



УДК 553.048

## ПОДСЧЁТ ЗАПАСОВ НЕФТИ И РАСТВОРЁННОГО ГАЗА КОВАЛЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

### CALCULATION OF OIL RESERVES AND DISSOLVED GAS OF THE KOVALEVSKOYE FIELD

**Поварова Лариса Валерьевна**

кандидат химических наук, доцент,  
доцент кафедры химии,  
Кубанский государственный технологический университет  
larispv08@gmail.com

**Яковина Александр Сергеевич**

студент-магистрант,  
Кубанский государственный технологический университет  
yakovs@yandex.ru

**Даниелян Геворг Гамлетович**

студент,  
Кубанский государственный технологический университет  
gev43@mail.ru

**Аннотация.** На многих месторождениях углеводородов отмечается несоответствие между начальными извлекаемыми запасами и добычей флюидов. Объёмный метод является основным и обязательным при подсчёте запасов нефти. Сущность метода заключается в определении массы нефти, приведённой к стандартным условиям в насыщенном ей объёме пустотного пространства породы-коллектора, слагающая залежь, либо её часть. Однако при недостаточном количестве информации, неточных данных, либо очень сложном строении залежей существует вероятность некорректного подсчёта объёмным методом. В этом случае существует целый ряд альтернативных контрольных методов подсчёта запасов. Одним из них является метод материального баланса, основанный на анализе характера изменений показателей разработки.

**Ключевые слова:** геофизическая изученность месторождения; резка второго бокового ствола; геологическое строение продуктивных пластов; подсчёт запасов нефти и растворённого газа; обоснование подсчётных параметров; подсчёт запасов объёмным методом; подсчёт запасов методом материального баланса.

**Povarova Larisa Valeryevna**

Candidate of Chemical Sciences,  
Associate professor,  
Associate Professor of chemistry department,  
Kuban state technological university  
larispv08@gmail.com

**Yakovina Alexander Sergeevich**

Student,  
Kuban state technological university  
yakovs@yandex.ru

**Danielyan Gevorg Gamletovich**

Student,  
Kuban state technological university  
gev43@mail.ru

**Annotation.** In many hydrocarbon fields, there is a discrepancy between the initial recoverable reserves and the production of fluids. The volumetric method is the main and mandatory method for calculating oil reserves. The essence of the method consists in determining the mass of oil, which is reduced to standard conditions in the volume of the hollow space of the reservoir rock that is saturated with it, forming the reservoir, or a part of it. However, with insufficient information, inaccurate data, or a very complex structure of deposits, there is a possibility of incorrect calculation by a volumetric method. In this case, there are a number of alternative control methods for calculating stocks. One of them is the method of material balance, based on an analysis of the nature of changes in development indicators.

**Keywords:** geophysical study of the field; cutting of the second lateral trunk; geological structure of reservoirs; calculation of oil and dissolved gas reserves; justification of the counting parameters; calculation of reserves by volumetric method; inventory calculation by material balance method.

#### Общая характеристика Ковалевского месторождения

В административном отношении Ковалевское месторождение расположено на территории Ольховского района Волгоградской области (рис. 1), в 22 км от пгт. Ольховка и в 45 км от г. Фролово. Ближайшим населённым пунктом является хутор Погожья Балка.

Ближайшими нефтяными месторождениями, находящимися в разработке, являются Западно-Кочетковское, Антоновское, Восточно-Кудиновское.

Ковалевское месторождение находится в пределах Кудиновско-Романовского лицензионного участка, в сфере деятельности ОАО «РИТЭК».

Месторождение открыто в 1995 году, когда из отложений семилукского горизонта получен промышленный приток нефти в поисковой скважине № 6-Чр, в пробную эксплуатацию введено в 1996 года (скважина № 6-Чр, залежь евлановско-ливенского горизонта).



### Географо-экономическая характеристика района

Глубокая разведка месторождения проводилась на основании материалов сейсморазведки МОВ ОГТ 1990 года, установившей по верхнедевонскому комплексу отложений наличие Ковалевской структуры, в пределах которой в 1995 году была пробурена поисковая скважина № 6-Чр, открывшая четыре нефтяных залежи во франских отложениях верхнего девона. Выявленные залежи приурочены к карбонатным коллекторам евлановско-ливенского, воронежского, семилукского горизонтов и к терригенным коллекторам петинского горизонта.

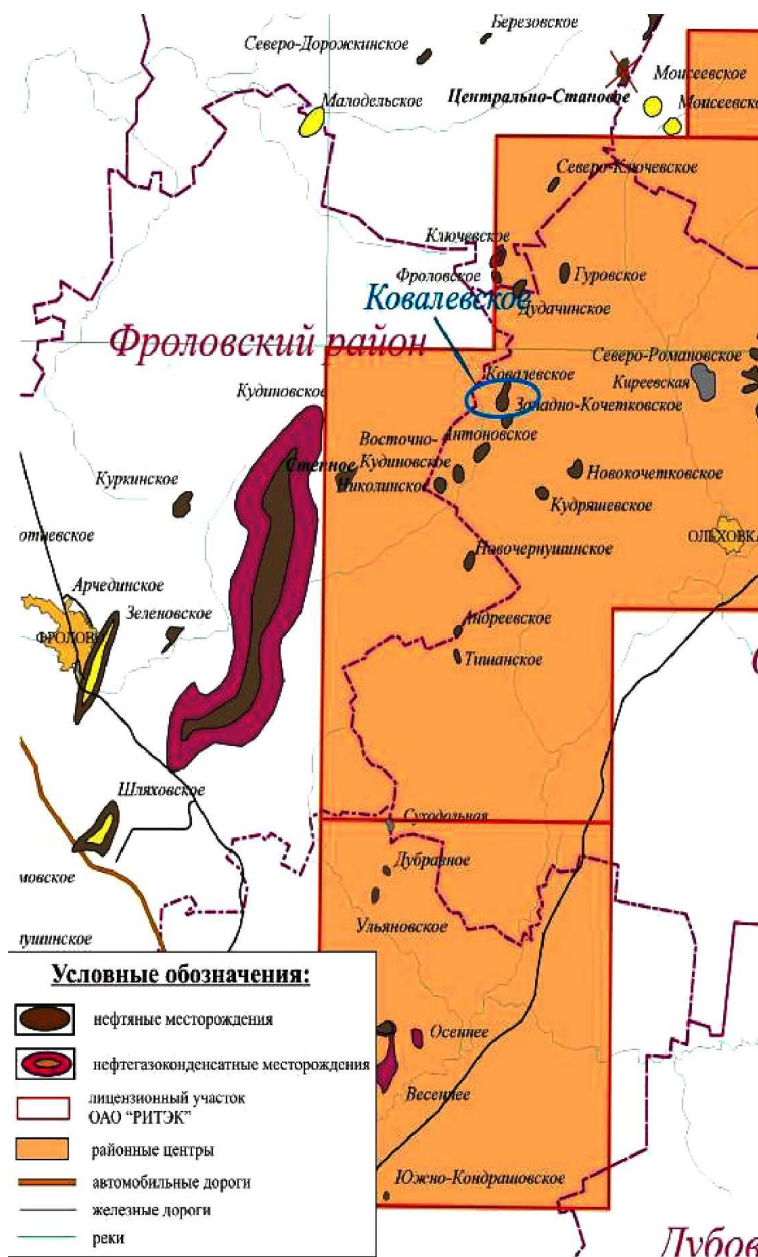


Рисунок 1 – Обзорная схема района Ковалевского месторождения

Впервые по месторождению запасы нефти и растворённого газа оценены оперативно в 1996 году и утверждены ЦКЗ Роснедра. В 1997 году часть запасов залежи евлановско-ливенского горизонта была переведена из категории  $S_2$  в  $S_1$  без изменения структурных построений.

