

АНАЛИЗ ДОБЫЧИ НЕФТИ ИЗ ПЛАСТОВ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

А.Л. Куленцан, Н.А. Марчук

Кафедра информационных технологий и цифровой экономики, Ивановский государственный химико-технологический университет, Шереметевский пр., 10, Иваново, Российская Федерация, 153000
E-mail: kulencan@mail.ru, chyk85@rambler.ru

Данная статья посвящена исследованию добычи нефти из пластов различными методами, такими, как: методом закачки воды (включая гидродинамические методы), физико-химические (включая газовые методы) и термическим методом. Авторами проанализирована динамика добычи нефти из пластов, разрабатываемых с применением методов искусственного воздействия на пласт в России в период с 2012 по 2021 г. Подобраны математические модели, которые хорошо отражают изменение исследуемых параметров. А также построен прогноз добычи нефти из пластов, разрабатываемых с применением методов искусственного воздействия на пласт на 2030 г. Который показал, что будет наблюдаться рост добычи нефти термическими методами и снижение добычи физико-химическими (включая газовые методы) методами, а также методами закачки воды (включая гидродинамические методы).

Ключевые слова: топливно-энергетический комплекс, нефть, пласт, метод закачки воды, физико-химический метод, термический метод

ANALYSIS OF OIL PRODUCTION FROM RESERVOIRS IN THE RUSSIAN FEDERATION

A.L. Kuletsan, N.A. Marchuk

Department of Information Technologies and Digital Economy, Ivanovo State University of Chemistry and Technology, Sheretevskiy ave., 10, Ivanovo, Russian Federation, 153000
E-mail: kulencan@mail.ru, chyk85@rambler.ru

This article is devoted to the study of oil production from reservoirs by various methods, such as: water injection method (including hydrodynamic methods), physico-chemical (including gas methods) and thermal method. The authors analyzed the dynamics of oil production from reservoirs developed using methods of artificial impact on the formation in Russia in the period from 2012 to 2021. Mathematical models have been selected that reflect well the change in the studied parameters. And also a forecast of oil production from reservoirs developed using methods of artificial impact on the formation for 2030 was built, which showed that there will be an increase in oil production by thermal methods and a decrease in production by physico-chemical (including gas methods) methods, as well as water injection methods (including hydrodynamic methods).

Key words: fuel and energy complex, oil, reservoir, water injection method, physico-chemical method, thermal method

Для цитирования:

Куленцан А.Л., Марчук Н.А. Анализ добычи нефти из пластов в Российской Федерации. *Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва)*. 2022. Т. LXVI. № 1. С. 71–75

For citation:

Kuletsan A.L., Marchuk N.A. Analysis of oil production from reservoirs in the Russian Federation. *Ros. Khim. Zh.* 2022. V. LXVI. N 1. P. 71–75

ВВЕДЕНИЕ

Одну из ключевых позиций в экономике большого количества государств занимает топливно-энергетический комплекс (ТЭК). Он объединяет отрасли, связанные с добычей и производством первичных энергетических ресурсов, их переработкой в нефтепродукты и другие виды топлива. ТЭК Российской Федерации занимает 2 место по производству энергетических ресурсов после США и 3 место по их внутреннему потреблению [1, 2]. Рост энергетического потенциала и гарантии энергетической безопасности России являются главными приоритетами документа «Энергетическая Стратегия России на период до 2030 г.». Для нефтяного комплекса в Стратегии предусмотрено участие в обеспечении мирового спроса на нефть, разработка и реализация инновационных проектов и другие задачи [3-5].

Различают следующие способы добычи нефти: 1. Первичный метод. Данный способ заключается в фонтанировании нефти из пласта под действием естественных сил, которые способны поддерживать высокое давление в пласте. 2. Вторичный метод. Он заключается в введении в пласты жидкостей и газов для обеспечения нужного количества энергии, которая способствует извлечь нефть из горных недр земли. Одно из наиболее эффективных мероприятий по увеличению текущей и конечной нефтеотдачи пластов. Чаще всего в данном методе используют пресную воду, КПД при которой достигает 30%. 3. Третичный метод. Данный способ основан на искусственном поддержании давления нефтенасыщенного коллектора [6-9].

Классификация нефти:

1. Парафиновые – характеризуются тем, что все фракции содержат значительное количество алканов: бензиновые фракции – более 50%, а масляные фракции – 20% и более. Количество смолисто-асфальтовых соединений в них крайне мало.

2. Парафино-нафтеновые – в своем составе наряду с алканами в заметных количествах имеют еще и значительное количество циклоалканов (нафтенов). Содержание аренов невелико. Количество смолисто-асфальтовых соединений в них крайне мало.

