

УДК 622.27, 665.614

**Д.С. Зарубин**

**D.S. Zarubin**

Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет

Perm National Research Polytechnic University

## **О РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВАХ НЕФТЕЙ И ВОДОНЕФТЯНЫХ ЭМУЛЬСИЙ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПЕРМСКОГО КРАЯ**

### **ABOUT RHEOLOGICAL OIL AND WATER-OIL EMULSION PROPERTIES OF THE PERM REGION DEPOSITS**

Рассматриваются реологические свойства нефтей месторождений Пермского края в пластовых и поверхностных условиях. В ходе работы были отобраны и изучены пробы нефти с восьми нефтяных месторождений Пермского края. Исследуются реологические свойства водонефтяных эмульсий на балансовых смесях при различных обводненностях с помощью ротационного вискозиметра.

**Ключевые слова:** динамическая вязкость, водонефтяные эмульсии, вискозиметр, реологические свойства, физико-химические свойства нефти.

In the article rheological oil properties in surface and reservoir conditions of the Perm region deposits are investigated. During the works oil samples from eight oil fields of the Perm region were selected and studied. Rheological properties of water-oil emulsion are researched using rotational viscometer.

**Keywords:** dynamic viscosity, water-oil emulsion, viscometer, rheological properties, physicochemical properties.

Важными параметрами скважинной продукции нефтяных месторождений являются ее реологические свойства. Изучение реологических свойств нефти позволяет обосновывать и предлагать к практической реализации эффективные комплексные технологии повышения нефтеотдачи при эксплуатации рассматриваемых объектов. На основании анализа проектных документов разрабатываемых месторождений Пермского края были определены реологические свойства нефтей в пластовых условиях некоторых месторождений цехов по добыче нефти и газа (ЦДНГ) № 3, 7, 11 и 12. Схематическое расположение рассматриваемых ЦДНГ на территории Пермского края приведено на рисунке.

ЦДНГ № 3 расположен в административных границах Куединского района Пермского края. Годовой объем добычи нефти составляет 1722 тыс. т. В ЦДНГ № 3 были проанализированы проектные документы по Москудыинскому и Аптугайскому нефтяным месторождениям.

ЦДНГ № 7 находится в Частином районе Пермского края. Годовой объем нефтедобычи составляет 758 тыс. т. Добываемая нефть характеризуется повы-

шенной вязкостью, сосредоточенной в низкопродуктивных карбонатных пластах. В ЦДНГ № 7 рассматривались Западное и Змеевское месторождения.

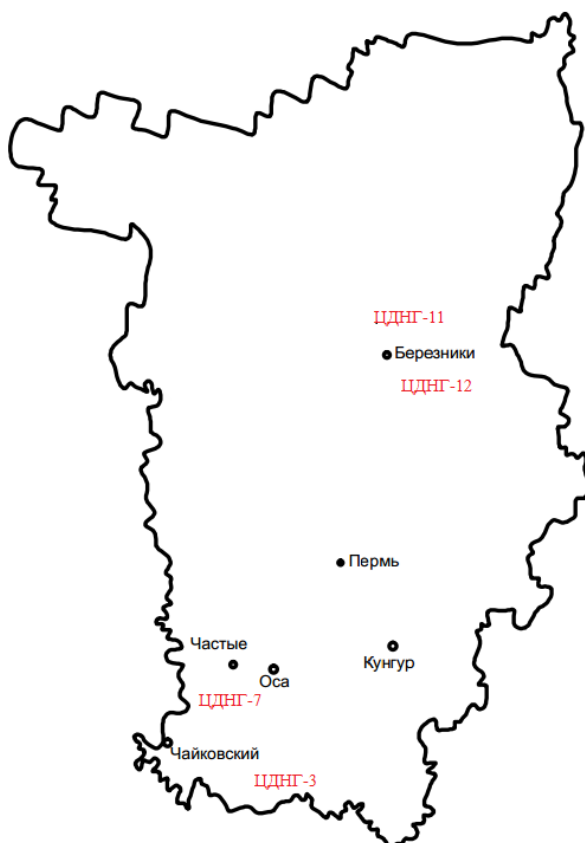


Рис. Схематическое расположение рассматриваемых ЦДНГ на территории Пермского края

ЦДНГ № 11 расположен на территории Усольского района и города Березники Пермского края. Годовой объем нефтедобычи там составляет 3216 тыс. т. В ЦДНГ № 11 были изучены нефти с Сибирского и Шершневого нефтяных месторождений.