В 2000–2001 гг. в пределах Кудиновско-Романовской зоны были проведены детальные сейсморазведочные работы МОВ ОГТ. Результаты интерпретации сейсмического материала легли в основу переоценки запасов залежи евлановско-ливенского горизонта 2004 года.

В 2006 году были проведены дополнительные сейсморазведочные работы. В пределах месторождения было отработано 15,5 пог. км сейсмических профилей и выполнена переинтерпретация материалов МОГТ 2D (за все годы) с целью уточнения деталей глубинного строения развитых здесь по-



кальных рифовых структур и малоамплитудных объектов облекания рифов. Результаты переинтерпретации предыдущих сейсмических данных 1990–2001 гг. и новых, а также результаты бурения наклонно-направленного ствола в скважине № 6-Чр легли в основу данного подсчёта запасов.

По состоянию на 01.01.2017 г. на государственном балансе в целом по месторождению числятся начальные запасы нефти (геологические / извлекаемые) по категории С<sub>1</sub> – 1188/432 тыс. тонн, по категории С<sub>2</sub> – 434/157 тыс. тонн и растворённого газа по категории С<sub>1</sub> в объёме 32 млн м<sup>3</sup>, по категории С<sub>2</sub> – 20 млн м<sup>3</sup>.

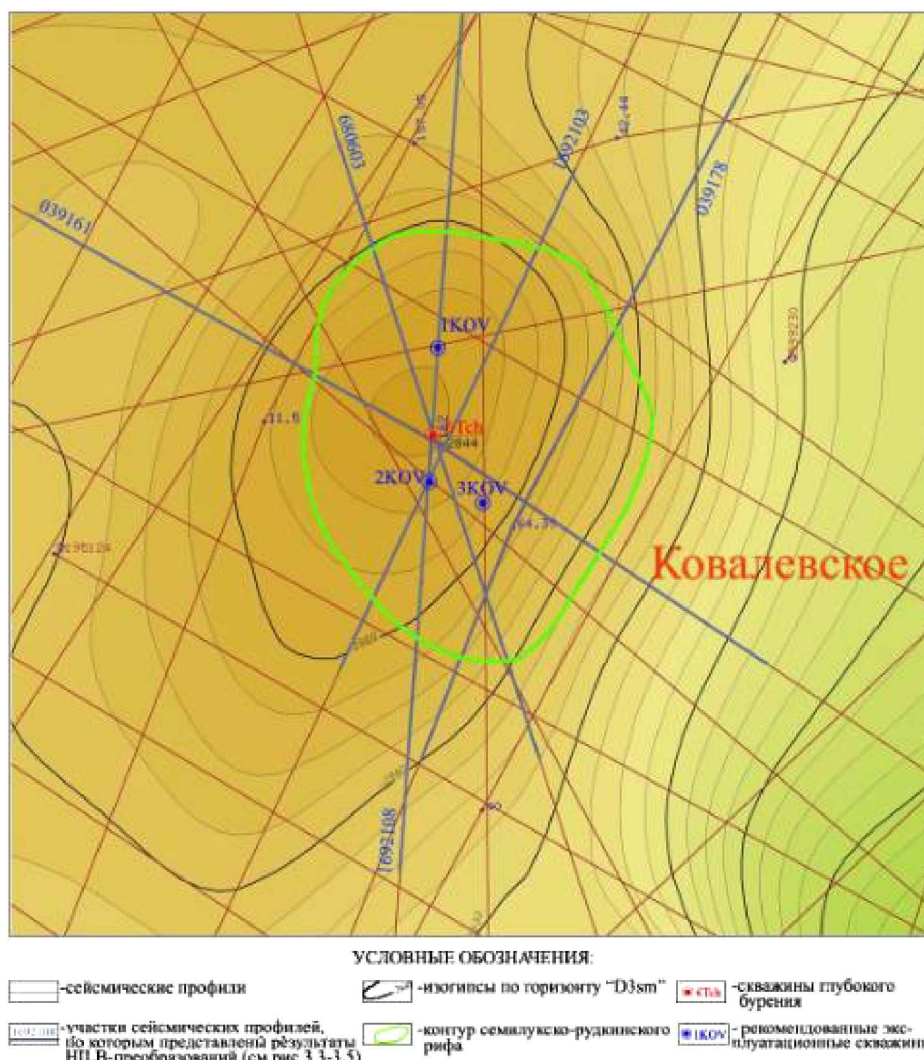
На 01.01.2017 г. из залежей месторождения извлечено 44 тыс. тонн нефти и 7 млн м<sup>3</sup> растворённого газа.

По величине запасов Ковалевское месторождение относится к мелким, по сложности геологического строения – к простым.

**Геофизическая изученность**

*Сейсморазведочные работы*

Ковалевская структура была выделена по результатам сейсморазведочных работ МОВ ОГТ АООТ «Заприкаспийгеофизика» в 1990 году на субмеридиональном профиле 003.90.46. Субширотное пересечение этой структуры профилями 003.90.37 и 003.90.61. подтвердило существование осложнения волнового поля, интерпретируемого как вероятное существование локального погребенного рифа (рис. 2).



**Рисунок 2** – Фрагмент структурной карты по отражающему горизонту «D3sm» Ковалевского месторождения

Полевые работы на дополнительных профилях (1991–1993 гг.), увеличившие плотность сейсмических профилей в пределах Ковалевской структуры до 3,6 км/км<sup>2</sup> (всего около 111 км сейсмических профилей), и повторная обработка сейсмических материалов уточнили строение Ковалевской структуры позволили выделить дополнительные локальные рифовые структуры. В 1994 году структура была включена в фонд подготовленных.



Бурением поисковой скважины № 6-Чр было подтверждено существование рифовой структуры и установлена промышленная нефтеносность евлановско-ливенских, воронежских, петинских и семилукских отложений.

В 2000–2001 гг. в пределах Кудиновско-Романовской зоны были проведены детальные сейсмо-разведочные работы МОВ ОГТ, позволившие уточнить геологическое строение месторождения. Однако уже в 2006 году был переработан весь сейсмический материал. Новая интерпретация проводилась с использованием современных версий программного комплекса iXL, палеотехнологии и применением процедуры миграции временных и палеовременных разрезов. Кроме материалов предыдущих лет, в интерпретации учитывались сейсмические данные, полученные в 2006 году (профиля 680601, 680602 и 680603). Качество полученных результативных сейсмических материалов позволило выполнить достаточно уверенную интерпретацию всего волнового поля – от опорных поверхностей (RpC3 и RpC2pd) до целевых границ (D3lv и D3sm). Данные структурные построения учитывались при построении настоящей геологической модели.

По ливенскому отражающему горизонту (D3lv) Ковалевское месторождение отображается антиклинальной складкой, оконтуриваемой изогипсой минус 2610 м. Размеры складки составляют 1,0×0,7 км при амплитуде 12 м. По поверхности семилукских отложений (D3sm) размеры антиклинальной складки, оконтуриваемой изогипсой минус 2870 м, составляют 1,7×1,0 км, площадью 1,38 км<sup>2</sup> с амплитудой около 28 м.

