

УДК 553.98

ДЕФОРМАЦИИ ПЛАСТОВ В СВЯЗИ С РАЗРАБОТКОЙ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТЕРСКО-СУНЖЕНСКОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНОЙ ЗОНЫ

© 2012 Керимов И. А.¹, д.ф.-м.н., профессор, Гайсумов М. Я.², к.г.-м.н., доцент,
Ахматханов Р. С.³ аспирант

¹ Академия Наук Чеченской Республики, Россия 364024, ЧР, г. Грозный, пр-кт им. М. Эсамбаева, 13, e-mail: lbragim_Kerimov@mail.ru

² Комплексный научно-исследовательский институт им. Х. И. Ибрагимова РАН, Россия 364051, г. Грозный, Старопромысловское шоссе, 21а

³ Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М. Д. Миллионщикова, Россия 364051, ЧР, г. Грозный, пл. Орджоникидзе, 100

Получено уравнение, позволяющее наиболее физически обосновано оценивать величины оседаний кровли нефтеносных горизонтов по данным лабораторных измерений механических свойств образцов горных пород и промыслово-геологических исследований на нефтяных месторождениях. Выполнены расчеты величины оседания кровли пласта для месторождений Терско-Сунженской нефтегазоносной области.

Ключевые слова: деформации пластов, оседание кровли, Терско-Сунженская нефтегазоносная область.

В начальной стадии разработки давление горных пород (литостатическое давление) на кровлю пласта, содержащего углеводороды, уравнивается напряжениями в скелете и пластовым поровым давлением. При уменьшении порового давления в ходе разработки месторождений увеличивается напряжение в скелете коллектора, происходит сжатие пор и опускание поверхности над разрабатываемым пластом. Скорости опускания земной поверхности при извлечении углеводородов обычно составляют 1-2 см в год, суммарные величины просадок не превышают первых десятков сантиметров. Примеры оседания поверхности при откачке флюидов можно найти в целом ряде публикаций [Адушкин, Турунтаев, 2005; Баклашов, 1988; Барабанов, 1994; Букринский и др., 1972; Гайрабеков, 2011; Геология и перспективы..., 2010; Гиматудинов, Ширковский, 1982; Гридин, Голованов, 2007; Желтов, 1968; Жуков и др., 2002; Калашников и др., 2000; Калугин, 2002; Касьянова, 2003; Кашников, Ашихмин, 2007; Керимов и др., 1994; Кратч, 1978; Кузьмин, 1999; Кузьмин, Жуков, 2004; Мазницкий А. С., Мазницкий И. А., 1984; Мазницкий, Середницкий, 1991; Механика горных пород..., 1994; Мельников и др., 2009; Николаевский, 1996; Никонов, 2006; О деформации..., 1965, Пискулин, 1978; Современная геодинамика..., 1989; Современные движения, 1984; Субботин, 1984; Терновой, Белов, 1969 и др.].

В зависимости от геологии и механических характеристик коллектора и покрывающих пород, а также от режимов эксплуатации месторождений, возникающие в коллекторе деформации, могут распространяться в кровлю коллектора, покрыва-

ющие его слои и т. д. вплоть до поверхности, где они проявляются преимущественно в виде вертикальных смещений. При этом возможны различные случаи [Мори, 1994]:

– если резервуар представлен очень жесткой породой (твердым песчаником, твердыми доломитами, известняками), его деформация будет малой и близкой к упругой. Возникнет небольшое вертикальное сжатие пласта без явных последствий на поверхности;

– если резервуар представлен слабыми легко уплотняемыми породами (типа рыхлых песчаников, песков, мела) или чистыми алевритами, деформация коллектора будет более существенной, далеко выходящей за пределы упругости.

Интенсивные смещения земной поверхности на нефтяных и газовых месторождениях, а также в районах интенсивной добычи других полезных ископаемых, давно привлекли внимание ученых. В 1885 г. после проведенных специальных работ на одном из месторождений Апшеронского полуострова (Азербайджан), Я. Шагрен сделал вывод, что крупные просадки в рельефе и выбросы песка в скважинах являются результатами усиленной добычи нефти. Результаты более поздних исследований обобщены в работе А. А. Никонова [Никонов, 2006]. Приведем некоторые из них.

