

## ОЦЕНКА НАЧАЛЬНЫХ И ПРОГНОЗНЫХ (перспективных и прогнозируемых) ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ИЗВЛЕКАЕМЫХ РЕСУРСОВ НЕФТИ ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ И ИХ СТРУКТУРЫ

А.Э. Конторович<sup>1,3</sup>, В.Р. Лившиц<sup>1,2</sup>, Л.М. Бурштейн<sup>1</sup>, **А.Р. Курчиков**<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, 630090, Новосибирск, просп. Академика Коптюга, 3, Россия

<sup>2</sup> Новосибирский государственный университет, 630090, Новосибирск, ул. Пирогова, 1, Россия

<sup>3</sup> Тюменский государственный нефтегазовый университет, 625000, Тюмень, ул. Володарского, 38, Россия

Рассматривается количественная оценка структуры начальных и прогнозных ресурсов нефти Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции. Метод основан на законе распределения скоплений углеводородов по массе — усеченном распределении Парето и имитационном моделировании генеральной совокупности залежей нефти. Такой подход позволяет оценить количество и суммарные ресурсы нефти, сосредоточенные в любых интервалах крупности, в частности, в интервалах мелких и мельчайших месторождений, с целью определения экономической эффективности их разработки. Рассмотренные оценки не относятся к нетрадиционным ресурсам, таким как сланцевая нефть баженовской свиты.

*Нефтегазовые провинции, ресурсы и запасы нефти, усеченное распределение Парето, геолого-разведочный фильтр, прогноз структуры геологических и извлекаемых ресурсов*

## ASSESSMENT OF THE INITIAL, PROMISING, AND PREDICTED GEOLOGIC AND RECOVERABLE OIL RESOURCES OF THE WEST SIBERIAN PETROLEUM PROVINCE AND THEIR STRUCTURE

A.E. Kontorovich, V.R. Livshits, L.M. Burshtein, **A.R. Kurchikov**

The structure of the initial and predicted oil resources of the West Siberian petroleum province is quantitatively assessed. The assessment is based on the law of mass distribution of hydrocarbon accumulations, i.e., the truncated Pareto distribution and simulation modeling of the general set of oil fields. This approach makes it possible to estimate the amount of oil and the total oil resources concentrated in intervals of any size, in particular, in intervals of small and fine fields, in order to determine the economic efficiency of their development. The considered estimates do not apply to unconventional resources, such as the shale oil of the Bazhenov Formation.

*Petroleum provinces, oil resources and reserves, truncated Pareto distribution, exploration filter, prediction of the structure of geologic and recoverable resources*

### ВВЕДЕНИЕ

Проблема оценки величины и структуры региональных и глобальных геологических и извлекаемых ресурсов нефти, а вскоре газа и конденсата возникла в 30-х годах XX в. И.М. Губкин был одним из инициаторов таких оценок [Губкин, 1950а, б; Геологическое строение..., 1958; Гурари и др., 1963; Конторович, Лившиц, 2017].

Оценка массы (объема) и структуры ресурсов углеводородов (УВ) в каждом нефтегазоносном бассейне должна, как минимум, давать ответы на некоторые вопросы.

На начальных стадиях изучения бассейнов ставится вопрос, есть ли в изучаемом бассейне месторождения, уникальные по запасам, гигантские, крупные [Трофимук, 1959, 1991а, б; Конторович, Демин, 1977]? По мере истощения в бассейне крупных месторождений естественным образом появились вопросы, остались ли в этих бассейнах месторождения мелкие, средние, мельчайшие, сколько их, какие ресурсы в них сосредоточены?

Ранее, в конце 60-х — начале 70-х годов XX в., эти вопросы возникли перед американскими геологами. Но лично авторы видели немного работ, в которых бы эти темы были подняты на необходимую теоретическую высоту.

Кроме того, стало очевидно, что проблема количественной оценки перспектив нефтегазоносности распадается на широкий спектр самостоятельных и достаточно сложных задач в зависимости от фазового состояния углеводородов, типа коллектора и пр. Приведем только некоторые из них: классические

(традиционные) залежи нефти и газа, классические (традиционные) газонефтяные и нефтегазовые залежи, залежи конденсатного газа, залежи гидратного газа, скопления водорастворенного метанового или преимущественно метанового газа и др. Очень скоро стало ясно, что в особые классы скоплений углеводородов должны быть выделены залежи в низкопористых и низкопроницаемых породах-коллекторах, залежи тяжелой, смолистой, сернистой, нефтеновой нефти и т. п. По существу каждый такой объект поисков и разведки порождает самостоятельную задачу и для каждой из них должен был быть найден свой набор в значительной мере специфических методов оценки ресурсов, поисков, разведки, разработки и переработки.

В последнее десятилетие набор таких сырьевых углеводородных объектов дополнился так называемой «сланцевой нефтью». Как нередко бывает в науке, это открытие, обычно приписываемое американским геологам, принадлежит собственно не только им. Еще в 1961 г. геолог редкого таланта Ф.Г. Гурари теоретически предсказал возможность получения нефти из баженовской свиты в Западной Сибири [Гурари, 1961]. Восемь лет спустя выдающиеся западно-сибирские геологи следующего поколения Ф.К. Салманов, И.И. Нестеров, Г.Р. Новиков и А.В. Тянь получили фонтан такой нефти из баженовской свиты на Салымском месторождении. Теоретический анализ и геолого-разведочная практика очень быстро показали, что в России и других странах Евразии есть множество бассейнов сланцевой нефти. Перечислим наиболее известные из них. Помимо баженовской свиты источником такой нефти могут быть доманиковская свита востока Восточно-Европейской платформы, кумская свита Кавказско-Крымского региона, куонамская свита Сибирской платформы и др., озерные сланцы Северо-Восточного Китая. Американские специалисты выделили десятки подобных бассейнов сланцевой нефти во многих регионах мира [Нефть..., 2014]. Великолепный обзор регионов сланцевой нефтеносности опубликовал О.М. Прищепа [2019].

Естественно, что постановка проблемы стимулировала поиск методов ее решения. Методологически сразу наметилось два подхода — подход по аналогии и генетический. В советской, российской и мировой литературе опубликовано большое количество работ, по-разному описывающих эти подходы [Количественная оценка..., 1988].