Следует отметить, в данной интерпретации семилукский отражающий горизонт лишь в апикальной части может контролировать поверхность рифа, а по мере удаления на периклиналь происходит замещение органогенных известняков на породы другого состава, представленного более глубоководными фациями, поэтому очень важно при дальнейшей разработке рифогенных объектов знать конфигурацию их пространственных границ.

*Бурение скважин*

Всего на Ковалевском месторождении пробурена одна поисковая скважина, в которой были забурены боковые наклонно-направленные стволы. Два из них были ликвидированы. Общий метраж бурения составил 3914,5 м. Сведения об объёмах и результатах бурения приведены в таблице 1.

**Таблица 1** – Объём поискового бурения

Назначение скважин	№ скважины	Кол-во скважин	Общий метраж	Сроки бурения		Полученные результаты		Примечание
				начало	окончание	продуктивные	непродуктивные	
Поисковая	6-Чр	1*	3110	1995		1		
				1996		–		
	6-Чр (Iб)		520,5 (3315–2794,5)			–		ликвидирована
						1		
	6-Чр (IIб)		83 (3117–3034)	2007		–		ликвидирована
				2007		1		
6-Чр (IIIб)		201 (3091–2890)			1			
					–			
Всего			3914,5					

\* с глубины 2794,5 м до 3315 м пробурен I боковой ствол;  
с глубины 3034 м до 3117 м пробурен II боковой ствол;  
с глубины 2890 м до 3091 м пробурен III боковой ствол.

Поисковая скважина № 6-Чр была начата бурением 16.04.1995 г. В процессе бурения были последовательно опробованы пластоиспытателем на трубах евлановско-ливенские, воронежские, петинские и семилукские отложения. В результате было подтверждено существование рифовой структуры и установлена промышленная нефтеносность этих отложений.

Забой скважины № 6-Чр на глубине 3110 м (семилукский горизонт). Скважина была закончена строительством 15.07.1996 г. Семилукские отложения были исследованы гидродинамическими методами в интервале глубин 3017–3036 м. При проведении гидродинамических исследований скважина обводнилась, в результате было принято решение об установке цементного моста в интервале 2885–3110 м. После этого скважину перевели на вышележащие евлановско-ливенские отложения, которые были перфорированы, а также исследованы комплексными гидродинамическими методами.



Скважина была передана Арчединскому НГДУ для разработки нефтяных отложений евлановско-ливенского горизонта.

В процессе бурения был проведён необходимый комплекс ПГИ, отбор керн и шлама.

В 2007 году с целью эксплуатации углеводородов в петинских песчаниках и семилукских известняках было принято решение пробурить боковой горизонтально-направленный ствол проектной глубиной 3370 м (3015 м – по вертикали) (семилукский горизонт). Скважина была начата бурением 08.08.2007 г., зарезка бокового ствола осуществлялась с глубины 2794,5 м. Однако в процессе проработки глинистого интервала на глубине 3087 м произошёл прихват КНБК, ликвидировать который не удалось, в результате было принято решение установить цементный мост в интервале глубин 3044–3315 м. Из всего запланированного комплекса геофизических исследований был сделан только гамма-каротаж.

Зарезка второго бокового ствола производилась с глубины 3034 м. Ввиду различных осложнений (осыпей и обвалов стенок скважины) ствол также пришлось ликвидировать установкой цементного моста в интервале 2910–3117 м. В стволе не проводилось никаких исследований.

Зарезка третьего бокового ствола 6-Чр (IIIБ) произведена с глубины 2890 м. Забой скважины 3091 м. В интервале глубин 3073,0–3091,0 м в открытом стволе были проведены гидродинамические исследования семилукских отложений. В скважине был произведён запланированный комплекс геофизических исследований за исключением БКС в связи с неисправностью скважинного прибора. В виду этого определение нефтенасыщенности не производилось.

На 01.01.2017 г. на Ковалевском месторождении опробованы продуктивные евлановско-ливенские, воронежские, петинские и семилукские отложения методом ИПТ (11 объектов), проведены комплексные гидродинамические исследования в открытом стволе (два объекта в семилукском горизонте), а также при перфорации (один объект – евлановско-ливенский горизонт). Скважина № 6-Чр является продуктивной, два первых боковых ствола ликвидированы по техническим причинам.

Керн на Ковалевском месторождении отбирался из отложений бобриковского, евлановско-ливенского, воронежского, петинского и семилукского возрастов в скважине № 6-Чр. Всего с отбором керн пройдено 112 м, вынос керн составил 36,85 м (32,90 %), по продуктивному разрезу пройдено 107 м, вынос керн – 35,05 м (32,76 %). По продуктивной части с отбором керн пройдено 50,20 м, вынос составил – 17,65 м (35,2 %). Проходка, вынос керн и освещённость проницаемой нефтенасыщенной части продуктивных пластов составили:

- по пласту евлановско-ливенского горизонта проходка 17,6 м, вынос – 6,8 м (38,6 %), освещённость – 38,6 %;
- по пласту воронежского горизонта проходка 5,4 м, вынос – 0,45 м (8,3 %), освещённость – 8,3 %;
- непосредственно по продуктивному пласту петинского горизонта керн не отбирался;
- по пласту семилукского горизонта проходка – 17,8 м, вынос – 5,3 м (29,8 %), освещённость – 21,5 %.

В целом по продуктивной части разреза освещённость керном составила 24,4 %, по нефтенасыщенной – 24,8 %. Всего было проанализировано 100 образцов керн, отобранных в интервале продуктивной части разреза, и 103 образца в целом по месторождению (были исследованы также три образца бобриковского горизонта). Исследования включали анализы по определению фильтрационно-емкостных характеристик (открытой, общей и эффективной пористости, остаточной водонасыщенности) и физических параметров (проницаемости, плотности).

В настоящее время в эксплуатации находится семилукская залежь.

### **Нефтегазоносность**

Ковалевское нефтяное месторождение приурочено к Нижневолжской нефтегазоносной области Волго-Уральской нефтегазоносной провинции.

Нефтеносность разреза осадочного чехла рассматриваемой территории установлена в узком стратиграфическом диапазоне от семилукского до евлановско-ливенского горизонта франского яруса верхнего девона.

На ближайших к Ковалевскому месторождениях залежи нефти выявлены в отложениях евлановско-ливенского горизонта Западно-Кочетковского, Антоновского и Восточно-Кудиновского месторождений, воронежского горизонта Антоновского и Восточно-Кудиновского месторождений и в отложениях петинского и семилукского горизонтов Восточно-Кудиновского месторождения.

Кроме того, подобный продуктивный разрез вскрыт на Ключевском и Фроловском месторождениях, за исключением петинского горизонта на Фроловском месторождении.

На Ковалевском месторождении установлены 4 залежи нефти, имеющие промышленное значение. Залежи приурочены к пластам евлановско-ливенского, воронежского и петинского горизонтов, а также к рифогенным образованиям семилукского возраста.

Нефтяная залежь семилукского возраста приурочена к рифогенной постройке, залегающей на глубине 3016 м. Залежь массивного типа, тип вмещающих горных пород – карбонатный, тип коллектора – трещинно-поровый.





Коллектор характеризуется неоднородностью по емкостно-фильтрационным свойствам. В разрезе отложений встречаются интервалы, не перспективные по проницаемости. Скважина № 6-Чр, пробуренная до глубины 3110 м, полностью вскрыла залежь.