Среднегодовая скорость поверхности на некоторых нефтепромыслах Апшерона местами составляла 10-30 мм/год, а в отдельные годы увеличивалась до 40-50 мм/год. Опускания со скоростью 15-20 мм/год отмечены в сводах антиклинальных структур. Скорость оседания поверхности на газовом месторождении Газли, по мере увеличения добычи газа, скорость оседания поверхности увеличилась с 10 мм/год 1964-68 гг. до 25 мм/год в 1974-76 гг. На территории Северного Кавказа один из первых полигонов по наблюдению за явлениями оседания был создан на Северо-Старопольско-Пелагиадинском месторождении газа, где продуктивным является хадумский горизонт, сложенный глинистыми и рыхлыми алеврито-песчаными отложениями. На этом полигоне в 1961-62 гг. проводились геоморфологические исследования и двухкратное нивелирование III класса [О деформации..., 1965, Терновой, Белов, 1969; Шадрин, 1990; Яценко, 1989]. Результаты наблюдений были интерпретированы с учетом данных разработки месторождения. По результатам исследований было отмечено максимальное оседание земной поверхности (130-150 мм), приуроченное к центральной части месторождения, имеющей депрессионную воронку падения пластового давления. Авторы пришли к выводу, что оседание земной поверхности вызвано, в первую очередь, сжимаемостью продуктивного пласта хадумского горизонта и вышележащей толщи пластичных майкопских глин.

Актуальность изучения данного вопроса еще больше возросла к концу нашего века в связи с активизацией инженерной деятельности человека. Следует отметить, что нет общепринятой методики определения величины деформации в зависимости от интенсивности разработки нефтегазовых месторождений.

Коллекторы нефти и газа в естественных условиях залегания находятся под напряжением из-за влияния горного давления и упругих свойств самого коллектора. В периоды сейсмотектонической активности сильное влияние могут оказывать и тектонические силы. До начала воздействия на пласт внешнее давление от действия собственной массы вышележащих пород и возникающее в пласте ответное напряжение находятся в условиях равновесия. В процессе разработки месторождений геостатическое равновесие нарушается. Продуктивный горизонт подвергается

сжимающему давлению, величина которого равна разности горного и пластового давления. Пластовое давление при разработке снижается, за исключением коротких периодов сейсмической активности.

В настоящее время имеется довольно большое количество работ, посвященных прогнозу оседаний земной поверхности при отработке нефтяных и газовых месторождений. Данные методы можно условно подразделить на три основные группы.

1. Методы прогноза, основанные на теоретических представлениях, заимствованных из методов предрасчета параметров процесса сдвижения горных пород при разработке пологопадающих угольных месторождений.

2. Методы прогноза, основанные на оценке параметров уплотнения коллектора в процессе отбора углеводородного сырья.

3. Методы прогноза, основанные на использовании численных моделей расчета напряженно-деформированного состояния горного массива.

Первая группа методов характерна для раннего периода развития механики горных пород при добыче нефти и газа и основывается на широко известных работах ученых – основоположников науки о сдвижении горных пород на пологопадающих угольных месторождениях: С. Г. Авершина, В. Н. Земисева, М. А. Иофиса, Е. Литвинишина, Г. Кратча и др. В данных методах для прогноза мульды сдвижения земной поверхности используется основное решение дифференциального уравнения сдвижения горных пород параболического типа. Характерным недостатком данных методов является то, что они практически не опираются на реальные физико-механические свойства вмещающих пород.