Кроме того, поскольку речь шла о количественной оценке, то сразу необходимо было определить и соответствующий математический аппарат. Было установлено [Прогноз..., 1981], что процессы генерации, миграции, аккумуляции и рассеяния УВ носят стохастический характер и, следовательно, требуют для своего описания использования аппарата теории вероятностей и математической статистики.

Как следствие, сразу возник вопрос о распределении месторождений УВ по величине запасов. Знание этого закона, оказалось чрезвычайно важно как для теории нефтидогенеза, так и для практики количественной оценки перспектив нефтегазоносности [Шпильман, 1972, 1982; Конторович, Демин, 1977, 1979; Прогноз..., 1981; Конторович, Лившиц, 1988а; Количественная оценка..., 1988; Kontorovich et al., 2001].

Очевидный подход к установлению закона распределения скоплений УВ по массе — эмпирический, основанный на статистической обработке данных по величинам запасов открытых месторождений в хорошо изученных нефтегазоносных провинциях. Однако такой подход привел ряд исследователей [Бакиров, 1972; Буялов и др., 1975; Kaufman et al., 1975] к ошибочному выводу о логарифмически-нормальном законе распределения месторождений в нефтегазоносном бассейне (НГБ) по запасам. Их ошибка состояла в том, что они отождествляли совокупность открытых месторождений с представительной выборкой из всех месторождений НГБ, не учитывая того факта, что вероятность открытия месторождения тем больше, чем больше величина его запасов и множество открытых месторождений представляет собой «выборку с пристрастием» [Конторович и др., 1976].

Вероятно, первым, кто обратил внимание на ошибочность подобного подхода, был В.И. Шпильман [1972]. Им же было введено понятие геолого-разведочного фильтра и определен степенной характер распределения месторождений по запасам в НГБ, как «закон обратных квадратов» [Шпильман, 1972, 1982].

В результате многолетних исследований А.Э. Конторовича и В.И. Демина, направленных на решение общей задачи поиска закона распределения месторождений углеводородов в нефтегазоносных бассейнах по запасам, ими была выполнена статистическая обработка данных о величинах запасов открытых месторождений по большому числу хорошо изученных НГБ мира и получено более общее выражение для распределения месторождений нефти и газа по величине запасов — усеченное распределение Парето [Конторович, Демин, 1977, 1979; Прогноз..., 1981; Количественная оценка..., 1988]. Распределение, полученное этими авторами, имеет вид  $[x_0, x_m]$ ,

$$\varphi(x) = C \left( \frac{1}{x^\lambda} - \frac{1}{x_m^\lambda} \right),$$

где  $x$  — масса УВ в скоплении,  $x_0 \leq x \leq x_m$ ,  $x_0$  и  $x_m$  — минимальное и максимальное значения массы

скопления,  $1 < \lambda < 3$  — параметр распределения,  $C = \frac{(\lambda - 1)x_m^\lambda}{x_0 \left[ \lambda - 1 + \left( \frac{x_m}{x_0} \right)^\lambda \right] - \lambda x_m}$  — нормирующий множитель.

Как было показано А.Э. Конторовичем и В.Р. Лившицем, совокупность открытых месторождений не противоречит гипотезе о логарифмически-нормальном законе распределения лишь на определенных этапах изучения НГБ [Конторович, Лившиц, 1988б; Количественная оценка..., 1988].

Дальнейшие исследования Н.А. Крылова, А.Г. Алексина, Ю.Н. Батурина [Крылов и др., 1986], а также Ю.А. Арсирия, Б.П. Кобышева, Д.И. Чупрынина [Арсирий и др., 1986] и В.И. Шпильмана и Ч.Ц. Цзиня [Шпильман, Цзин, 1993] подтвердили справедливость результатов В.И. Шпильмана, А.Э. Конторовича, В.И. Демина.

Важно, что, независимо от геологического строения и истории развития НГБ, его индивидуальных особенностей, функциональный вид закона распределения скоплений УВ по величине запасов сохраняется одним и тем же, отличаясь лишь значениями своих параметров. Это обстоятельство позволяет утверждать, что такой характер распределения скоплений УВ по массе является не частной аппроксимацией для конкретного НГБ, а носит универсальный, фундаментальный характер [Нестеров, Шпильман, 1985, 1987; Конторович, 1991].

Здесь также следует отметить работы Л.М. Бурштейна [2004, 2006], построившего математическую модель формирования распределения скоплений УВ по крупности, основанную на скоростях аккумуляции и диссипации нефти при формировании и разрушении залежи, и предложившего методику оценки параметров распределения для слабоизученных бассейнов.

Кроме того, в работе [Лившиц, 2020] показано, что при степенном характере распределения по массе залежей УВ, распределение их месторождений также будет иметь аналогичный вид.

В настоящее время степенной характер распределения месторождений УВ по величине запасов не вызывает возражений у подавляющего большинства исследователей.

## **ЗАПАДНО-СИБИРСКАЯ НЕФТЕГАЗОНОСНАЯ ПРОВИНЦИЯ: ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ И ВЫЯВЛЕНИЯ ЗАЛЕЖЕЙ НЕФТИ И ГАЗА**

Даже задача оценки начальных геологических и извлекаемых традиционных ресурсов нефти оказалась не такой простой, как это казалось ранее. Возьмем в качестве примера ставший эталоном для решения многих фундаментальных и прикладных задач геологии и разведки нефтяных и газовых месторождений Западно-Сибирский осадочный бассейн. Оценка его начальных ресурсов всегда выполнялась методами количественной или качественной внутренней аналогии. Наибольший вклад в количественную оценку перспектив нефтегазоносности Западно-Сибирского бассейна внесли Ф.Г. Гурари, А.Э. Конторович, В.Д. Наливкин, И.И. Нестеров, Н.Н. Ростовцев, Ф.К. Салманов, Г.П. Сверчков, А.А. Трофимук, В.И. Шпильман, Ю.Г. Эрвье, А.М. Брехунцов, Л.М. Бурштейн, Н.В. Судат, Л.О. Сулейманова и др.

В провинции нефтеносны отложения палеозоя, юры и мела, в их составе выделены следующие нефтегазосные комплексы: *палеозойский, зоны контакта палеозоя и мезозоя* (НГГЗК), *нижней—средней юры* ( $J_1$ - $J_2$ ), *кимеридж-оксфордский, баженовский* (волжско-раннеберриасский), *берриас-нижнеаптский, нижнего—верхнего мела* — апт-альб-сеноманский.

