объектах. Однако, этот риск не может быть полностью сведен к нулю благодаря превентивным мероприятиям (которым, безусловно, необходимо уделять первостепенное внимание), так как существуют объективные факторы, имеющие вероятностную природу.

В первую очередь: природные явления, техногенные аварии и катастрофы, ошибки, допущенные на стадии проектирования и строительства, неизвестные или достоверно не прогнозируемые на данный момент «механизмы» и причинно-следственные связи. Причем, природные факторы могут инициировать существенные риски и приводить к значительным финансовым потерям, оказывать разрушающее воздействие на окружающую среду.

Нередко причиной аварий являются нефтегазовые выбросы при строительстве скважин, а также геодинамические факторы, такие как проседание морского дна в ходе выработки залежи, оползни придонных слоев грунтов, землетрясения [1]. Проседание морского дна, возникающее при разработке углеводородных месторождений, может вызывать деформацию стволов скважин и морских платформ, а на восстановительные работы после этого тратится большое количество времени и средств.

Как известно, пластовое давление является одним из факторов, препятствующих уплотнению пород, разгружая скелет пород и уменьшая области контактов зерен. В то же время зерна скелета находятся в условиях сжатия, что еще больше повышает их проч-

ность к разрушению. Разработка залежей углеводородов, сопровождается снижением пластового давления и изменением температурного режима, что приводит к росту напряженного состояния в скелете породы и развитию деформационных процессов.

Наиболее интенсивно изменения происходят в неуплотненных трещиноватых породах-коллекторах. Так, на месторождениях, где объекты эксплуатации представлены неконсолидированными типами пород, разработка на естественном барическом режиме может привести к существенному оседанию участков земной поверхности (дна моря), непосредственно расположенных над залежами нефти и газа. Все это, в свою очередь, может повлиять на сохранение конструкции скважин, трубопроводов, морских платформ, когда уровень моря поднимается выше допустимых проектных значений.

Оседание почв может негативно сказаться на окружающей среде и хозяйственной деятельности. Помимо этого, деформационные процессы оказывают влияние и на сам процесс разработки вследствие изменения фильтрационно-емкостных свойств горных пород. Поэтому изучение и прогнозирование развития деформационных процессов во время разработки залежей углеводородов позволит учесть эти явления на этапе планирования освоения месторождений.

Следует отметить, что на величину оседания дна влияет также и деформация глинистых покрывок, где происходит снижение пористости глинистых пород в процессе разработки нижележащих залежей углеводородов, вследствие уменьшения порового давления в глинистой покрывке. Для количественной оценки величины проседания дна можно воспользоваться расчетной формулой Гритсма:

$$\Delta H = \Delta h = H \beta_{сж} \Delta P_{nл} \quad (1)$$

где, H – толщина пластов, в которых происходит снижение давления, м;

Δh - деформация земной поверхности, м;

$\beta_{ск}$ – коэффициент сжимаемости при одноосной нагрузке, зависящий от состава пород и эффективного напряжения, 1/атм;

$\Delta P_{пл}$ - снижение пластового давления, атм.

Оценим проседание морского дна при разработке на примере газовой залежи сеномана Северо-Каменномысского месторождения, расположенного в Обской губе. В геологическом отношении выявленная на Северо-Каменномысском месторождении залежь газа приурочена к песчано-алевролитовым пластам, залегающим в кровле сеномана. Тип коллектора – поровый. Покрышкой залежи служит пачка глин туронского яруса толщиной 53 - 61 м, где развиты АВПоД с градиентами поровых давлений до 0.162 МПа/м.

Залежь контролируется структурной ловушкой. Размеры сеноманской залежи здесь составляют 28.5x21.5 км. Высота залежи – 107 м. По типу резервуара залежь - массивная, подстилается пластовой водой. ГВК отмечается на абсолютной глубине минус 1053 м.

Общие газонасыщенные толщины по данным бурения максимальны в сводовой части структуры, тогда как эффективные газонасыщенные толщины – в сводовой и западной присводовой частях залежи. В связи с тем, что пластовое давление в газовой залежи будет снижаться только в насыщенных газом породах-коллекторах, толщину которых отражает эффективная газонасыщенная толщина, то можно предположить, что оценка опускания дна акватории Обской губы по этим данным будет более адекватно отражать уменьшение объема порового пространства в процессе разработки месторождения.