Во второй группе методов оседание земной поверхности при добыче нефти напрямую связывается с величиной уплотнения нефтяного коллектора. Это работы Э. Г. Геровича, А. С. Мазницкого, К. Н. Никоненко, Б. И. Тульбовича, В. И. Петренко и др., и ряда зарубежных специалистов. Основное отличие заключается в методах расчета сжимаемости коллектора, однако, в большинстве методов используются параметры уплотнения порового пространства, подробно представленные В. М. Добрыниным [Добрынин, 1970]. Последующее интегрирование по объему полученной функции уплотнения коллектора дает искомое оседание поверхности в любой интересующей исследователя точке. Данный подход заимствован из широко применяемых методов прогноза сдвижений земной поверхности при разработке угольных месторождений и подробно описанных в монографии Г. Кратча [Кратч, 1974]. Основным недостатком данных подходов является неучтенность конкретных физико-механических свойств и структурных особенностей массива, а также механической модели деформирования самого коллектора. Последний недостаток также является весьма существенным, т. к. при производстве подробных специальных расчетов, неучёт механики деформирования коллектора не позволяет получить качественную и, тем более, количественную картину НДС всего горного массива с учетом его структурных особенностей.

К настоящему времени разработано большое количество модельных представлений, охватывающих практически весь спектр механики сплошных сред, реализованных в различных компьютерных программах.

В качестве механической модели поведения коллектора под нагрузкой используются упругая и пластическая модели, модели среды с консолидацией и так называемая «шатровая» модель, которая отражает основные особенности деформирования пористых насыщенных сред под нагрузкой. Следует отметить, что данная

модель является также одной из наиболее признанных и широко используемых в зарубежной литературе.

В Пермском государственном техническом университете под руководством проф. Кашникова Ю. А. разработан программный комплекс «GEOTECH». В основе программного комплекса также реализована «шатровая» модель. Данный конечно-элементный комплекс неоднократно с успехом применялся для целей прогноза параметров процесса сдвижения при разработке нефтяных и газовых месторождений [Калугин, 2002; Кашников, Ашихмин, 2007]. Для инженерных расчетов разработан упрощенный способ прогноза оседаний земной поверхности при разработке нефтяных месторождений Западной Сибири [Калугин, 2002].

В своей работе, посвященной изучению деформации и изменений физических свойств коллекторов нефти и газа, Добрынин В. М. ввел коэффициент сжатия скелета пласта, который непосредственно характеризует внешнюю деформацию пласта [Добрынин, 1970].

Как известно, относительные деформации насыщенной жидкостью коллекторов (деформация скелета, порового пространства и твердой фазы) при всестороннем сжатии обусловлены двумя видами напряжений: эффективного напряжения $(\sigma - P)$ и давления жидкости в порах. Эффективное давление, представляющее разность между средним нормальным напряжением и давлением жидкости в порах P , обуславливает деформацию скелета (каркаса) коллектора. Давление жидкости в порах (поровое давление) P – деформацию минеральных зерен (твердой фазы) породы.

По Добрынину В. М. (1970) относительная суммарная деформация коллектора определяется следующим соотношением:

$$\frac{dV}{V} = \beta_{ск} \cdot d(\sigma - P) + \beta_{мс} \cdot dP, \quad (1)$$

где, $\beta_{ск}$ – коэффициент объемного сжатия скелета; $\beta_{мс}$ – коэффициент объемного сжатия твердой фазы; V – объем скелета осадочной породы (m^3); dV – изменение объема скелета осадочной породы (m^3); P – пластовое давление (Па); $(\sigma - P)$ – эффективное давление (Па).

Между коэффициентом объемного сжатия скелета и коэффициентами сжимаемости пор и объемного сжатия твердой фазы для гранулярных коллекторов существует следующая связь:

$$\beta_{ск} = m \cdot \beta_n + \beta_{мс} \quad (2)$$

где, m – открытая пористость; β_n – коэффициент сжимаемости пор; $\beta_{мс}$ – коэффициент объемного сжатия твердой фазы.

Величины β_n и $\beta_{мс}$ определяются в лабораторных условиях. Для трещинно-кавернозных коллекторов эта связь выглядит следующим образом:

$$\beta = m \cdot \beta_n + \beta_m \quad (3)$$

где, β_m – коэффициент сжимаемости матриц, составляющих скелет породы.