3. Нафтеновые – для них характерно высокое (до 60% и более) содержание циклоалканов (нафтенов) во всех фракциях. Содержание алканов в этих нефтях мало. Смолы и асфальтены имеются в ограниченном количестве.

4. Парафино-нафтено-ароматические – отличаются приблизительно одинаковым содержанием алканов, нафтенов и ароматических углеводородов (аренов). Количество твердого парафина не превышает 1-1,5%. Количество смолисто-асфальтовых веществ достигает 10%.

5. Нафтено-ароматические – характеризуются преимущественным содержанием циклоалканов (нафтенов) и аренов (ароматических углеводородов), в особенности в тяжелых фракциях. Алканы имеются только в легких фракциях, причем в небольшом количестве. Содержание твердого парафина не превышает 0,3%, а смол и асфальтенов содержится 15-20%.

6. Ароматические – характеризуются высоким содержанием во всех фракциях аренов (ароматических углеводородов) [10-15].

Цель исследования. Проанализировать динамику добычи нефти из пластов, разрабатываемых с применением методов искусственного воздействия на пласт в РФ за период с 2012 по 2021 г. Построить прогноз данных показателей на 2030 г.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для анализа динамики добычи нефти из пластов, разрабатываемых с применением методов искусственного воздействия на пласт авторы в своей работе использовали данные Федеральной службы государственной статистики. Методика основана на использовании корреляционно-регрессионного анализа [19-21].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБСУЖДЕНИЯ

В зависимости от массовой доли серы нефть классифицируется по 4 группам (табл. 1.), в зависимости от массовой доли сероводорода и легких меркаптанов нефть классифицируется по 2 вида (табл. 2.), в зависимости от содержания парафиновых углеводородов нефть подразделяется на 3 вида (таб. 3.) [10, 16-18].

Таблица 1
Классификация нефти в зависимости от массовой доли серы

Класс нефти	Наименование	Массовая доля S, %
1	малосернистая	до 0,6
2	сернистая	от 0,61 до 1,8
3	высокосернистая	от 1,81 до 3,5
4	особо высокосернистая	свыше 3,5

Таблица 2

Классификация нефти в зависимости от массовой доли сероводорода и легких меркаптанов

Наименование показателя	Вид нефти	
	1	2
Массовая доля сероводорода, млн. ⁻¹ (ppm), не более	20	100
Массовая доля метил- и этилмеркаптанов в сумме, млн. ⁻¹ (ppm), не более	40	100

В табл. 4 показаны результаты добычи нефти из пластов, разрабатываемых с применением методов искусственного воздействия на пласт в Российской Федерации. Полученные результаты с 2012 по 2021 г. говорят о том, что

наблюдается тенденция к росту добычи нефти новыми методами (физико-химическими (включая газовые), термическими), в то время, как объемы добычи нефти из пластов методами закачки воды и в том числе гидродинамическими методами снижается.

Таблица 3

Классификация нефти в зависимости от парафиновых углеводородов

Вид нефти	Наименование	Количество парафиновых углеводородов, %
П ₁	Малопарафинистая	не более 1,5
П ₂	Парафинистая	от 1,5 до 6
П ₃	Высокопарафинистая	более 6

Таблица 4

Добыча нефти из пластов, разрабатываемых с применением методов искусственного воздействия на пласт в РФ, млн. т

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
методы воздействия - всего	429,1	437,4	452,8	460,3	462,7	447,4	412,6	414,3	379,7	375,7
добыча методами закачки воды	368,4	379,4	392,0	393,4	390,9	363,9	327,4	324,9	303,3	301,1
в том числе гидродинамическими методами	72,4	79,5	84,8	68,4	69,3	80,8	72,9	69,2	64,5	63,7
добыча новыми методами	60,7	58,0	60,8	66,9	71,9	83,6	85,3	89,3	76,5	74,6
в том числе:										
физико-химическими (включая газовые)	57,7	58,0	57,5	63,4	67,7	78,2	78,7	81,3	64,3	59,7
термическими	3,0	3,1	3,3	3,5	4,2	5,4	6,6	7,9	12,2	13,3

Анализируя полученные данные добычи нефти из пластов, разрабатываемых с применением методов искусственного воздействия на пласт в Российской Федерации, были подобраны регрессионные модели, которые наиболее эффективно бы отражали изменение данных показателей. Результаты представлены в табл. 5. Все представленные модели получены с коэффициентом детерминации $> 0,9$, это говорит о том, что выбранные модели хорошо описывают данные по добычи нефти на территории России. На основании выбранных моделей и корреляционно-регрессионного анализа сделан прогноз данных показателей на 2030 г. Результаты представлены в табл. 6. Из которых видно, что средняя ошибка прогнозируемых данных за период 2020 г. составляет $\sim 3,03\%$, а