По состоянию на 01.01. 2019 г. в Западно-Сибирской провинции было открыто 6594 залежи нефти с запасами более 30 тыс. т (табл. 1), из них извлекаемые запасы более 300 млн т имело 8 залежей, запасы от 100 до 300 млн т — 39 залежей, запасы от 30 до 100 млн т — 141 залежь, запасы от 10 до 30 млн т — 328 залежи, запасы от 3 до 10 млн т — 895 залежей. Преобладают залежи с запасами менее 3 млн т (см. табл. 1). Самые большие суммарные извлекаемые запасы нефти (7230 млн т) среди открытых залежей имеют залежи с извлекаемыми запасами от 30 до 100 млн т.

В таблицах 2 и 3 показано распределение начальных геологических и извлекаемых запасов нефти по месторождениям и залежам различной крупности.

Организация геолого-разведочных работ в Западно-Сибирской провинции была такова, что с самого начала при выявлении месторождений действовал механизм геолого-разведочного фильтра (табл. 4, 5) [Конторович и др., 1985, 1987; Конторович, Лившиц, 1988б, в]. В таблице 4 показано, что все месторождения с извлекаемыми запасами более 300 млн т были выявлены до 2001 г. Пик их открытий имел место в 1960—1970 гг. Месторождения с извлекаемыми запасами от 100 до 300 млн т были открыты к 2011 г., а максимальное их число в 1971—1980 гг. Из таблицы 4 видно, что с уменьшением средних запасов месторождений пик их открытия приходится на все более поздний временной этап освоения Западно-Сибирской провинции.

Таблица 1. Начальные геологические и извлекаемые запасы нефти Западно-Сибирской НГП по состоянию на 01.01.2019 г., млн т

Параметр	Класс залежей по извлекаемым запасам									Всего
	> 300	100—300	30—100	10—30	3—10	1—3	0.3—1.0	0.1—0.3	0.03—0.10	
Геологические	8679.2	19136.9	22506.9	18461.2	17032.3	8111.8	3567.2	1024.9	300.2	98820.7
Ивлекаемые	4042.0	6317.3	7230.1	5546.5	4840.8	2192.6	911.3	246.4	61.7	31388.8
Количество залежей	8	39	141	328	895	1229	1610	1327	1017	6594

Таблица 2. Распределение начальных геологических запасов нефти на 01.01.2019 г. по месторождениям и залежам различной крупности в Западно-Сибирской НГП, млн т

Класс залежей по извлекаемым запасам	Параметр	Класс месторождений по извлекаемым запасам									Всего
		> 300	100—300	30—100	10—30	3—10	1—3	0.3—1.0	0.1—0.3	0.03—0.10	
Класс залежей по извлекаемым запасам	Количество месторождений	15	50	109	137	179	156	118	32	10	806
	Количество залежей	700	1551	1627	1192	795	409	233	63	24	6594
	Суммарные запасы	37080.5	27070.7	19570.4	8992.8	4423.4	1271.2	364.3	40.7	6.7	98820.7
Более 300	Количество	8	0	0	0	0	0	0	0	0	8
	Запасы	8679.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8679.2
100—300	Количество	31	8	0	0	0	0	0	0	0	39
	Запасы	15217.8	3919.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19136.9
30—100	Количество	31	73	37	0	0	0	0	0	0	141
	Запасы	5694.4	11799.3	5013.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	22506.9
10—30	Количество	62	87	126	53	0	0	0	0	0	328
	Запасы	3779.2	4874.4	6956.1	2851.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18461.2
3—10	Количество	111	208	239	195	142	0	0	0	0	895
	Запасы	2339.4	3784.8	4785.8	3603.3	2519.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17032.3
1—3	Количество	133	304	249	222	185	136	0	0	0	1229
	Запасы	928.5	1737.5	1673.2	1633.8	1254.9	883.8	0.0	0.0	0.0	8111.8
0.3—1.0	Количество	152	347	363	278	208	134	128	0	0	1610
	Запасы	347.9	693.2	813.5	619.4	487.4	305.3	300.5	0.0	0.0	3567.2
0.1—0.3	Количество	102	291	319	270	145	86	67	47	0	1327
	Запасы	76.6	204.8	249.0	210.6	126.9	66.2	55.5	35.3	0.0	1024.9
0.03—0.10	Количество	70	233	294	174	115	53	38	16	24	1017
	Запасы	17.5	57.4	79.6	74.2	35.1	16.0	8.3	5.3	6.7	300.2

В таблице 5 показана последовательность выявления запасов в месторождениях различной крупности. Нужно только иметь в виду, что запасы гигантских и крупных месторождений, разведка которых и соответственно прирост запасов длятся несколько лет (иногда до 7—10 лет), в принятой для табл. 5 форме свертывания информации привязаны к году открытия месторождения. Наиболее интенсивно запасы нефти в провинции выявлялись в 1960—1970 гг. Из таблиц 4 и 5 также видно, что в Западно-Сибирской провинции все месторождения с запасами более 100 млн т были выявлены к 2011 г. Пики открытия месторождений с извлекаемыми запасами от 3 до 30 и от 0.3 до 10 млн т имели место в 1981—1990 и 2001—2010 гг.

Описанное действие геолого-разведочного фильтра иллюстрирует рисунок.

Естественно, возникают новые вопросы и задачи, которые требуют решения. Сколько осталось в Западно-Сибирской провинции невыявленных месторождений нефти? Каковы ресурсы нефти в них? Как было отмечено в работе [Конторович, Лившиц, 2017], применявшиеся в течение всей второй половины XX в. методы количественной оценки перспектив нефтегазонасности не позволяют решить эти задачи. Их решение может быть получено в рамках теоретического подхода, разработанного А.Э. Конторовичем, В.И. Шпильманом, В.И. Деминим, В.Р. Лившицем и др. (см. выше).