Как показано В. Н. Щелкачевым [Щелкачев, 1959] особое значение в процессах, протекающих в пластах при эксплуатации нефтяных, газовых и водоносных горизонтов, имеет коэффициент объемной упругости пласта:

$$\beta_c = m \cdot \beta_n \quad (4)$$

Давление жидкости в порах определяется путем измерения, геостатическое же давление определяется по следующей формуле для разреза из пластов:

$$\sigma = g \sum_{i=1}^n \rho_i h_i, \quad (5)$$

где, ρ_i – объемная плотность пород i -го пласта; h_i – толщина i -го пласта; g – ускорение свободного падения.

Учитывая вышеуказанное, формулу (5) для определения геостатического давления с учетом углов падения пластов, т.е. истинных (нормальных) мощностей можно представить в следующем виде:

$$\sigma = g \sum_{i=1}^n \rho_i h_i \cos \varphi_i, \quad (6)$$

где φ_i – угол падения i -го пласта.

Для оценки оседаний кровли нефтеносных горизонтов перейдем от объемной деформации к вертикальному сжатию пласта. Для одноосного сжатия можно представить в следующем виде:

$$dh = h(\beta \cdot d(\sigma - P) + \beta_{ms} \cdot dP), \quad (7)$$

где, dh – вертикальное сжатие пласта; h – средняя мощность пласта; $d(\sigma - P)$ – изменение эффективного напряжения в процессе эксплуатации месторождения; dP – изменение давления жидкости в порах в процессе эксплуатации.

Полученное уравнение, по мнению авторов, позволяет наиболее физически обосновано оценивать величины оседаний по данным лабораторных измерений механических свойств образцов горных пород и промыслово-геологических исследований на нефтяных месторождениях.

Для месторождений Терско-Сунженской нефтегазоносной области авторами были рассчитаны с использованием формулы (7) величины оседания кровли пласта. Расчеты проводились как для гранулярных (миоценовые залежи), так и для трещинно-кавернозных (верхнемеловые залежи) коллекторов за период времени с начала разработки залежей по 1973 г. [Керимов, Гайсумов, Гайрабеков, 1994]. Результаты расчетов для трещинно-кавернозных коллекторов приведены в табл. 1, а для гранулярных коллекторов в табл. 2.

За исследуемый период наиболее длительное время в эксплуатации находятся залежи верхнего мела Карабулак-Ачалукского месторождения. Но, несмотря на это суммарная величина оседания кровли пласта за 15 лет составляет лишь 5-9 мм (табл.1, графа 11). Это объясняется относительно небольшим падением пластового давления 5,6 МПа, а также упругими свойствами пласта.

Наибольшее падение пластового давления произошло на Эльдаровском месторождении, в рассматриваемый период эксплуатации. Здесь пластовое давление уменьшилось с 57,6 МПа до 30,8 МПа. Суммарная величина оседания кровли пласта за весь период разработки составляют 50-61 мм, а среднегодовая скорость 8-9 мм. Такое же значение этот показатель имеет на Гудермесском и Брагунском месторождениях. Если сравнить месторождения по показателю оседания кровли пласта за весь период эксплуатации пласта, то следует выделить Заманкульскую верхнемеловую залежь, где максимальное значение этого параметра составляет всего лишь 7 мм за 12 лет эксплуатации. Кроме того, Заманкульское месторождение выделяется наибольшей величиной коэффициента сжимаемости скелета пласта 0,7 и наименьшим падением пластового давления 4,1 МПа.

Таблица 1.

Расчет оседания кровли пласта трещинно-кавернозных коллекторов для верхнемеловых залежей