Абсолютная отметка залегания кровли коллектора в скважине № 6-Чр минус 2840,0 м. Боковой ствол 6-Чр (IIIб) вскрыл риф на глубине 3072,0 м (– 2842,1 м). Вскрытая нефтенасыщенная толщина в скважине № 6-Чр составляет 24,6 м.

Продуктивность семилукских отложений установлена по результатам опробования пластоиспытателем в процессе бурения, данным интерпретации материалов ГИС и доказана исследованиями в открытом стволе.

### Геологическое строение продуктивных пластов

Залежь евлановско-ливленского горизонта пластовая сводовая, приурочена к ловушке структурного типа, тип вмещающих пород – карбонатный, тип коллектора – каверново-трещинный. Размеры залежи: 1,0×0,70 км; высота – 18,8 м. По евлановско-ливленскому отражающему горизонту (D3lv) Ковалевское месторождение отображается антиклинальной складкой, оконтуриваемой изогипсой минус 2610 м. Размеры складки составляют 1,0×0,7 км при амплитуде 12 м.

На рисунке 3 показана структурная карта по кровле продуктивных образований.

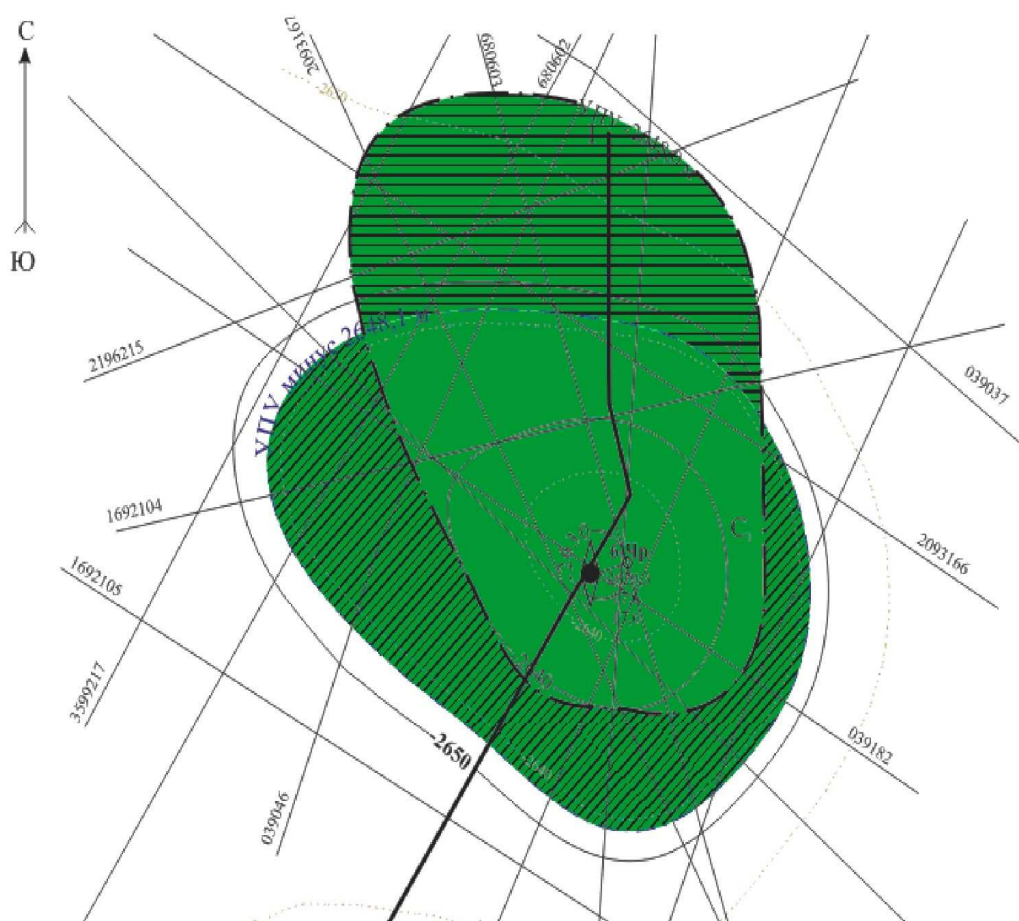


Рисунок 3 – Структурная карта по кровле продуктивных образований

Общий геологический профиль Ковалевского месторождения представлен на рисунке 4.

Продуктивными интервалами евлановско-ливленского горизонта в скважине № 6-Чр являются 2805,2–2806,4 м и 2807,6–2824,0 м. Значения пористости по ГИС варьируют от 0,11 до 0,20 доли ед. По керновым данным породы евлановско-ливленского возраста характеризуются как известняки органогенные, органогенно-детритовые, органогенно-обломочные, песчанистые, перекристаллизованные, имеющие конгломератовидную текстуру. Эти отложения характеризуются высокими показателями фильтрационно-емкостных свойств. УЭС пластов-коллекторов изменяется от 11,0 Ом·м до 72,9 Ом·м. Эффективная нефтегазонасыщенная мощность коллектора составляет 17,6 м.

Абсолютная отметка залегания кровли коллектора составляет минус 2629,3 м. Нефтенасыщенная толщина составляет 17,6 м.