Таким образом, используя вторую модификацию метода Гритсма (когда рассматривается эффективная газонасыщенная толщина продуктивных отложений залежи) при снижении пластового давления в газовой залежи сеномана на 8.5 МПа (со 10.4 МПа начального пластового давления) получим по формуле (1) максимальную величину оседания дна, равную 1.6 м в присводовой части месторождения (районы скважин 4 и 1).

Основной целью настоящей статьи является не только стремление авторов привлечь внимание к данной проблеме, которая становится все более актуальной для российского арктического шельфа, но и показать, что при обосновании оценок величин оседания дна необходимо учитывать также влияние на эти процессы поведение пород глинистой покрышки. Как известно, развитие элизионных водонапорных бассейнов сопровождается замедленным оттоком поровых флюидов из зон с высокими геофлюидальными давлениями (например, зоны АВПоД в глинистых толщах) в зоны с пониженными давлениями, роль которых чаще всего выполняют коллекторы, имеющие хорошие гидродинамические связи по площади.

В процессе дренирования (т.е. разработки залежи) в первую очередь вовлекаются пласты глин, залегающие непосредственно на границе с коллекторами, затем глины более удаленные по нормали

от пласта-коллектора. При этом глины, отдавшие часть порового флюида, уплотняются, и происходит их просадка или уменьшение толщины слоев глин.

С течением времени перепад давлений становится уже недостаточным для преодоления гидродинамического сопротивления и отток флюидов из глинистой толщи существенно уменьшается или прекращается. Таким образом, с удалением от кровли коллектора дренирующее его влияние на глинистую толщу покрышки уменьшается и на некотором расстоянии практически исчезает. В работе [2], степень уплотнения глин определяют по данным электрометрии скважин, где было отмечено, что в зоне дренирования удельные электростатические сопротивления (УЭС) превышают значения УЭС в незатронутой части в 1.4 - 1.9 раза (по результатам изучения разрезов покрышек морских месторождений на Каспии, таких как Булла-море, Сангачалы-море – Дуваннй-море – о. Булла и др.).

Кроме того, изменение плотности глин в зоне дренирования подтверждается данными по механической скорости бурения, которая увеличивается. Уменьшается здесь и пористость глинистых пород.

Итак, в процессе отбора флюидов из коллекторов при разработке залежей углеводородов происходит падение пластового давления. Особенно интенсивно оно в условиях некомпенсированного отбора газа (нефти). В результате этого резко увеличивается перепад давления между глинистой толщей и коллектором и при достижении некоторой величины, превышающей капиллярные давления в глинах, может возобновиться процесс движения флюидов из глин в коллекторы, тем более что глинистые породы находятся в покрышках под АВПоД.