Таблица 3. **Распределение начальных извлекаемых запасов нефти на 01.01.2019 г. по месторождениям и залежам различной крупности в Западно-Сибирской НГП, млн т**

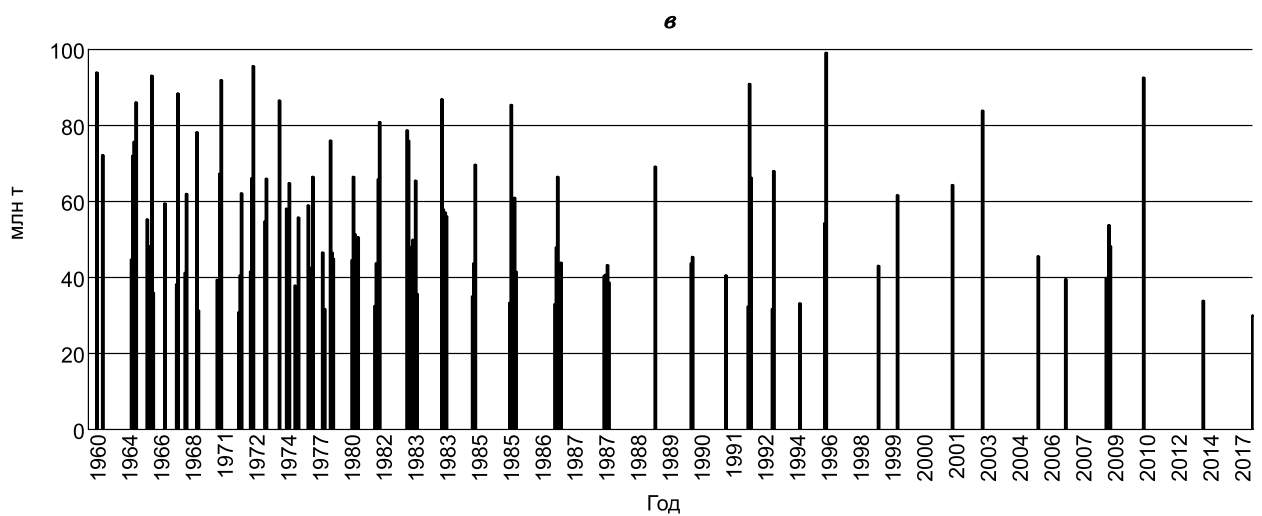
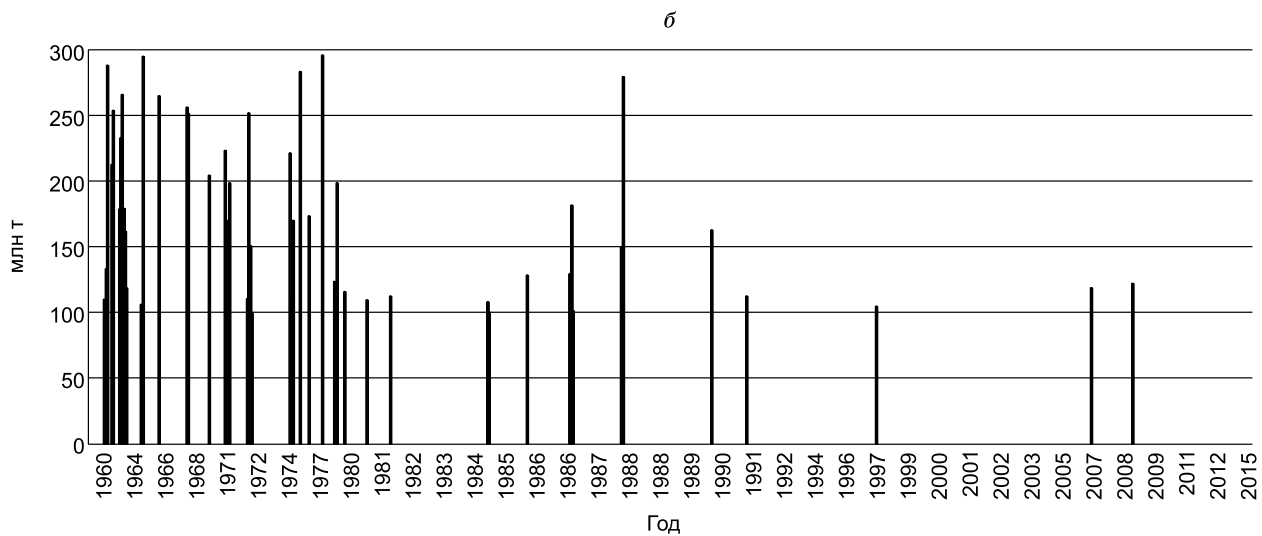
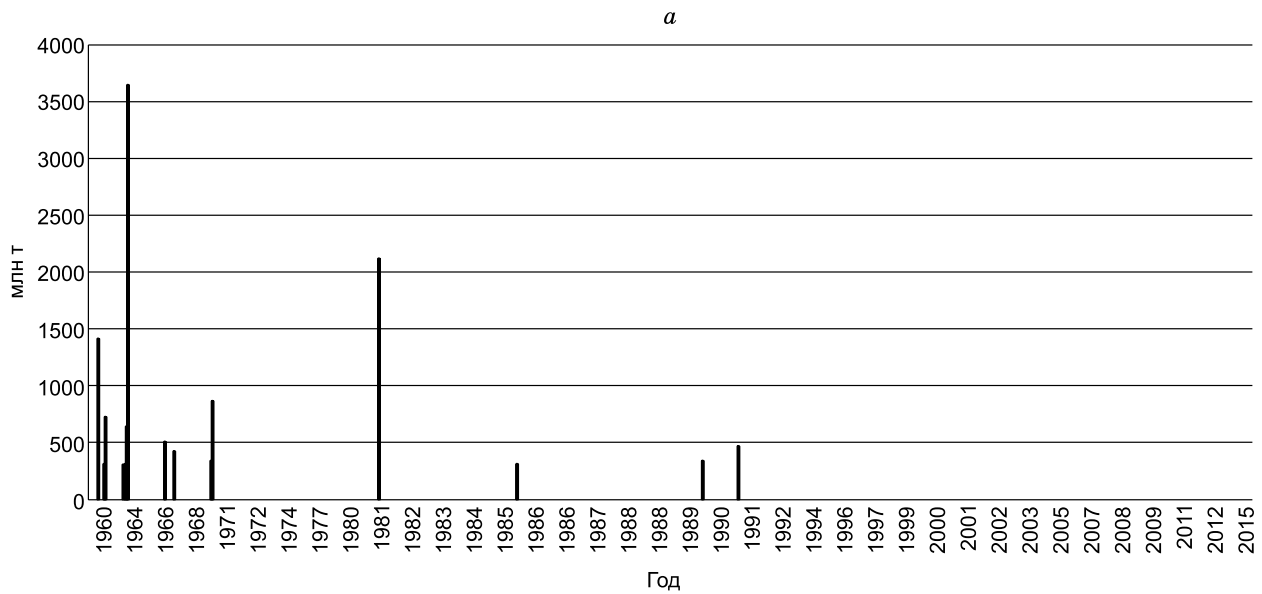
Класс залежей по извлекаемым запасам	Параметр	Класс месторождений по извлекаемым запасам									Всего
		> 300	100—300	30—100	10—30	3—10	1—3	0.3—1.0	0.1—0.3	0.03—0.10	
Класс залежей по извлекаемым запасам	Количество месторождений	15	50	109	137	179	156	118	32	10	806
	Количество залежей	700	1551	1627	1192	795	409	233	63	24	6594
	Суммарные запасы	12717.7	8679.8	5934.9	2460.0	1168.5	330.9	86.3	9.3	1.4	31388.8
Более 300	Количество	8	0	0	0	0	0	0	0	0	8
	Запасы	4042.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4042.0
100—300	Количество	31	8	0	0	0	0	0	0	0	39