	Месторождение	T , год	dt , лет	$P_{нач}$ МПа	$P_{тек}$ МПа	dP , МПа	$d(\sigma - P)$, МПа	$\beta_{ск, min}$, МПа ⁻¹	$\beta_{ск, max}$, МПа ⁻¹	dh , мм	$\vartheta_{ос}$, мм/год
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Малгобек-Вознесенское	1959	12	49,4	35,1	14,3	5,7	0,32	0,41	60-78	5-7
2	Ахловское	1964	7	45,7	35,4	10,3	4,1	0,35	0,63	15-51	2-7
3	Эльдаровское	1964	7	57,6	30,8	26,8	10,7	0,32	0,0	150-183	21-26
4	Ястребиновое	1968	3	67,5	57,5	10,0	4,0	0,32	0,41	51-63	17-21
5	Брагунское	1966	5	77,0	55,1	21,9	8,8	0,32	0,45	117-138	23-27
6	Гудермесское	1970	1	72,1	67,0	5,1	2,0	0,31	0,40	21-27	21-27
7	Хаян-Кортовское	1960	11	53,4	37,0	16,4	6,6	0,33	0,47	54-81	4-7
8	Заманкульское	1959	12	31,6	27,5	4,1	1,6	0,37	0,72	0-21	0-1
9	Карабулак-Ачалукское	1956	15	34,6	29,0	5,6	2,8	0,32	0,45	15-27	1-2
10	Серноводское	1966	5	36,0	27,0	9,0	2,7	0,32	0,40	33-36	6-7
11	Старогрозненское	1964	7	67,6	40,4	27,3	10,9	0,35	0,57	69-153	9-21
12	Октябрьское	1966	5	65,2	59,2	6,0	1,8	0,32	0,43	39-42	7-8

Таблица 2.

Расчет оседания кровли пласта гранулярных коллекторов для миоценовых залежей

	Месторождение	T , год	dt , лет	$P_{нач}$ МПа	$P_{тек}$ МПа	dP , МПа	$d(\sigma - P)$ МПа	$\beta_{ск}$ МПа ⁻¹	$\beta_{ме}$ МПа ⁻¹	H , м	h , м	dh , мм	$\mathcal{G}_{ос}$ мм/год
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Малгобек-Вознесе- новское	1915	56	7,0	3,0	4,0	2,00	1,9	1,04	1350	12	6	0,10
2	Гудермесское	1944	27	4,7	4,4	0,3	0,15	1,8	0,08	600	11	0	0
3	Правобережное	1948	23	24,0	0,0	4,0	2,00	1,6	0,08	2650	7	3	0,13
4	Старогрозненское	1693	78	10,6	6,5	4,1	2,05	1,2	1,06	1400	17	3	0,03
5	Ташкалинское	1946	26	17,9	3,6	14,4	7,20	1,4	3,73	2500	12	12	0,46
6	Гойт-Корговское	1957	14	35,0	0,0	15,0	7,50	1,5	3,89	3200	40	45	3,21
7	Октябрьское	1913	58	7,0	6,0	1,0	0,50	1,6	0,29	1102	49	3	0,05
8	Новогрозненское	1938	33	20,0	4,5	5,5	2,70	1,6	1,42	1844	24	9	0,27

Условные обозначения:

T – время начала эксплуатации залежи, год; dt – количество лет эксплуатации; $P_{нач}$ – начальное пластовое давление, МПа; $P_{тек}$ – пластовое давление текущее, МПа; dP – падение пластового давления, МПа; $\beta_{ск min}$ и $\beta_{ск max}$ – минимальный и максимальный коэффициент сжимаемости скелета, МПа⁻¹; $d(\sigma - P)$ – изменение эффективного напряжения в процессе эксплуатации залежи, МПа; H – глубина верхнего горизонта разрабатываемой залежи, м; dh – величина оседания кровли пласта, мм; $\mathcal{G}_{ос} = dh / dt$ – средняя скорость оседания кровли пласта, мм/год

Большое влияние на суммарную величину оседания кровли пласта оказывает величина изменения эффективного напряжения $d(\sigma - P)$ в процессе эксплуатации залежи. По Старогрозненскому месторождению этот показатель наибольший – 10,9.

Были также проведены аналогичные расчеты и по гранулярным коллекторам для миоценовых залежей Терско-Каспийского прогиба (табл. 2). Хотя период разработки миоценовых залежей Старогрозненского месторождения составляет 78 лет, пластовое давление упало на 4,1 МПа. Величина оседания кровли пласта для этой залежи составляет 1 мм, соответственно среднегодовая скорость оседания кровли пласта составляет всего 0,04 мм/год. Незначительные значения этого параметра характерны и для остальных миоценовых залежей. Единственным месторождением, которое имеет относительно повышенное значение, является месторождение Гойт-Корт – 1,07 мм/год, величина оседания кровли пласта составляет 15 мм.