за 2021 г. $\sim 4,02\%$. Данные результаты свидетельствуют о том, что рассматриваемый нами данные о добычи нефти из пластов, разрабатываемых с применением методов искусственного воздействия на пласт в Российской Федерации, хорошо предсказывают наблюдаемые значения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

За последнее десятилетие российская промышленность сделала большой скачок вперед в импортозамещении. Большая часть оборудования для добычи и переработки нефти теперь производится в России. Разведанный запас нефти в России равняется 14 млрд. т, которых при нынешнем уровне потребления хватит на 30 лет. Поэтому разработка месторождений и различных методов может стать значительным резервом для поддержания

уровня нефтедобычи в России. Таким образом полученный прогноз по добычи нефти из пластов, разрабатываемых с применением методов искусственного воздействия на пласт, показал, что будет наблюдаться рост добычи нефти термическими методами.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

The authors declare the absence a conflict of interest warranting disclosure in this article.

Таблица 5

Регрессионные модели

Добыча нефти из пластов, разрабатываемых с применением методов искусственного воздействия на пласт в РФ	Модель	R ²
методы воздействия - всего	$y = -21553 \cdot x^5 + 2 \cdot 10^8 \cdot x^4 - 9 \cdot 10^{11} \cdot x^3 + 2 \cdot 10^{15} \cdot x^2 - 2 \cdot 10^{18} \cdot x + 7 \cdot 10^{20}$	0,9632
добыча методами закачки воды	$y = 575635 \cdot x^3 - 3 \cdot 10^9 \cdot x^2 + 7 \cdot 10^{12} \cdot x - 5 \cdot 10^{15}$	0,9634
в том числе гидродинамическими методами	$y = 33458 \cdot x^5 - 3 \cdot 10^8 \cdot x^4 + 1 \cdot 10^{12} \cdot x^3 - 3 \cdot 10^{15} \cdot x^2 + 3 \cdot 10^{18} \cdot x - 1 \cdot 10^{21}$	0,9013
добыча новыми методами	$y = 26146 \cdot x^4 - 2 \cdot 10^8 \cdot x^3 + 6 \cdot 10^{11} \cdot x^2 - 9 \cdot 10^{14} \cdot x + 4 \cdot 10^{17}$	0,9504
в том числе:		
физико-химическими (включая газовые)	$y = 16641 \cdot x^4 - 1 \cdot 10^8 \cdot x^3 + 4 \cdot 10^{11} \cdot x^2 - 5 \cdot 10^{14} \cdot x + 3 \cdot 10^{17}$	0,9311
термическими	$y = 1 \cdot 10^{-150} \cdot e^{0,1788x}$	0,9395

Таблица 6

Результаты итогового прогноза добычи нефти из пластов, разрабатываемых с применением методов искусственного воздействия на пласт в РФ, млн. т

	V		Прогноз V			Ошибка прогнозируемых данных	
	2020	2021	2020	2021	2030	2020	2021
методы воздействия - всего	379,7	375,7	382,5	384,2	355,2	0,8	5,7
добыча методами закачки воды	303,3	301,1	310,7	305,4	284	2,4	1,4
в том числе гидродинамическими методами	64,5	63,7	66,9	65,8	59,9	3,6	6,3
добыча новыми методами	76,5	74,6	79,2	78,2	70,4	3,4	5,9
в том числе:							
физико-химическими (включая газовые)	64,3	59,7	65,5	64,2	57,8	1,8	3,3
термическими	12,2	13,3	13,0	13,1	20,4	6,2	1,5