	Запасы	5057.1	1260.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6317.3
30—100	Количество	31	73	37	0	0	0	0	0	0	141
	Запасы	1614.3	3982.9	1632.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7230.1
10—30	Количество	62	87	126	53	0	0	0	0	0	328
	Запасы	1032.9	1505.5	2232.0	776.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5546.5
3—10	Количество	111	208	239	195	142	0	0	0	0	895
	Запасы	612.8	1148.9	1343.2	1038.2	697.8	0.0	0.0	0.0	0.0	4840.8
1—3	Количество	133	304	249	222	185	136	0	0	0	1229
	Запасы	245.4	522.5	444.1	424.4	321.5	234.7	0.0	0.0	0.0	2192.6
0.3—1.0	Количество	152	347	363	278	208	134	128	0	0	1610
	Запасы	89.6	193.1	205.2	159.2	115.0	77.7	71.6	0.0	0.0	911.3
0.1—0.3	Количество	102	291	319	270	145	86	67	47	0	1327
	Запасы	19.3	53.1	59.8	51.0	27.0	15.3	12.7	8.3	0.0	246.4
0.03—0.10	Количество	70	233	294	174	115	53	38	16	24	1017
	Запасы	4.4	13.6	17.9	10.9	7.1	3.2	2.1	1.0	1.4	61.7