Из таблиц 1 и 2 видно, что максимальное оседание кровли пласта наблюдается по верхнемеловым залежам месторождения Эльдаровское (графа 11, табл.1). Минимальная глубина залегания соответствует Малгобек-Вознесенскому месторождению 3000 м.

Из вышесказанного можно сделать следующие выводы

1. Для расчета величины оседания кровли пласта следует использовать коэффициент сжимаемости скелета пласта, как наиболее точно характеризующего природу исследуемого явления.

2. Расчеты по принятой методике по месторождениям Терско-Сунженской нефтегазоносной области показали, что величины оседания, вызванные упругой деформацией коллекторов, имеют относительно небольшие значения.

Литература

1. Адушкин В. В., Турунтаев С. Б. Техногенные процессы в земной коре (опасности и катастрофы). М.: ИНЭК, 2005. 252 с.
2. Баклашов И. В. Деформирование и разрушение породных массивов. М.: Недра, 1988. 271 с.
3. Барабанов В. Л. Техногенные геофизические явления на месторождениях подземных вод, нефти, газа и твердых полезных ископаемых // Наведенная сейсмичность. М.: Наука, 1994. С. 157-165.
4. Букринский В. А., Рашковский Я. З., Фролов Е. Ф. Совершенствование методов маркшейдерских работ и геометризация недр. М.: Недра, 1972. 384 с.
5. Гайрабеков И. Г. Исследование вертикальных смещений земной поверхности разрабатываемых месторождений нефти и газа. М.: Издательский дом «Академия Естествознания», 2011. 150 с.
6. Геология и перспективы нефтегазоносности Чечни и Ингушетии / И. А. Керимов, З. Г. Борисенко, А. А. Даукаев, З. Х. Моллаев и др. Грозный: Академия наук Чеченской Республики, 2010. 298 с.
7. Гиматудинов Ш. К., Ширковский А. И. Физика нефтяного и газового пласта. М.: Недра, 1982. 311 с.
8. Гридин В. А., Голованов М. П. Техногенная геодинамика на разрабатываемых газовых месторождениях Ставропольского края // Горный информационно-аналитический бюллетень. М.: МГГУ, 2007. № 9. С. 122-125.
9. Добрынин В. М. Деформации и изменения физических свойств коллекторов нефти и газа. М.: Недра, 1970. 239 с.