ЛИТЕРАТУРА

REFERENCES

1. Топливо-энергетический комплекс (ТЭК) [электронный ресурс]. URL: <https://bigenc.ru/text/5045419> (дата обращения: 01.02.2022).
2. Куленцан А.Л., Марчук Н.А. Анализ основных видов продукции химического производства. Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2019. Т. 62. Вып. 11. С. 156–160. DOI: 10.6060/ivkkt.20196211.6106.
3. Кошелева О.Э., Денисова Н.А. К вопросу о цене сланцевой нефти. Бюллетень инновационных технологий. 2021. Т. 5. № 2(18). С. 51-55.
4. Гуров Ю.П., Землянский Е.О., Мозырев А.Г., Агаев С.Г. Параметры процессов кристаллизации и растворения твердых углеводородов нефти. Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2020. Т. 63. Вып. 6. С. 90–94. DOI: 10.6060/ivkkt.20206306.6181.
5. Колчина Г.Ю., Мовсумзаде Э.М. Сравнительные особенности структуры и свойств биомаркеров Нафталанской нефти. Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2020. Т. 63. Вып. 7. С. 82–87. DOI: 10.6060/ivkkt.20206307.6253.
6. Жанакулов Д.Н. Способы добычи нефти. Инновации. Наука. Образование. 2021. Вып. 37. С. 1225-1230.
1. Fuel and energy complex (fuel and energy complex) [Electronic resource]. URL: <https://bigenc.ru/text/5045419> (accessed: 01.02.2022).
2. Kuletsan A.L., Marchuk N.A. Analysis of the main types of chemical products. ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2019. V. 62. N 11. P. 156–160. DOI: 10.6060/ivkkt.20196211.6106.
3. Kosheleva O.E., Denisova N.A. On the question of the price of shale oil. Bulletin of Innovative technologies. 2021. T. 5. N 2(18). P. 51-55.
4. Gurov U.P., Zemlianskii E.O., Mozyrv A.G., Agaev S.G. Parameters crystallization processes and solid petroleum hydrocarbons dissolution. ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2020. V. 63. N 6. P. 90–94. DOI: 10.6060/ivkkt.20206306.6181.
5. Kolchina G.Yu., Movsumzade E.M. Comparative features of structure and properties of biomarkers of Naphthalan petroleum. ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2020. V. 63. N 7. P. 82–87. DOI: 10.6060/ivkkt.20206307.6253.