Таблица 4. **Последовательность выявления количества месторождений по классам крупности в Западно-Сибирской НГП в 1960—2018 гг., шт.**

Годы	Класс крупности по извлекаемым запасам, млн т									Всего
	>300	100—300	30—100	10—30	3—10	1—3	0.3—1.0	0.1—0.3	0.03—0.10	
1960—1970	9	17	18	14	9	12	3	0	0	82
1971—1980	2	18	28	22	17	7	3	2	0	99
1981—1990	3	11	41	53	69	47	27	6	0	257
1991—2000	1	2	11	23	31	40	28	3	2	141
2001—2010	0	2	8	15	33	31	38	15	7	149
2011—2015	0	0	2	7	15	14	13	4	1	56
2016	0	0	0	1	2	3	2	0	0	8
2017	0	0	1	1	3	2	3	2	0	12
2018	0	0	0	1	0	0	1	0	0	2
Всего	15	50	109	137	179	156	118	32	10	806

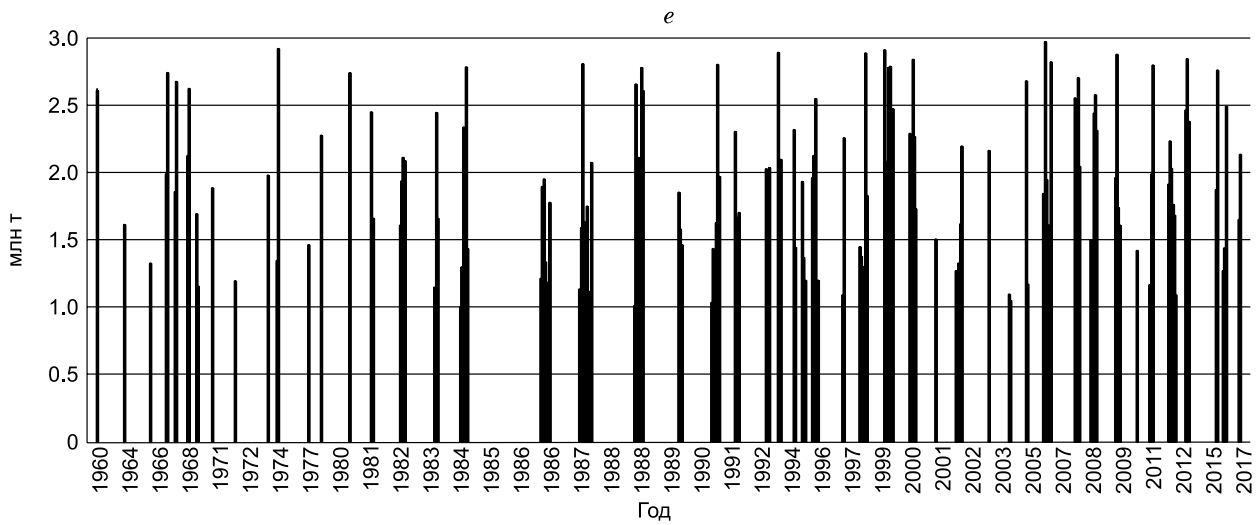
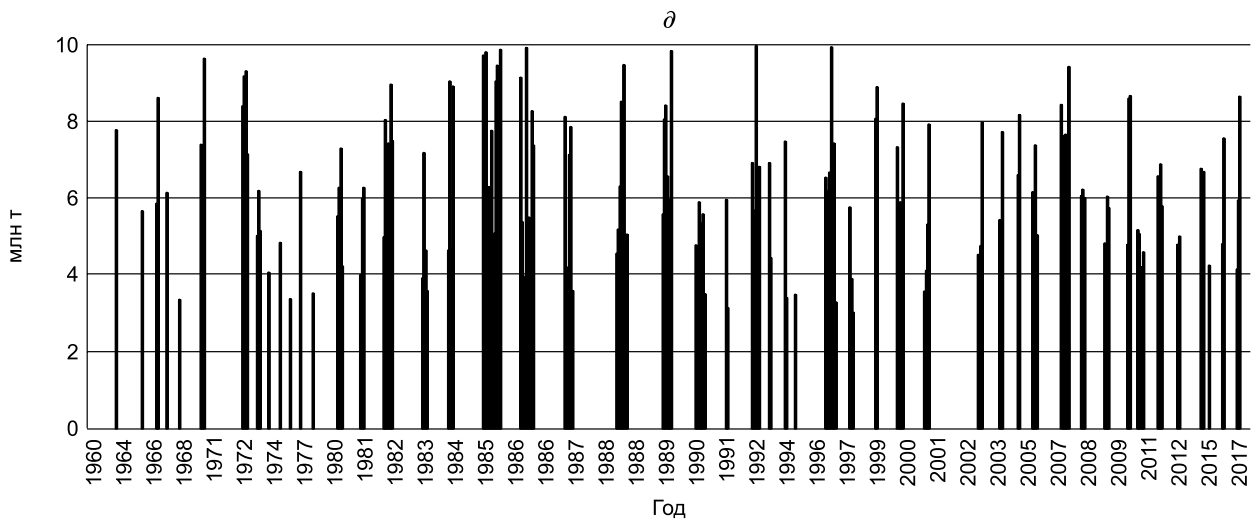
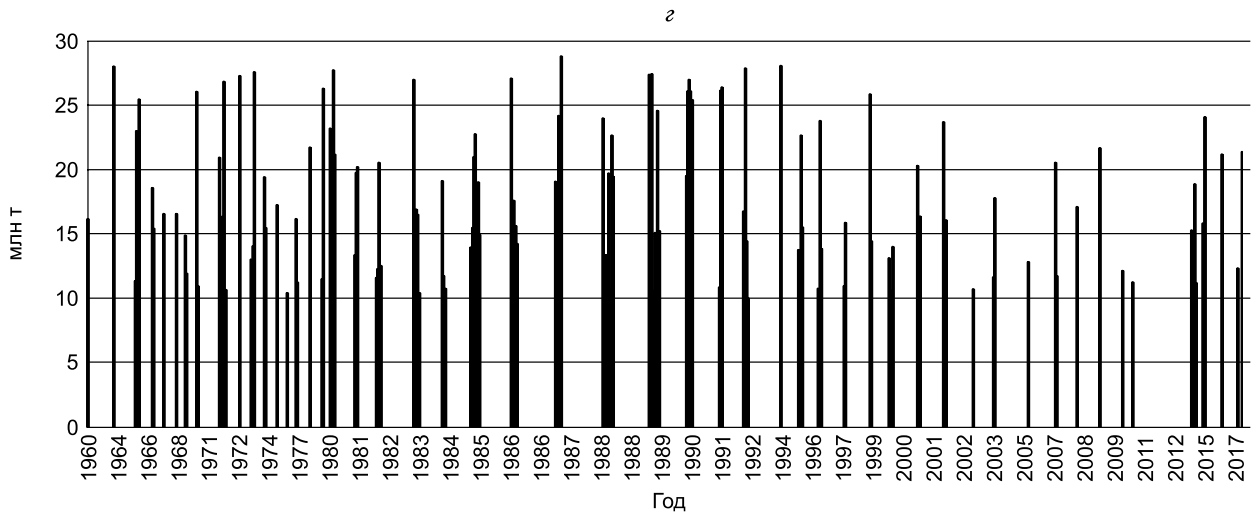
Таблица 5. **Суммарные извлекаемые запасы месторождений по классам крупности, выявленные в Западно-Сибирской НГП в 1960—2018 гг., млн т**

Годы	Класс крупности по извлекаемым запасам, млн т									Всего
	>300	100—300	30—100	10—30	3—10	1—3	0.3—1.0	0.1—0.3	0.03—0.10	
1960—1970	8275.7	3525.0	1122.5	246.8	60.7	24.4	2.3	0.0	0.0	13257.5
1971—1980	1202.6	3127.3	1510.5	406.1	99.7	14.0	1.6	0.4	0.0	6362.3
1981—1990	2769.2	1568.0	2117.5	964.1	432.9	81.8	16.4	1.3	0.0	7951.4
1991—2000	470.1	217.8	620.6	388.1	182.1	75.6	19.0	0.5	0.1	1974.0
2001—2010	0.0	241.7	407.4	236.1	200.3	58.0	22.9	2.5	0.5	1169.4
2011—2015	0.0	0.0	126.3	107.1	78.6	29.2	8.2	0.7	0.04	350.2
2016	0.0	0.0	0.0	21.2	12.4	5.2	0.9	0.0	0.00	39.8
2017	0.0	0.0	30.0	12.4	18.8	3.8	2.4	0.4	0.00	67.8
2018	0.0	0.0	0.0	21.4	0.0	0.0	0.4	0.0	0.00	21.8
Всего	12717.7	8679.8	5934.9	2403.4	1085.6	292.1	74.0	5.9	0.6	31194.0