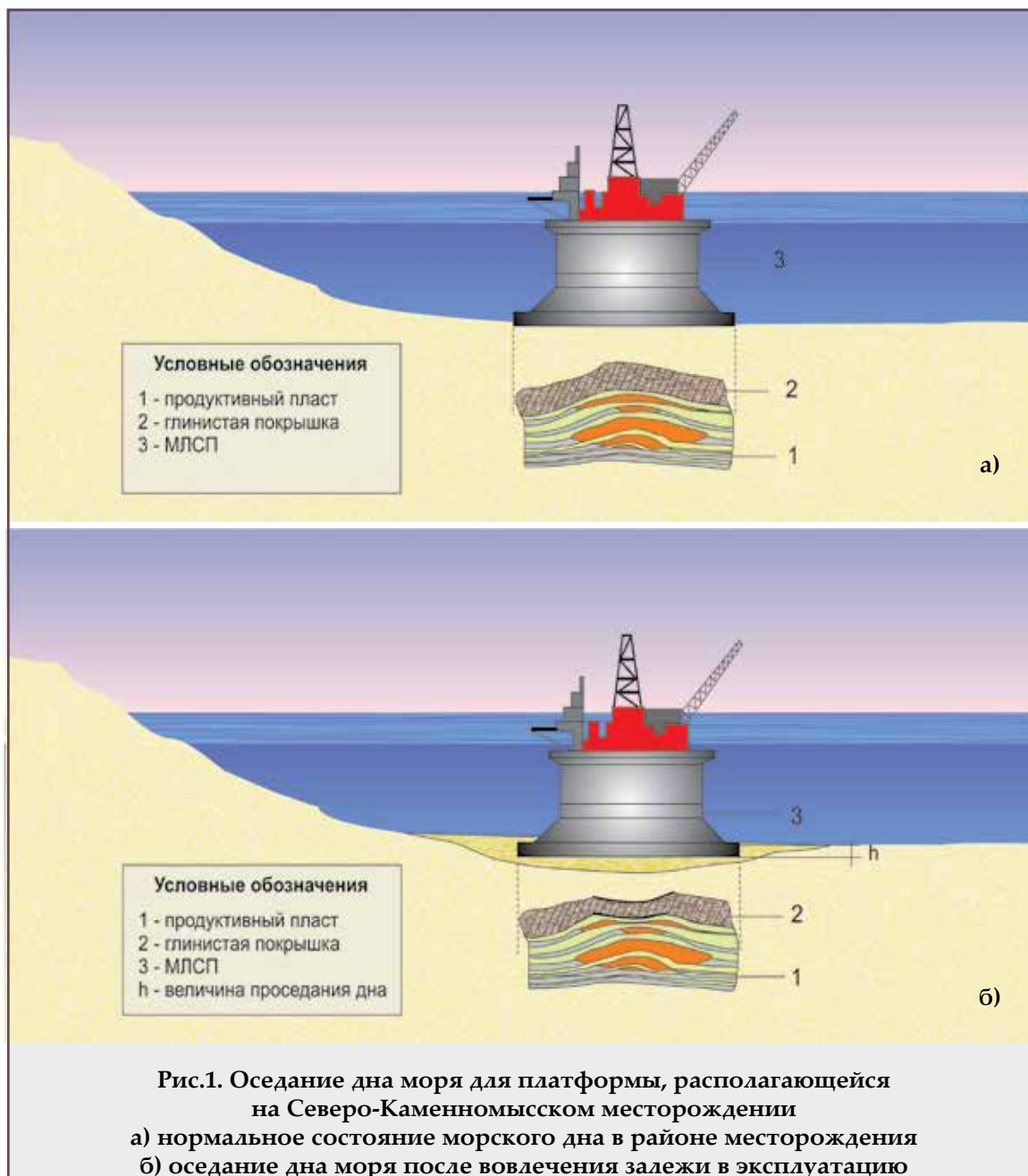
С течением времени разработки пористость глин в зоне дренирования уменьшается (глины уплотняются), т. е. происходит усадка глин. Вследствие этого происходит затухание процесса перетока поровых флюидов из глин в коллекторы. В то же время, если перепад давления увеличивается, то рано или поздно напор поровых флюидов сдерживать будет невозможно и произойдет естественный гидроразрыв пласта, что повлечет за собой падение порового давления в глинистых породах покрышки и увеличение зоны дренирования.

Это качественное описание явлений, происходящих в глинистых покрышках при разработке залежей углеводородов. Для количественных оценок величин просадок в зоне дренирования в глинах над залежью необходима физико-математическая постановка этой задачи и математическое ее решение, что еще не было никем осуществлено.

Если воспользоваться формулой (1) по методу Гритсма, зная, что для глин по данным работы [2] $\beta_{ск} = 4.6 \cdot 10^{-4}$ 1/атм и $\Delta P_{пл} = 85$ атм (как для основной залежи сеномана) и приняв величину зоны дренирования в глинистой покрышке около 25 м (50% от мощности всей туронской покрышки), то получим следующую величину просадки глинистой покрышки для Северо-Каменномысского месторождения:

$$\Delta h_{га} = 25 \text{ м} \times 4.6 \cdot 10^{-4} \text{ 1/атм} \times 85 \text{ атм} = 1 \text{ м}$$

Таким образом, к величине просадки 1.6 м в сводовой части самой залежи газа в сеномане на рассматриваемом месторождении необходимо прибавить



просадку в глинистой покрывке, т. е. общая просадка на рассматриваемом месторождении (h) может составить: $1.6 + 1.0 = 2.6$ м (рис.1 иллюстрирует оседание дна моря для платформы, располагающейся на Северо-Каменномыском месторождении).

Полученные расчетные данные о проседании дна свидетельствуют о необходимости учета этого фактора проектными технологическими документами при проектировании морских технических сооружений для разработки месторождений и обоснования специальных мер для предупреждения этого явления.