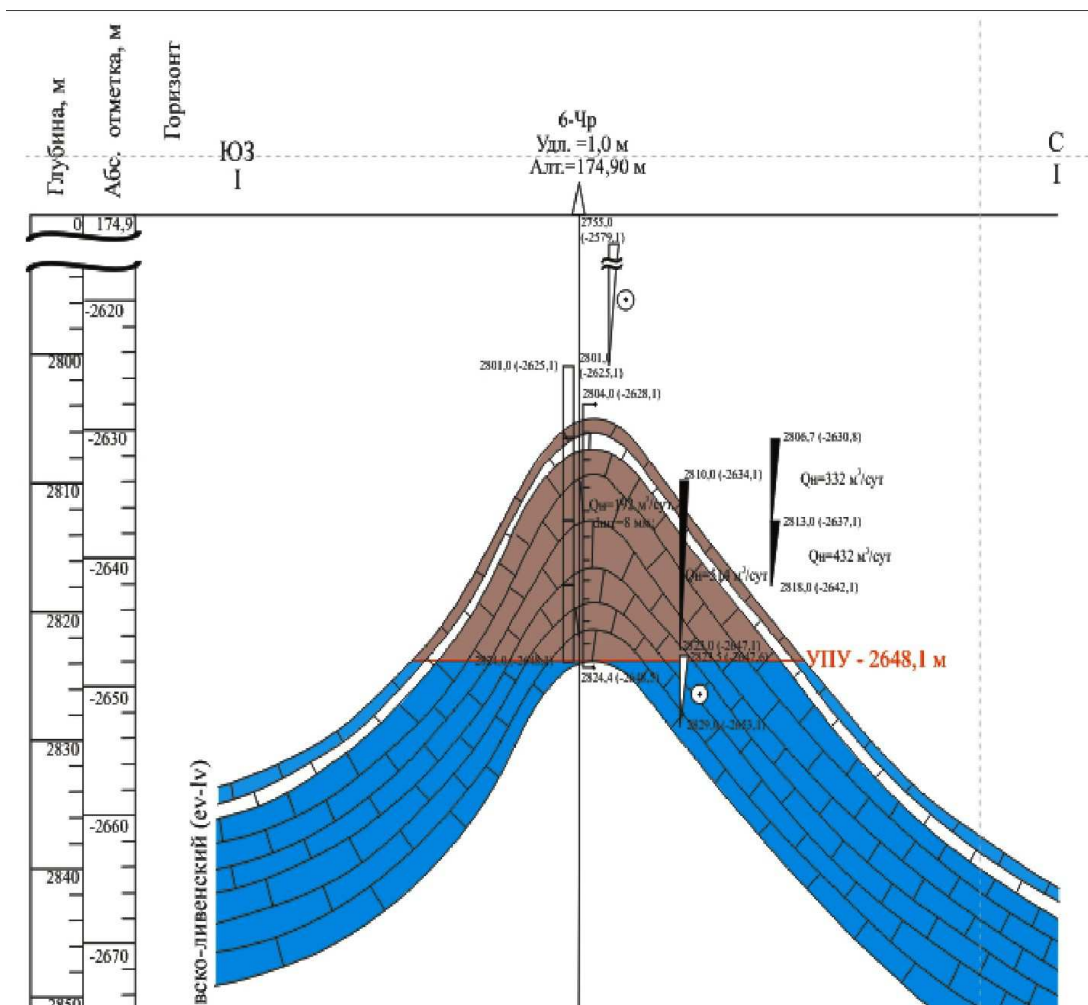


Рисунок 4 – Геологический профиль по линии I-I Ковалевского месторождения

Евлановско-ливенские отложения опробованы в процессе бурения пластоиспытателем на трубах в пяти интервалах:

- 1) 2755,0–2801,0 (– 2579,1–2625,1) м;
- 2) 2806,7–2813,0 (– 2630,8–2637,1) м;
- 3) 2813,0–2818,0 (– 2637,1–2642,1) м;
- 4) 2810,0–2823,0 (– 2634,1–2647,1) м;
- 5) 2823,5–2829,0 (– 2647,6–2653,1) м.

Первый и последний интервалы оказались неперспективными по проницаемости, в следующих трёх был получен приток нефти соответственно с дебитами 332 м³/сут. ( $\Delta P = 7,8$  МПа), 432 м³/сут. ( $\Delta P = 4,8$  МПа) и 514 м³/сут. ( $\Delta P = 6,1$  МПа).

Продуктивность евлановско-ливенских отложений в скважине № 6-Чр подтверждена опробованием в колонне из интервала 2804,0–2824,4 м (– 2628,1–2648,5 м), получен приток нефти дебитом 118 м³/сут. на 6 мм штуцере.

При отработке скважины на различных режимах были получены притоки нефти с дебитами от 59 м³/сут. на 4 мм штуцере до 192 м³/сут. на 8 мм штуцере.

### Подсчёт запасов нефти и растворённого газа Ковалевского месторождения

#### Подсчёт запасов объёмным методом

По сложности геологического строения Ковалевское месторождение относится к простым, по величине извлекаемых запасов нефти – к мелким. Запасы углеводородного сырья Ковалевского месторождения сосредоточены в четырёх нефтяных залежах и подсчитаны универсальным объёмным методом. Сущность метода заключается в определении массы нефти, приведённой к стандартным условиям в насыщаемом ею объёме пустотного пространства породы-коллектора. Соответственно начальные извлекаемые запасы нефти рассчитываются по следующей формуле:

$$Q_H = F \cdot h \cdot k_p \cdot k_H \cdot \rho_H \cdot \theta,$$



где  $Q_H$  – извлекаемые запасы нефти, тыс. тонн;  $F$  – площадь нефтеносности, тыс. м<sup>2</sup>;  $h$  – нефтенасыщенная толщина пласта, м;  $k_n$  – коэффициент открытой пористости нефтесодержащих пород;  $k_H$  – коэффициент нефтенасыщенности;  $\rho_H$  – плотность нефти по результатам дифференциального разгазирования глубинных проб пластовой нефти до стандартных условий, г/см<sup>3</sup>;  $\theta$  – пересчётный коэффициент, учитывающий усадку нефти и численно равный величине, обратной объёмному коэффициенту.

При подсчёте запасов приняты коэффициенты пористости и нефтенасыщенности, определённые по результатам интерпретации материалов ГИС как наиболее представительные, дающие более полную информацию об изменении свойств коллекторов по разрезу и площади залежи.

Определения коллекторских свойств по геофизическим данным производилось сотрудниками «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «ВолгоградНИПИморнефть». В таблице подсчётных параметров указаны средневзвешенные по объёму залежи значения, полученные в результате интерполяции по заданному в программном комплексе Igar RMS Roxar алгоритму при создании трёхмерной геологической модели.

Извлекаемые запасы растворённого газа вычислялись умножением извлекаемых запасов нефти на газосодержание (м<sup>3</sup>/т), определённое по результатам дифференциального разгазирования глубинных проб пластовой нефти до стандартных условий.

**Обоснование подсчётных параметров, категорий и подсчёт запасов нефти и растворённого газа по залежам Ковалевского месторождения**

Определение подсчётных параметров производилось на основе структурных построений и анализа геолого-геофизической информации.

Площадь и объём нефтенасыщенных пород, а также средневзвешенные по объёму эффективные толщины по залежам рассчитаны в программном комплексе Igar RMS Roxar.

Структурные построения по кровле коллектора были выполнены в масштабе 1:10 000 с сечением изогипс 10 м, основанием для которых послужила интерпретация новых сейсмических данных.

Карты нефтенасыщенных толщин построены также в масштабе 1:10 000, однако шаг изопакит для залежей евлановско-ливленского горизонта.

Обоснование пористости, нефтенасыщенности и эффективной нефтенасыщенной толщины выполнялось на основании данных интерпретации материалов ГИС.

Пористость в исследуемых интервалах определялась по данным ННК, ГГК и АК с учётом поправок за литологию с использованием результатов исследования керна и петрофизических констант.

Определение коэффициента нефтенасыщенности пластов-коллекторов по ГИС проводилось по методу сопротивлений, основанному на зависимости удельного сопротивления пород коллектора от содержания в нём воды:

$$P_H = f(K_e),$$

где  $K_e$  – коэффициент водонасыщенности;  $P_H$  – величина параметра насыщения:

$$P_H = \frac{\rho_n}{\rho_{en}} = \frac{\rho_n}{P_n \cdot \rho_e}.$$

Удельное сопротивление пород  $\rho_n$  определялось по данным БК и ИК.

Удельное сопротивление пород при 100 % насыщении пор водой  $\rho_{ne}$  определено по формуле:

$$\rho_{ne} = P_n \cdot \rho_e.$$

Сопротивление пластовой воды  $\rho_e$  принималось равным 0,021 Ом·м по аналогии с Антоновским месторождением.

Методика определения коэффициента нефтенасыщенности была принята по электрометрии с использованием связей  $P_n - K_n$  и  $P_H - K_e$ . Однако петрофизические зависимости были построены с привлечением новых данных по керну соседних площадей (Антоновская (скважина № 7-Чр), Новокочетковская (скважины №№ 1 и 2-Нкч), Кудряшовская (скважина № 48-Чр), Степная (скважина № 6-Ольх)).

Плотность нефти, объёмный коэффициент и газосодержание были приняты по глубинным пробам (евлановско-ливленский и семилукский горизонт) и по аналогии (воронежский и петинский горизонты).

Для подсчёта извлекаемых запасов нефти были использованы коэффициенты извлечения нефти, принятые в «Технологической схеме разработки Ковалевского месторождения», являющейся основным проектным документом на настоящий момент.