ЦДНГ № 12 находится в Соликамском и Красновишерском районах и на территории города Березники. Продукция рассматриваемого цеха характеризуется как малосернистая нефть средней плотности. Годовой объем добычи нефти составляет 1294 тыс. т. В ЦДНГ № 12 рассматривались Логовское и Гагаринское нефтяные месторождения.

Физико-химические свойства рассматриваемых нефтей в пластовых условиях приведены в табл. 1, где  $\rho$  – плотность нефти в пластовых условиях;  $\mu$  – динамическая вязкость нефти в пластовых условиях;  $\alpha_T$  – газонасыщенность нефти.

Таблица 1

## Реологические свойства нефтей ЦДНГ № 3, 7, 11, 12

Месторождение	Пласт	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$\mu$ , мПа·с	$\alpha_T$ , м <sup>3</sup> /Т	Массовое содержание, %			
					Асфальтены	Смолы	Парафины	Серы
Москудьинское (ЦДНГ № 3)	Д2	885	22,25	38,4	3,5	16,2	0,8	1,7
	Д1	895	58,13	40,3	5,63	13,5	1,64	1,83
	Т	903	62	4,75	4,39	22,7	4,18	3,01
	Бб+Тл	922	173,2	14,6	7	27,4	3,41	3
	ВЗВ4	873	19,71	33,6	4,32	11,83	4,8	1,71
Аптугайское (ЦДНГ № 3)	ВЗВ4	873	15,26	15,1	2,64	13,87	3,75	1,72
	Тл2а	890	18,72	14,1	2,54	15,7	2,58	1,79
	Тл2б+Бб	893	50,7	14,3	2,32	22,29	2,88	2,24
	Т1+Т2	907	74,1	14,3	3,22	26,4	3,39	2,32
Западное (ЦДНГ № 7)	Бш	873	11,93	12,9	3,77	14,17	3,45	1,68
	Тл	897	26,4	15,3	5,1	17,95	2,82	2,2
	Т	937	87,1	7,2	7,03	25,44	1,73	2,72
Змеевское (ЦДНГ № 7)	Бш	865	14,34	16,8	8,69	13,77	4,9	1,73
	Тл	891	21,84	14,9	6,05	33,6	4,45	3,3
	Т	938	48,8	10	5,07	27,58	1,83	2,24
Сибирское (ЦДНГ № 11)	Бш	857	10,72	132,1	2,11	12,11	3,49	0,83
	Ясн	824	4,19	197,2	0,54	7,01	3,3	0,27
	Т-Фм	812	4,69	218,8	0,26	7,35	3	0,33
Шершневское (ЦДНГ № 11)	Мл	851	9,49	76,5	1,82	15,57	5,34	1,77
	Ясн	851	11,18	74,7	1,35	13,09	5,59	1,63
	Т-Фм	861	12,03	72,5	2,68	13,02	4,83	1,51
Логовское (ЦДНГ № 12)	Бш	818	4,83	51	0,72	8,32	3,95	1,1
	Бб	829	7,15	96,8	0,62	10,94	3,21	0,81
	Т-Фм	823	6,16	94,8	0,94	11,69	3,99	0,82
Гагаринское (ЦДНГ № 12)	См	839	3,75	90,1	0,95	8,04	2,83	0,81
	Бш	816	2,84	201,3	0,38	6,58	3,02	0,62
	Фм	822	4,16	185,6	0,4	6,54	5,4	0,32