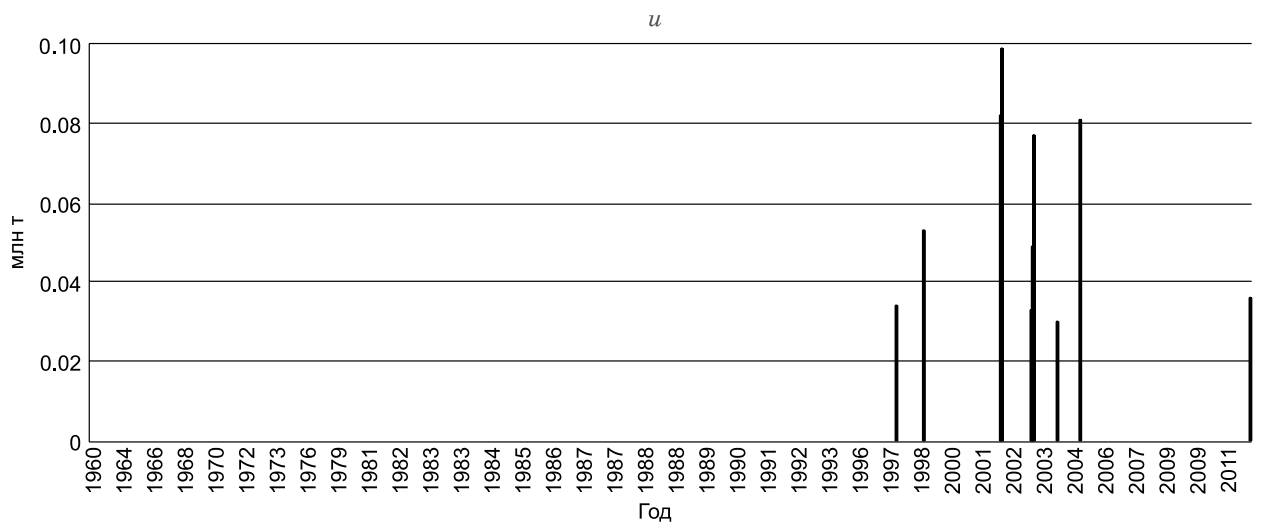
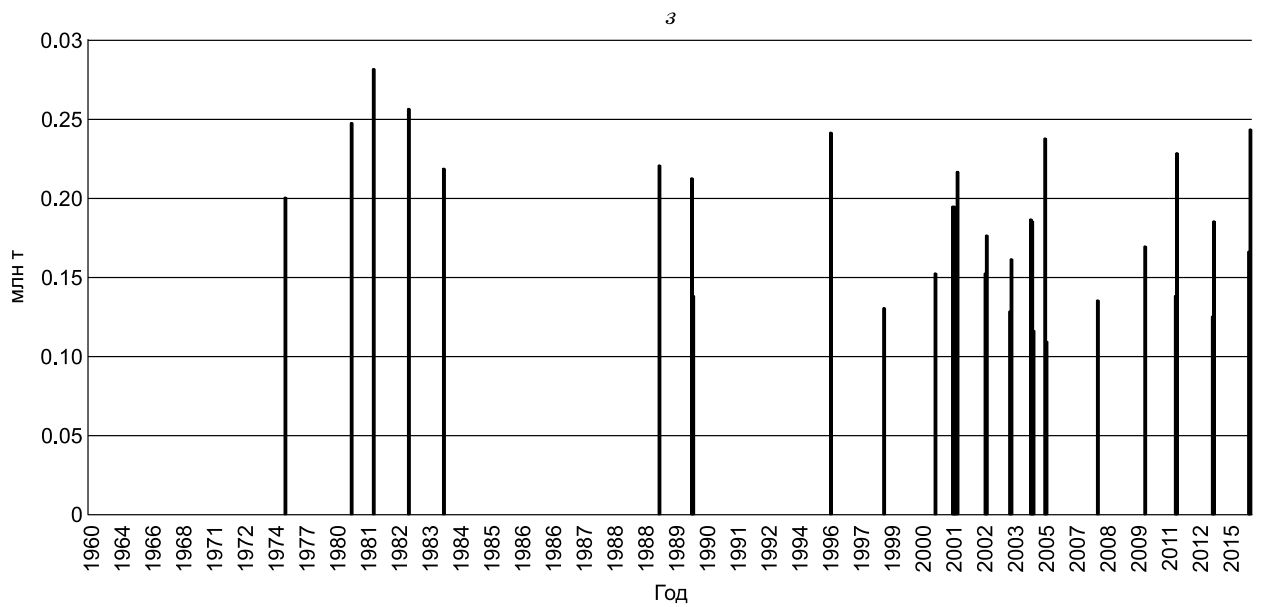
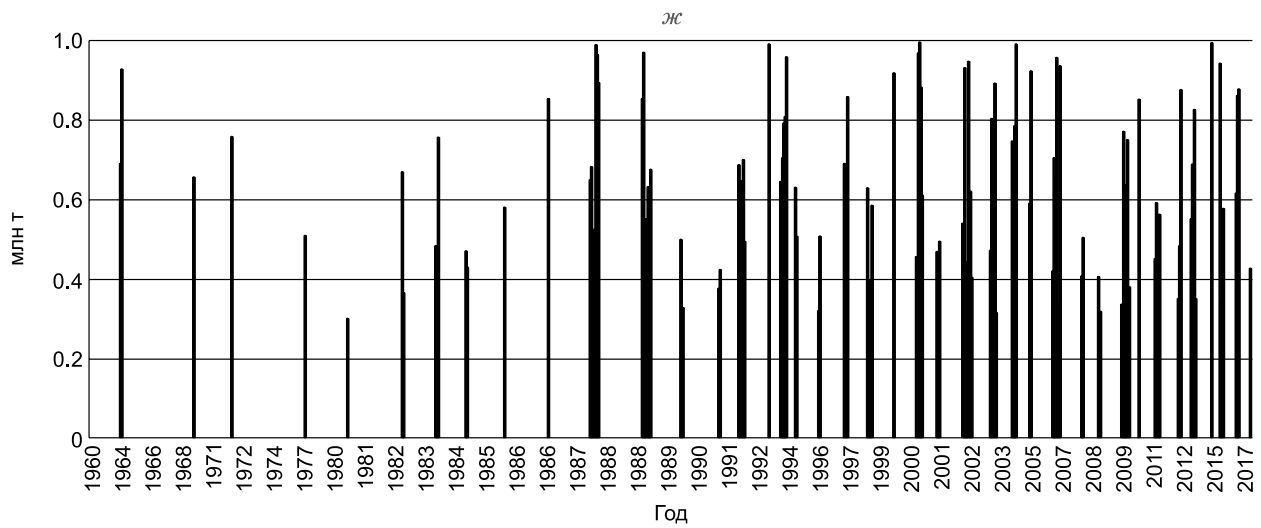


**Последовательность выявления различных групп месторождений по запасам в Западно-Сибирской НГП с 1960 по 2018 г.**

Классы месторождений: *a* — более 300 млн т; *б* — 100—300 млн т; *в* — 30—100 млн т; *г* — 10—30 млн т; *д* — 3—10 млн т; *е* — 1—3 млн т; *ж* — 0.3—1.0 млн т; *з* — 0.1—0.3 млн т; *и* — 0.03—0.10 млн т.



Продолжение рис.



Окончание рис.