**Залежь евлановско-ливленского горизонта**

Запасы нефти евлановско-ливленского горизонта относятся к категории С<sub>1</sub>, поскольку нефтеносность отложений установлена на основании промышленных притоков нефти при перфорации скважины № 6-Чр (интервал 2804,0–2824,4 (– 2628,1–2648,5 м)), а также при опробовании пластоиспытателем на трубах в скважине № 6-Чр, что подтверждается результатами ГИС.





Водонефтяной контакт принят на абсолютной отметке минус 2648,1 м по результатам опробования с учётом интерпретации геофизических данных. Результаты опробования отложений евлановско-ливенского горизонта представлены на рисунке 5.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1												
2	<b>Результаты опробования и исследования продуктивных отложений Ковалевского месторождения</b>											
3	№ скв. alt.+Δl, м	Дата проведения работ	Интервал продуктивной глубина, м		Интервал опробования глубина, м	Способ испытания	Дебит				Состояние скважины	Примечание
4			абс. отм., м	абс. отм., м			нефть, т/сут	газ, тыс. м <sup>3</sup> /сут	вода, м <sup>3</sup> /сут	жид- кость, м <sup>3</sup> /сут		
5	кровля	подшва										
6	<i>евлановско-ливенский горизонт</i>											
7												
8	6-Чр	25.07.1995	2805,2	2806,4	2755,0-2801,0	ИПТ КИИ-2М-146	-	-	-	-	останов- лена	ΔР <sub>нзч</sub> =10,8 МПа, Р <sub>гидр</sub> =31,9 МПа, притока нет
9	175,9		-2629,3	-2630,5	-2579,1-2625,1							
10		30.07.1995	2807,6	2824,0	2806,7-2813,0	ИПТ МИГ-146	332	-	-	-		Р <sub>пл</sub> =29,8 МПа, ΔР=7,8 МПа
11			-2631,7	-2648,1	-2630,8-2637,1							Р <sub>пл</sub> =29,4 МПа, ΔР=4,8 МПа
12		04.08.1995			2813,0-2818,0	ИПТ КИИ-2М-146	432	-	-	-		Р <sub>пл</sub> =29,9 МПа, ΔР=6,1 МПа
13					-2637,1-2642,1							
14		06.08.1995			2810,0-2823,0	ИПТ КИИ-2М-146	514	-	-	-		Интервал не проницаем
15					-2634,1-2647,1							
16		09.08.1995			2823,5-2829,0	ИПТ КИИ-2М-146	-	-	-	-		
17					-2647,6-2653,1							
18					2804,0-2824,4	перфор.	59	-	-	-		диш=4,0 мм
19		14.07.1996			-2628,1-2648,5		118	-	-	-		диш=6,0 мм
20							192	-	-	-		диш=8,0 мм
21												Р <sub>пл</sub> =29,4 МПа, Т <sub>пл</sub> =71 °С

**Рисунок 5** – Результаты опробования и исследования продуктивных отложений евлановско-ливенского горизонта

Площадь нефтеносности залежи составила 538 тыс. м<sup>2</sup>. Объём нефтенасыщенных пород 2942 тыс. м<sup>3</sup> (табл. 2). Средневзвешенная нефтенасыщенная толщина залежи 5,47 м.

**Таблица 2** – Ведомость обмера залежей евлановско-ливенского горизонта Ковалевского месторождения

Пласт	Категория запасов	Зона	Эффективная нефтенасыщенная толщина, м		Площадь нефтеносности, тыс. м <sup>2</sup>	Объём нефтенасыщенных пород, тыс. м <sup>3</sup>
			интервал толщины	среднее значение		
ev-iv	C <sub>1</sub>	ВНЗ	0–2	1	161	161
		ВНЗ	2–4	3	100	300
		ВНЗ	4–6	5	82	410
		ВНЗ	6–8	7	62	434
		ВНЗ	8–10	9	38	342
		ВНЗ	10–12	11	28	308
		ВНЗ	12–14	13	25	325
		ВНЗ	14–16	15	24	360
		ВНЗ	16–17,6	16,8	18	302
Всего по горизонту:					538	2942

Средневзвешенные по объёму залежи коэффициенты открытой пористости и нефтенасыщенности, полученные при трёхмерном моделировании, равны соответственно 0,12 и 0,84.

Пересчётный коэффициент (0,68), плотность нефти (0,823 г/см<sup>3</sup>) и газосодержание (195,5 м<sup>3</sup>/т) приняты по значениям, полученным в результате анализа глубинной пробы, отобранной из скважины № 6-Чр и исследованной методом дифференциального разгазирования.

Начальные геологические запасы нефти по категории C<sub>1</sub> составили 166 тыс. тонн; начальные извлекаемые (при принятом КИН 0,2) – 33 тыс. тонн.

Начальные запасы растворённого газа по категории C<sub>1</sub> составили 6 млн м<sup>3</sup>.

**Подсчёт запасов методом материального баланса**

Ковалевское месторождение было введено в пробную эксплуатацию в 1996 году разведочной скважиной № 6-Чр, с 1998 года разработка велась согласно «Проекту пробной эксплуатации Ковалевского нефтяного месторождения».



В 2003 году была выполнена «Технологическая схема разработки Ковалевского месторождения». «Проект разработки Ковалевского нефтяного месторождения Волгоградской области» (2009 г.) был принят в качестве «Авторского надзора за реализацией «Технологической схемы разработки».

Для подсчёта извлекаемых запасов нефти в настоящей работе использованы коэффициенты извлечения нефти.

На Ковалевском месторождении выделено четыре самостоятельных эксплуатационных объекта: залежи евлановско-ливенского, воронежского, петинского и семилукского горизонтов. На 01.01.2017 г. в промышленной разработке находится залежь семилукского горизонта, разрабатываемая с 2008 года наклонно-направленным стволом 6-Чр (IIIБ). В период времени с 1996 года по май 2007 года в эксплуатации находилась залежь евлановско-ливенского горизонта.

Разработка месторождения была начата с залежи евлановско-ливенского горизонта, поскольку из-за технической аварии, произошедшей при освоении семилукских отложений, скважина № 6-Чр была переведена на вышележащий горизонт.

В скважине № 6-Чр в интервале опробования отложений евлановско-ливенского горизонта (2804,0–2824,4 м) были проведены гидродинамические исследования, по результатам которых коллектор характеризуется как нефтенасыщенный со следующими фильтрационными свойствами: коэффициент продуктивности 99,1 м<sup>3</sup>/сут., коэффициент гидропроводности 205,6 мкм<sup>2</sup>·см/МПа·с, коэффициент проницаемости 0,071 мкм<sup>2</sup>, коэффициент пьезопроводности 3600 см<sup>2</sup>/с.

Пластовое давление, приведённое к середине интервала вскрытия пласта, составило 29,4 МПа, пластовая температура на глубине середины перфорации равна 71 °С.

Разработка залежи евлановско-ливенского горизонта велась без поддержания пластового давления на естественном упруговодонапорном режиме. С 1996 по 2001 г. добыча осуществлялась фонтанным способом. Уже в первые месяцы эксплуатации в скважине появилась вода, т.к. нижние дыры интервала перфорации находились на уровне подошвы продуктивного пласта, т.е. на условном уровне принятого положения ВНК. В период времени с 1997 по 2000 г. давление на буфере снизилось с 7 до 4 МПа; среднесуточный дебит жидкости снизился с 31 тонн/сут. до 13 тонн/сут. при 41,9 % обводнённости поступающей на поверхность продукции. В 2001 году скважина № 6-Чр была переведена на механизированный способ добычи (ШГН).