Следует отметить, что в практике освоения месторождений на шельфе на многих участках шельфа Мирового океана наблюдались явления проседания морского дна над обрабатываемыми газовыми месторождениями (от 1 до 9.5 м), что приводило к нарушению устойчивости добывающих платформ, как это произошло, например, на месторождении

"Экофиск" (Норвегия) [3].

Таким образом, принятие во внимание дополнительной просадки дна из-за влияния глинистой покрывки определяет необходимость учета этой величины проектными технологическими документами и влияние этих мероприятий на общую экологию проекта.

Необходимо предусматривать разработку эффективной системы производственно-экологического мониторинга при освоении нефтегазовых месторождений континентального шельфа, включая геодинамический компонент, на базе обобщения и системного анализа геоэкологических аспектов освоения морских месторождений путем исследования техногенных геодинамических последствий при эксплуатации морских месторождений нефти и газа, включая проседание морского дна, а также и растепления гидратонасыщенных придонных отложений.

Литература

1. *Н.Н.Мельников, А.И.Калашник.* Шельфовые нефтегазовые разработки западного сектора российской Арктики: геодинамические риски и безопасность //Газовая промышленность. –2011. –№ 661. –С. 46-55.

(*N.N.Melnikov, A.I.Kalashnik.* Offshore oil and gas development in the Russian sector of Western Arctic: geodynamic risks and security //Gazovaya Promyshlennost. –2011. –No 661. –P. 46-55)

2. *М.Т.Абасов, Э.Х.Азимов, Р.Ю.Алиyarov и др.* "Теория и практика геолого-геофизических исследований и разработки морских месторождений нефти и газа (на примере Южно-Каспийской впадины)". Т.1. Баку: Элм, 1991.

(*M.T.Abasov, E.Kh.Azimov, R.Yu.Aliyarov, A.M.Ahmedov.* Theory and practice of geological-geophysical studies and offshore petroleum field development (exemplified by the South Caspian Basin). Vol.1 –Baku: Elm, 1991)

3. Elevating the desks at Ekofisk field //Offshore. -1987. -Vol.47. -№10. -P.21-23

Assessment of subsidence of the sea floor over the oil and gas fields with regard to the influence by clay cap rocks

D.A.Mirzoev, G.Ya.Shilov, I.E.Ibragimov, O.L.Arkipova
("Gazprom" JSC CKBN)

Abstract

The existence of essential hydrocarbon resource potential of a continental shelf of Russia at the same time that development opportunities are declining for land based fields creates a potential for development of offshore fields. In this regard particularly there is a question of determination of risk factors for projects on offshore hydrocarbon fields for the purpose of protection of investments during development and production of fields. In practice, the development of offshore fields in many areas of the continental shelf, the phenomenon of subsidence of the seabed is has been observed over gas fields (1 to 9.5 meters), which has led to a stability problems for offshore platforms. Hence, allowance for additional bottom subsidence under the effect of clay cap requires this value to be included into project process documentation and this will influence upon the whole project economics.

Gilli örtüklərin təsirini nəzərə almaqla neftqaz yataqları üzərindəki dəniz dibi çökməsinin qiymətləndirilməsi

D.A.Mirzəyev, Q.Y.Şilov, İ.E.İbrahimov, O.L.Arkipova
("Qazprom" ASC NAMKB)

Xülasə

Rusiyanın kontinental şelfində əhəmiyyətli karbohidrogen resurslarının potensialının mövcud olması quru yataqlarında hasilatın azalmasını nəzərə alaraq, dəniz yataqlarının mənimsənilməsi və abadlaşdırılması üçün potensial yaradır. Bununla əlaqədar, yataqların işlənməsinə və abadlaşdırılmasına qoyulan investisiyaların qorunması məqsədilə kəskin sürətdə dəniz karbohidrogen yataqlarının abadlaşdırılması layihələrində risk amillərini müəyyən etmək məsələsi ortaya çıxır. Dünya okeanı şelfində yataqların mənimsənilməsi praktikasında işlənən qaz yataqları üzərində dəniz dibinin çökməsi hadisələri (1-dən 9.5 metrə kimi) müşahidə olunurdu ki, bu da hasilat platformalarının dayanıqlılığının pozulmasına gətirib çıxarırdı. Beləliklə, gilli örtüyün təsiri altında əlavə dib çöküntülərinin nəzərə alınması layihələrin texnoloji sənədlərində hesablanması zəruriliyini və bu tədbirlərin layihənin ümumi iqtisadiyyatına təsirini müəyyənləşdirir.