10. Желтов Ю. П. Деформации горных пород. М.: Недра, 1968. 197 с.
11. Жуков В. С., Кузьмин Ю. О., Полоудин Г. А. Оценка процессов проседания земной поверхности при разработке газовых месторождений (на примере Северо-Ставропольского месторождения) // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений, 2002. № 7. С. 54-57.
12. Калашников Ю. А., Ашихмин С. Т., Катошин А. Ф. Изменение геодинамической обстановки при разработке нефтяного месторождения // Нефтяное хозяйство, 2000. № 6. С. 28-32.
13. Калугин А. В. Обоснование принципов создания маркшейдерско-геодезических полигонов для контроля сдвижений земной поверхности при разработке нефтяных месторождений в условиях Западной Сибири. Автореферат диссертации на соискание ученой степени к. т. н. Пермь: ПГТУ, 2002. 20 с.
14. Касьянова Н. А. Экологические риски и геодинамика. М.: Научный мир, 2003. 332 с.
15. Кашников Ю. А., Ашихмин С. Г. Механика горных пород при разработке месторождений углеводородного сырья. М.: Недра, 2007. 467 с.
16. Керимов И. А., Гайсумов М. Я., Гайрабеков И. Г. К вопросу об оседании земной поверхности на нефтяных месторождениях. Депонировано в ВИНТИ № 1177-В94 от 12.05.94. 15 с.
17. Кратч Г. Сдвигение горных пород и защита подрабатываемых сооружений. М.: Недра, 1978. 494 с.
18. Кузьмин Ю. О. Современная геодинамика и оценка геодинамического риска при недропользовании. М.: АЭН, 1999. 220 с.
19. Кузьмин Ю. О., Жуков В. С. Современная геодинамика и вариации физических свойств горных пород. М.: Издательство МГГУ. 2004. – 262с.
20. Мазницкий А. С., Мазницкий И. А. Анализ оседания земной поверхности при разработке нефтяного месторождения // Инженерная геодезия, 1984. № 24. С. 69-74.
21. Мазницкий А. С., Середницкий Л. М. Влияние параметров упругости пород на уплотнение коллектора и оседание земной поверхности при разработке нефтегазовых месторождений // Нефтяное хозяйство, 1991. № 6. С. 14-16.
22. Механика горных пород применительно к проблемам разведки и добычи нефти / Под ред. Мори В. и Фурментро Д. М.: Мир, 1994. 416 с.
23. Мельников Н. Н., Калашник А. И., Калашник Н. А. Техногенные геодинамические процессы при освоении нефтегазовых месторождений шельфа Баренцева моря // Вестник МГТУ, 2009. том 12. № 4. С. 601-608.
24. Николаевский В. Н. Геомеханика и флюидодинамика. М.: Недра, 1996. 300 с.
25. Никонов А. А. Современные движения земной коры. Изд. втор., доп. М.: КомКнига, 2006. 192 с.
26. О деформации земной поверхности на разрабатываемом Северо-Ставропольском месторождении газа / Ю. В. Терновой, В. Н. Сергеев, В. Г. Гниловский и др. // ДАН СССР, 1965. Т. 164. № 4. С. 885-888.
27. Пискулин В. А. Геодезические данные о деформации земной поверхности в районе Газли. // Геодезия и картография, 1978. № 23. С. 24-28.
28. Современная геодинамика и нефтегазоносность / Сидоров В. А., Багдасарова М. В., Атанасян С. В. и др. М.: Наука, 1989. 199 с.

29. Современные движения земной коры и нефтегазоносность: на примере Терско-Каспийского передового прогиба / В. А. Сидоров, С. В. Атанасян, М. В. Багдасарова и др. М.: Недра, 1987. 115 с.

30. Субботин И. Е., Шевчук П. М., Бондарь А. Л. Зависимость деформаций земной поверхности от объема добычи газа // Нефтяная и газовая промышленность, 1984. № 1. С. 15-18.

31. Терновой Ю. В., Белов К. А. Оседание поверхности земли на Северо-Ставропольском-Пелагиадинском газовом месторождении // Газовое дело, 1969. № 9. С. 64-70.

32. Шадрин А. Г. Теория и расчет сдвижений горных пород и земной поверхности. Красноярск: КГУ, 1990. 200 с.

33. Щелкачев В. Н. Разработка нефтеводоносных пластов при упругом режиме. М.: Гостоптехиздат, 1959. 469 с.

34. Ященко Р. В. Геодезические исследования вертикальных движений земной коры. М.: Недра, 1989. 191 с.

DEFORMATIONS OF SHEET DEPOSITS CAUSED BY DEVELOPMENT OF OIL DEPOSITS OF TERSKO- SUNZHENSKAYA PETROLEUM ZONE

Kerimov I. A.¹, Sc. Doctor (Phys.-math.), prof., Haysumov M. Ya.², Sc. Candidate (Geol.), docent, Ahmathanov R. S.³, postgraduate student

¹ Academy of Sciences of Chechen Republic, e-mail: Ibragim_Kerimov@mail.ru

² Complex Institute named after Kh. I. Ibragimov of RAS, Grozny, Russia

³ Grozny State Oil Technical University named after Acad. M. D. Millionshikov

Equation for more physically substantiated assessment of oil horizons roof convergence based on laboratory data on mechanical properties of rock samples and geological investigations is obtained. Calculations are carried out for the Terek-Sunzha oil and gas field.

Keywords: seams deformation, roof convergence, Terek-Sunzha oil and gas field