7. Караневская Т.Н., Шумихин А.Г. Моделирование технологических процессов в целях алгоритмизации задачи управления объектами промышленной подготовки нефти. Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2020. Т. 63. Вып. 2. С. 84–90. DOI: 10.6060/ivkkt.20206302.6100.
8. Лоскутова Ю.В., Юдина Н.В., Данекер В.А. Влияние низкочастотного акустического поля и полимерной присадки на структурно-механические параметры нефти. Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2019. Т. 62. Вып. 1. С. 70–77. DOI: 10.6060/ivkkt.20196201.5766.
9. Филатова Е.Г., Соболева В.Г. Извлечение нефти и нефтепродуктов из водных растворов природными адсорбентами. Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2019. Т. 62. Вып. 6. С. 131–137. DOI: 10.6060/ivkkt.20196206.5836.
10. Классификация нефти. Классы, типы, группы и виды нефти [электронный ресурс]. URL: <https://втораяиндустриализация.рф/klassifikatsiya-nefti-klassyi-tipyi-gruppyi-i-vidyi/> (дата обращения: 01.02.2022).
11. Миллер В.К., Иванова Л.В., Мансур Г., Уэртас Будилова С.К., Кошелев В.Н., Примерова О.В. Структурные особенности смол и асфальтенов нефтей месторождений Удмуртии. Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2021. Т. 64. Вып. 10. С. 113–118. DOI: 10.6060/ivkkt.20216410.6370.
12. Поletaeva О.Ю., Колчина Г.Ю., Леонтьев А.Ю., Бабаяев Э.Р., Мовсумзаде Э.М. Исследование состава высоковязких тяжелых нефтей методом ядерной магнитно-резонансной спектроскопии. Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2021. Т. 64. Вып. 1. С. 52–58. DOI: 10.6060/ivkkt.20216401.6261.
13. Грецищева Н.Ю., Перминова И.В., Холодов В.А., Мещеряков С.В. Стабилизация эмульсий нефти в воде высокодисперсными частицами: роль в процессах самоочищения и перспективы практического применения. Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва). 2015. Т. 59. № 4. С. 34–50.
14. Сюняев З.И., Сафиева Р.З. Нефтяные дисперсные системы в процессах добычи, транспорта и переработки нефти. Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва). 1995. Т. 39. № 5. С. 47–53.
15. Лобачев А.Л., Фомина Н.В., Лобачева И.В., Ревинская Е.В. Обеспечение правильности измерения идентификационных параметров нефти. Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2013. Т. 56. Вып. 9. С. 35–37.
16. Хакимов А.Р., Беличенко Ю.Е. Высокотемпературный метод увеличения глубины переработки нефти. Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2010. Т. 53. Вып. 9. С. 114–116.
17. Гурбанов Г.Р., Адыгезалова М.Б., Пашаева С.М. Исследование универсального комбинированного ингибитора для нефтегазовой промышленности. Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2020. Т. 63. Вып. 10. С. 78–89. DOI: 10.6060/ivkkt.20206310.6063.
18. Ушева Н.В., Мойзес О.Е., Ким С.Ф., Гизатуллина С.Н. Влияние технологических параметров на процессы обезвоживания и обессоливания нефти. Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2014. Т. 57. Вып. 11. С. 101–103.
19. Куленцан А.Л., Марчук Н.А. Анализ воздействия на человека и окружающую среду загрязняющих веществ. Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2022. Т. 65. Вып. 1. С. 116–121. DOI: 10.6060/ivkkt.20226501.6531.
20. Марчук Н.А., Куленцан А.Л. Влияние загрязняющих веществ на заболеваемость в Южном Федеральном округе. Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. 2020. № 3(63). С. 129–138.
21. Федеральная служба государственной статистики [электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/13721> (дата обращения: 02.02.2022).
6. Zhanakulov D.N. Methods of oil extraction. Innovation. The science. Education. 2021. N 37. P. 1225–1230.
7. Karanevskaya T.N., Shumikhin A.G. Modeling of technological processes for algorithmization of problem of management of oil field treatment facilities. ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2020. V. 63. N 2. P. 84–90. DOI: 10.6060/ivkkt.20206302.6100.
8. Loskutova Ju. V., Yudina N.V., Daneker V.A. Influence of low-frequency acoustic field and polymer additive on structural and mechanical properties of oil. ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2019. V. 62. N 1. P. 70–77. DOI: 10.6060/ivkkt.20196201.5766.
9. Filatova E.G., Soboleva V.G. Extraction of oil and petroleum products from water solutions by natural adsorbents. ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2019. V. 62. N 6. P. 131–137. DOI: 10.6060/ivkkt.20196206.5836.
10. Classification of oil. Classes, types, groups and types of oil [Electronic resource]. URL: <https://втораяиндустриализация.рф/klassifikatsiya-nefti-klassyi-tipyi-gruppyi-i-vidyi/> (accessed: 01.02.2022).
11. Miller V.K., Ivanova L.V., Mansur G., Uertas Budilova S.K., Koshelev V.N., Primerova O.V. The structural features of resins and asphaltenes of Udmurtia oilfields. ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2021. V. 64. N 10. P. 113–118. DOI: 10.6060/ivkkt.20216410.6370.
12. Poletaeva O.Yu., Kolchina G.Yu., Leontev A.Yu., Babayev E.R., Movsumzade E.M. Study of composition of high-viscous heavy oils by method of nuclear magnetic resonant spectroscopy. ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2021. V. 64. N 1. P. 52–58. DOI: 10.6060/ivkkt.20216401.6261.
13. Grechishcheva N.Yu., Perminova I.V., Kholodov V.A., Meshcheryakov S.V. Stabilization of oil emulsions in water by highly dispersed particles: role in self-purification processes and prospects for practical application. Ros. Khim. Zh. 2015. V. 59. N 4. P. 34–50.
14. Syunyaev Z.I., Safieva R.Z. Oil dispersed systems in the processes of extraction, transport and processing of neti. Ros. Khim. Zh. 1995. V. 39. N 5. P. 47–53.
15. Lobachev A.L., Fomina N.V., Lobacheva I.V., Revinskaya E.V. Ensuring the correctness of measuring the identification parameters of oil. ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2013. V. 56. N 9. P. 35–37.
16. Khakimov A.R., Belichenko Yu.E. High-temperature method of increasing the depth of oil refining. ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2010. V. 53. N 9. P. 114–116.
17. Gurbanov G.R., Adygezalova M.B., Pashaeva S.M. Study of universal combined inhibitor for oil and gas industry. ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2020. V. 63. N 10. P. 78–89. DOI: 10.6060/ivkkt.20206310.6063.
18. Uшева N.V., Moises O.E., Kim S.F., Gizatullina S.N. The influence of technological parameters on the processes of dehydration and desalination of oil. ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2014. V. 57. N 11. P. 101–103.
19. Kuletsan A.L., Marchuk N.A. Analysis of the impact of pollutants on humans and the environment. ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2022. V. 65. N 1. P. 116–121. DOI: 10.6060/ivkkt.20226501.6531.
20. Marchuk N.A., Kuletsan A.L. Influence of pollutants on morbidity in the Southern Federal District. Modern high-tech technologies. Regional application. 2020. N 3(63). P. 129–138.
21. Federal State Statistics Service [Electronic resource]. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/13721> (accessed: 02.02.2022).

Поступила в редакцию (Received) 26.11.2021

Принята к опубликованию (Accepted) 27.12.2021