Одной из самых известных классификаций нефти является международная классификация API, которая разделяет нефть на легкую и тяжелую по относительной плотности (отношение плотности нефти к плотности воды при той же температуре). Если величина градусов API менее 10, нефть будет тонуть в воде, если больше 10, будет плавать на ее поверхности [1]. В России существует множество классификаций нефти: И.П. Чоловского, Н.А. Еременко, В.И. Ермолкина и др. Наиболее часто используется классификация А.А. Бакирова, в которой нефть по содержанию смол делится на малосмолистую (до 10 %), смолистую (10–20 %), высокосмолистую (20–40 %); по содержанию серы – на малосернистую (до 0,5 %), сернистую (0,5–2 %), высокосернистую (более 2 %); по содержанию парафина – на беспарафинистую (менее 1 %), слабopарафинистую (1–2 %), парафинистую (более 2 %). По плотности нефть классифицируют на

очень легкую (до  $0,8 \text{ г/см}^3$ ), легкую ( $0,8\text{--}0,84 \text{ г/см}^3$ ), среднюю ( $0,84\text{--}0,88 \text{ г/см}^3$ ), тяжелую ( $0,88\text{--}0,92 \text{ г/см}^3$ ) и очень тяжелую (более  $0,92 \text{ г/см}^3$ ). По вязкости нефть делится на 3 группы: маловязкую (менее  $10 \text{ мПа}\cdot\text{с}$ ), вязкую ( $10\text{--}100 \text{ мПа}\cdot\text{с}$ ), высоковязкую (более  $100 \text{ мПа}\cdot\text{с}$ ) [2].

На основании данных табл. 1 и рисунка можно сделать вывод, что на севере Пермского края преобладают месторождения с легкой и средней нефтью, а на юге и юго-западе – с тяжелой и очень тяжелой нефтью. Данные нефти обладают высокой вязкостью (вязкие и высоковязкие), что является осложняющим фактором при эксплуатации нефтяных месторождений. Длительная эксплуатация нефтяных месторождений и заводнение нефтеносных пластов приводят к обводнению добываемой продукции и образованию стойких водонефтяных эмульсий (ВНЭ). Анализ многочисленных лабораторных экспериментов показывает, что вязкость нефтяных эмульсий меняется с изменением содержания воды в нефти. На каждом из рассматриваемых месторождений были отобраны пробы продукции скважин и проведены реологические исследования на приготовленных балансовых смесях. Определение динамической вязкости проводилось в лаборатории НОЦ «ГиРНГМ» Пермского национального исследовательского политехнического университета на ротационном вискозиметре Rheotest RN 4.1 при температуре  $5 \text{ }^\circ\text{C}$ . Результаты реологических исследований приведены в табл. 2.

Таблица 2

## Результаты реологических исследований ВНЭ

№ ЦДНГ	Месторождение	Обводненность, %	Динамическая вязкость, мПа·с
3	Москудыинское	10	12
		20	78
		30	102
		50	84,3
		70	179
		80	43
7	Западное	20	855
		40	1962
		60	10 020
		70	9345
		80	13,5
	Змеевское	20	844
		40	1974
		60	12 780
11	Сибирское	80	8,3
		20	10,6
		40	17,4
		60	14,8
		80	8,4

Окончание табл. 2

№ ЦДНГ	Месторождение	Обводненность, %	Динамическая вязкость, мПа·с
11	Шершневное	20	45
		40	83,5
		60	163
		80	5,2
12	Логовское	20	4,49
		40	5,11
		60	6,02
		80	2,35
	Гагаринское	20	4,26
		40	4,83
		60	5,3
		80	2,17

На основании проведенных исследований отмечено, что с увеличением обводненности возрастает вязкость эмульсии. При достижении обводненности 60–70 % вязкость увеличивается в несколько раз и после наступления инверсии фаз (В/Н => Н/В) резко падает. Вязкость нефти является важным параметром скважинной продукции, который влияет на эффективность добычи, сбора и транспортировки нефти. Изучение реологических свойств образующихся эмульсий является обязательным условием при проектировании систем сбора и транспорта продукции.

### Список литературы

1. Norman J.H. Dictionary of petroleum exploration, drilling & production. – Tulsa, Oklahoma: Penn Well Corporation, 2014. – 769 p.
2. Галкин В.И., Кочнева О.Е. Геология и геохимия нефти и газа: учеб.-метод. пособие. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2012. – 175 с.

Получено 10.03.2016

**Зарубин Дмитрий Сергеевич** – студент, горно-нефтяной факультет, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: pstuzarubin@mail.ru.