Во время дальнейшей эксплуатации скважины обводнённость продукции увеличивалась до 82 % в 2007 году. В связи с необходимостью осуществления проектных решений скважина № 6-Чр с июня 2007 по январь 2008 гг. находилась в КРС в связи с резкой бокового ствола на семилукский горизонт.

По состоянию на 01.01.2017 г. из залежи евлановско-ливенского горизонта отобрано 32 тыс. тонн нефти и 6,0 млн м<sup>3</sup> растворённого газа.

Открытию нефтяных месторождений, в том числе и Ковалевского, в пределах Кудиновско-Романовской зоны предшествовали многочисленные геолого-геофизические исследования, включающие сейсморазведку (КМПВ, МОВ), электроразведку (ЗСТ, МТЗ), гравиразведку, структурно-картировочное и глубокое бурение. В процессе этих геологоразведочных работ были обнаружены нефтяные залежи в рифогенных отложениях семилукского возраста и в структурах облекания этих образований. Совершенствование методов интерпретации сейсмических данных позволило применять МОГТ для картирования малоамплитудных объектов облекания рифов.

В качестве контрольного метода для подсчёта запасов углеводородов Ковалевского месторождения применён метод материального баланса.

Метод материального баланса основан на изучении физических параметров жидкости и газа, содержащихся в пласте, в зависимости от динамики давления в процессе разработки, изменяющегося в связи с отбором нефти. При этом строится карта изобар, по которой рассчитывается средневзвешенное по площади залежи пластовое давление, являющееся исходным для определения всех зависящих от него параметров.

Начальные балансовые запасы нефти в стандартных условиях по методу материального баланса подсчёта запасов определяются по следующей формуле:

$$Q_{н.о.} = \frac{\sum Q_{нак} \cdot [b_1 + (r_p - r_0) \cdot V] - (W - w) \cdot \lambda - q_i \cdot V}{b_1 - b_0 + \frac{n \cdot b_0}{V_0} + \frac{b_0}{1 - k_e} \cdot (\beta_n + k_e \cdot \beta_e) \cdot \Delta P},$$

где  $\sum Q_{нак}$  – сумма накопленной добычи нефти (данные по накопленной добыче нефти составили  $\sum Q_{нак} = 50$  тыс. тонн);  $b_0$  – однофазный объёмный коэффициент нефти на начало разработки (он определялся путём дифференциального разгазирования,  $b_0 = 1,501$ );  $b_1$  – двухфазный объёмный коэффициент нефтегазовой смеси (так как залежь находится в упруговодонапорном режиме, то  $b_1 = b_0 = 1,501$ );  $V, V_0$  – объёмные коэффициенты газа для давления  $p$  и начального давления  $p_0$ ;  $W$  – объём внедряющейся в залежь воды (для подсчёта запасов методом матери-



ального баланса в данной статье принят объём внедряющейся в залежь воды  $W = 53$  тыс. м<sup>3</sup>);  $w$  – количество добытой из залежи воды на дату расчёта в стандартных условиях ( $w = 27$  тыс. м<sup>3</sup>);  $\lambda$  – объёмный коэффициент воды на дату подсчёта (он определялся по результатам лабораторных исследований глубинных проб пластовой воды  $\lambda = 0,98$ );  $q_i$  – объём закачанного в пласт газа на дату расчёта в стандартных условиях, м<sup>3</sup>;  $r_p$  – средний газовый фактор (отношение накопленной добычи газа к накопленной добыче нефти на дату расчёта в стандартных условиях);  $n$  – отношение объёма пустот, занятых на дату расчёта газовой шапкой, к объёму пустот занятой нефтью;  $\beta_n$  – коэффициент сжимаемости породы (из лабораторных исследований анализа керна получаем  $\beta_n = 0,17 \cdot 10^{-4}$  МПа<sup>-1</sup>);  $\beta_e$  – коэффициент сжимаемости воды (из лабораторных исследований глубинных проб пластовой воды получаем  $\beta_e = 4,35 \cdot 10^{-4}$  МПа<sup>-1</sup>);  $k_e$  – коэффициент водонасыщенности (исходя из формулы  $k_H + k_e + k_g = 1$ , берём показания нефтенасыщенности из подсчёта объёмным методом ( $k_H = 0,82$ ), и, учитывая, что залежь находится в упруговодонапорном режиме ( $k_g = 0$ ), получаем  $k_e = 1 - 0,82 = 0,18$ );  $\Delta P$  – изменение пластового давления (исходя из данных разработки, пластовое давление в начале разработки залежи составляло 45 МПа).

Подставляя числовые значения в данную формулу, находим, что начальные балансовые запасы нефти Ковалевского месторождения, рассчитанные по методу материального баланса подсчёта запасов, составляют 164 тыс. тонн.

Подсчитанные методом материального баланса запасы евлановско-ливенского горизонта составили 164 тыс. тонн, что незначительно отличается от количества запасов, подсчитанных объёмным методом. Это позволяет сделать вывод о достоверности подсчёта запасов.

### Литература:

1. Погорельская С.В., Назаренко А.В. Оперативная переоценка запасов нефти и растворённого газа Ковалевского месторождения : отчёт ООО «ЛУКОЙЛ-ВолгоградНИПИморнефть»; рук. А.В. Бочкарев – Волгоград, 2011. – 101 с.
2. Антониади Д.Г., Савенок О.В., Шостак Н.А. Теоретические основы разработки нефтяных и газовых месторождений : учебное пособие. – Краснодар : ООО «Просвещение-Юг», 2011. – 203 с.
3. Кусов Г.В., Савенок О.В. Основы недропользования и лицензирования месторождений нефти и газа : методические указания по изучению дисциплины для студентов всех форм обучения направления 131000.62 «Нефтегазовое дело». – Краснодар : Изд. КубГТУ, 2013. – 24 с.
4. Климов В.В., Усов С.В., Савенок О.В., Скиба Н.К., Березовский Д.А., Климов Е.В. Интерпретация данных профилометрии обсадных колонн : методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Основы геофизики» для студентов всех форм обучения и МИППС направления 131000.62 «Нефтегазовое дело». – Краснодар : Изд. КубГТУ, 2014. – 19 с.
5. Попов В.В., Богуш И.А., Третьяк А.Я., Савенок О.В., Лаврентьев А.В. Поиски, разведка и эксплуатация месторождений нефти и газа : учебное пособие. – Новочеркасск : ЮРГПУ (НПИ), 2015. – 322 с.
6. Климов В.В., Савенок О.В., Лешкович Н.М. Основы геофизических исследований при строительстве и эксплуатации скважин на нефтегазовых месторождениях : учебное пособие. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2016. – 274 с.
7. Попов В.В., Третьяк А.Я., Савенок О.В., Кусов Г.В., Швец В.В. Геофизические исследования и работы в скважинах : учебное пособие. – Новочеркасск : Лик, 2017. – 326 с.
8. Савенок О.В., Арутюнян А.С., Шальская С.В. Интерпретация результатов гидродинамических исследований : учебное пособие. – Краснодар : Изд. ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2017. – 203 с.
9. Подсчёт запасов нефти и растворённого газа Ковалевского месторождения. – URL : [http://knowledge.allbest.ru/geology/2c0b65625a3ac69a5c53a88521316d27\\_0.html](http://knowledge.allbest.ru/geology/2c0b65625a3ac69a5c53a88521316d27_0.html)
10. Березовский Д.А., Лаврентьев А.В., Савенок О.В., Антониади Д.Г., Кошелёв А.Т. Разработка физико-химических моделей и методов прогнозирования состояния пород-коллекторов // Ежемесячный научно-технический и производственный журнал «Нефтяное хозяйство». – М. : ЗАО «Издательство «Нефтяное хозяйство», 2014. – № 9. – С. 84–86.
11. Арутюнов Т.В., Антониади Д.Г., Савенок О.В. Анализ методов и технологий промышленной разработки месторождений углеводородов сланцевых отложений // Наука. Технологии (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2014. – № 3. – С. 43–47.
12. Петрушин Е.О., Савенок О.В., Арутюнян А.С. Анализ применения методики определения параметров пласта по данным исследования горизонтальных скважин, её особенности и новые возможности // Научно-технический журнал «Наука и техника в газовой промышленности». – М. : Издательство ОАО «Газпром промгаз», 2016. – № 2/2016. – С. 47–58.
13. Скуба Д.А., Савенок О.В., Соловьёва В.Н. Оценка реальной каверново-трещинной ёмкости известняков залежей нефти верхнемеловых отложений Чеченской Республики // Научно-технический журнал «Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений». – М. : ВНИИОЭНГ, 2016. – № 12. – С. 11–17.



14. Петрушин Е.О., Савенок О.В., Арутюнян А.С. Оценка достоверности методики определения параметров пласта по данным исследования горизонтальных скважин // Научно-технический журнал «Наука и техника в газовой промышленности». – М. : Издательство ОАО «Газпром промгаз», 2017. – № 1 (69). – С. 62–71.

15. Климов В.В., Савенок О.В., Лешкович Н.М. Повышение достоверности геофизических методов в наклонно-направленных и горизонтальных скважинах // Научно-технический журнал «Инженер-нефтяник». – М. : Издательство ООО «Ай Ди Эс Дриллинг», 2017. – № 3. – С. 33–37.

16. Savenok O.V., Kusov G.V., Likhacheva O.N., Al Maari Majd. To the question about geological and environmental problems of exploration and operational drilling for oil and gas // International Educational Applied Scientific Research Journal (IEASRJ). – Nov 2017. – Volume 2. – Issue 11. – P. 6–11 – URL : <http://ieasrj.com/journal/index.php/ieasrj/article/view/74/65>

## References:

1. Pogorelskaya S.V., Nazarenko A.V. Expeditious revaluation of reserves of oil and the dissolved gas of the Co-valevsky field : report of LLC LUKOIL-VolgogradNIPImorneft; hands. A.V. Bochkaryov – Volgograd, 2011. – 101 p.

2. Antoniadis D.G., Savenok O.V., Shostak N.A. Theoretical bases of development of oil and gas fields : manual. – Krasnodar : LLC Prosveshcheniye-Yug, 2011. – 203 p.

3. Kusov G.V., Savenok O.V. Bases of subsurface use and licensing of oil and gas fields : methodical instructions on studying of discipline for students of all forms of education of the direction 131000.62 «Oil and gas business». – Krasnodar : Prod. КубГТУ, 2013. – 24 p.

4. Klimov V.V., Moustaches S.V., Savenok O.V., Skiba N.K., Berezovsky D.A., Klimov E.V. Interpretation of the upsetting columns given to a profilemetriya : methodical instructions to a practical training on discipline of «Fundamentals of geophysics» for students of all forms of education and MIPPS of the direction 131000.62 «Oil and gas business». – Krasnodar : Prod. КубГТУ, 2014. – 19 p.

5. Popov V.V., Bogush I.A., Tretiak A.Ya., Savenok O.V., Lavrentyev A.V. Search, investigation and operation of oil and gas fields : manual. – Novocheerkassk : YuRGPU (NPI), 2015. – 322 p.

6. Klimov V.V., Savenok O.V., Leshkovich N.M. Bases of geophysical surveys at construction and operation of wells on oil and gas fields : manual. – Krasnodar : Publishing house – the South, 2016. – 274 p.

7. Popov V.V., Tretiak A.Ya., Savenok O.V., Kusov, Shvets V.V. Geophysical surveys and works in wells : manual. – Novocheerkassk : Face, 2017. – 326 p.

8. Savenok O.V., Arutyunyan A.S., Shalskaya S.V. Interpretation of results of hydrodynamic researches : manual. – Krasnodar : Prod. FGBOOU WAUGH of KubGTU, 2017. – 203 p.

9. Calculation of reserves of oil and the dissolved Kowalewski's gas of the field. – URL : [http://knowledge.allbest.ru/geology/2c0b65625a3ac69a5c53a88521316d27\\_0.html](http://knowledge.allbest.ru/geology/2c0b65625a3ac69a5c53a88521316d27_0.html)

10. Berezovsky D.A., Lavrentyev A.V., Savenok O.V., Antoniadis D.G., Koshelev A.T. Development of physical and chemical models and methods of forecasting of a condition of breeds collectors // Monthly scientific and technical and production magazine «Neftyanoye Hozyaystvo». – M. : CJSC Neftyanoye hozyaystvo Publishing House, 2014. – No. 9. – С. 84–86.

11. Arutyunov T.V., Antoniadis D.G., Savenok O.V. Analysis of methods and technologies of industrial development of fields of hydrocarbons of slate deposits // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2014. – No. 3. – P. 43–47.

12. Petrushin E.O., Savenok O.V., Arutyunyan A. S. The analysis of application of a technique of determination of parameters of layer according to a research of horizontal wells, her features and new opportunities // the Scientific and technical magazine «Наука и Техника в Газовой Промышленности». – М. : JSC Gazprom Promgaz publishing house, 2016. – No. 2/2016. – P. 47–58.

13. Skuba D.A., Savenok O.V., Solovyova V.N. Otsenka of the actual kavernovo-fracture capacity of limestones of deposits of oil of verkhnemelovy deposits of the Chechen Republic // Scientific and technical magazine «Geologiya, Geofizika i Razrabotka Neftnykh i Gazovykh Mestorozhdeny». – М. : VNIOENG, 2016. – No. 12. – P. 11–17.

14. Petrushin E.O., Savenok O.V., Arutyunyan A.S. Otsenka of reliability of a technique of determination of parameters of layer according to a research of horizontal wells // the Scientific and technical magazine «Наука и Техника в Газовой Промышленности». – М. : JSC Gazprom promgaz publishing house, 2017. – No. 1 (69). – P. 62–71.

15. Klimov V.V., Savenok O.V., Leshkovich N.M. Increase in reliability of geophysical methods in obliquely the directed and horizontal wells // the Scientific and technical magazine «Inzhener-neftyanik». – М. : LLC Ai Dee Es Drilling publishing house, 2017. – No. 3. – P. 33–37.

16. Savenok O.V., Kusov G.V., Likhacheva O.N., Al Maari Majd. To the question about geological and environmental problems of exploration and operational drilling for oil and gas // International Educational Applied Scientific Research Journal (IEASRJ). – Nov 2017. – Volume 2. – Issue 11. – P. 6–11 – URL : <http://ieasrj.com/journal/index.php/ieasrj/article/view/74/65>