## ОЦЕНКА НАЧАЛЬНЫХ И ПРОГНОЗНЫХ РЕСУРСОВ НЕФТИ В ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ

Располагая информацией о всех выявленных в Западно-Сибирской провинции залежах нефти и газа, количестве и начальных геологических запасах залежей с извлекаемыми запасами более 3 млн т и их дифференциации по классам крупности, авторы по методике А.Э. Конторовича и В.И. Демина [1977, 1979] нашли параметры усеченного распределения Парето, описывающего эту выборку, и экстраполировали его в область залежей с мельчайшими запасами вплоть до извлекаемых запасов 30 тыс. т. Граница минимальных залежей была выбрана с учетом запасов залежей нефти, которые реально ставит в настоящее время на баланс Государственная комиссия по запасам Российской Федерации (ГКЗ России).

Если ограничить усеченное распределение Парето слева (минимальное значение массы учитываемых скоплений) величиной  $\theta_0 = 0.03$  млн т, то при этом величина начальных геологических и извлекаемых ресурсов нефти составит 204112.4 и 56664.7 млн т, а значение параметра  $\lambda$  усеченного распределения Парето — 2.11.

Затем при найденных параметрах усеченного распределения Парето было выполнено имитационное моделирование и получено более 100 выборок распределения залежей по запасам в Западно-Сибирской провинции. Из множества реализаций экспертно была выбрана одна из них, которая наиболее точно соответствовала полученной при геолого-разведочном процессе выборке и распределению по запасам наиболее крупных месторождений [Конторович, Лившиц, 1988а; Kontorovich et al., 2001]. Для крупнейших месторождений была выбрана реализация, близкая к ним индивидуально.

Полученная в результате оценка начальных геологических и извлекаемых ресурсов нефти в Западно-Сибирской провинции, количества залежей и их распределения по классам крупности приведена в табл. 6.

При этом нужно иметь в виду, что данная оценка справедлива только в рамках изученной выборки, которая является частью генеральной совокупности. В частности, для Западно-Сибирской провинции полученная оценка не распространяется на баженовскую свиту, которая представляет собой самостоятельный уникальный объект.

Коэффициент извлечения нефти в каждом классе крупности был принят средним по подсчетам ГКЗ России для каждого из классов (табл. 7).

В таблице 8 с учетом данных о начальных разведанных запасах (см. табл. 1) приведены данные о прогнозных (включая ресурсы категории  $D_0$ ) ресурсах нефти и их распределению по залежам разных размеров. Видно, что если принять в качестве минимальных извлекаемых запасов, рентабельных для разработки залежей в Западно-Сибирской НГП, 30 тыс. т., то в провинции не выявлено еще 186478 залежей нефти, в том числе с запасами 3—10 млн т — 414, 1—3 млн т — 2610, с запасами 0.3—1.0 млн т — 11930, 0.1—0.3 млн т — 37430 и с запасами 0.03—0.10 млн т — 134094 залежей. При такой оценке извлекаемые прогнозные ресурсы нефти в провинции составляют 25 млрд 275.9 млн т.

В зависимости от цен на нефть на мировых и внутреннем российском рынках минимальные размеры рентабельных для разработки залежей могут меняться. Соответственно, будут меняться и оценки начальных и прогнозных ресурсов нефти. В таблице 9 приведены оценки начальных геологических и

Таблица 6. Оценка начальных геологических и извлекаемых ресурсов нефти при минимальных ресурсах оцениваемых залежей 0.03 млн т Западно-Сибирской НГП по состоянию на 01.01.2019 г., млн т

Параметр	Класс залежей по извлекаемым запасам									Всего
	> 300	100—300	30—100	10—30	3—10	1—3	0.3—1.0	0.1—0.3	0.03—0.10	
Геологические	8679.2	19136.9	22664.7	18792.7	26148.5	24362.4	27293.6	26565.8	34068.0	207711.9
Извлекаемые	4042.0	6317.3	7283.5	5645.2	7479.1	6334.7	6979.3	6385.6	6976.0	57442.6
Количество залежей	8	39	142	334	1394	3819	13513	38728	135084	193061

Таблица 7. Коэффициент извлечения нефти по классам крупности

Класс залежей по извлекаемым запасам, млн т	> 300	100—300	30—100	10—30	3—10	1—3	0.3—1.0	0.1—0.3	0.03—0.10
Коэффициент извлечения	0.47	0.33	0.32	0.30	0.29	0.27	0.26	0.24	0.20

Таблица 8. Оценка прогнозных геологических и извлекаемых ресурсов нефти Западно-Сибирской НГП по состоянию на 01.01.2019 г., млн т

Параметр	Класс залежей по извлекаемым запасам							Всего
	30—100	10—30	3—10	1—3	0.3—1.0	0.1—0.3	0.03—0.10	
Геологические	157.8	331.5	9116.2	16250.7	23726.4	25540.9	33767.7	108891.2
Извлекаемые	53.4	98.7	2638.2	4142.1	6067.9	6139.1	6914.3	26053.8
Количество залежей	1	6	499	2590	11903	37401	134067	186467

Таблица 9. Сравнение оценок начальных суммарных ресурсов нефти в Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции в зависимости от минимальных ресурсов, учитываемых при оценке залежей, по состоянию на 01.01.2019 г., млн т

Параметр		Оценка НСР		
Минимальные запасы залежей, учитываемых при оценке		более 0.3	более 0.1	более 0.03
Ресурсы	геологические	147078.1	173644.0	207711.9
	извлекаемые	44081.1	50466.7	57442.6

Таблица 10. Распределение начальных геологических и извлекаемых ресурсов нефти Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции по категориям запасов и ресурсов, млн т

Параметр		Накопленная добыча	Запасы		Ресурсы	
Категории запасов, ресурсов			A+B+C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	НСР
Учтены залежи с запасами более 0.03 млн т						
Ресурсы	геологические	38511.6*	55717.6	31343	82139.7	207711.9
	извлекаемые	12399.6	11800.1	7350.2	25892.7	57442.6
Учтены залежи с запасами более 0.1 млн т						
Ресурсы	геологические	38511.6*	56353.4	31343	47436.0	173644.0
	извлекаемые	12399.6	11973.3	7350.2	18743.6	50466.7
Учтены залежи с запасами более 0.3 млн т						
Ресурсы	геологические	38511.6*	56353.4	31343	20870.1	147078.1
	извлекаемые	12399.6	11973.3	7350.2	12358.0	44081.1

\*Сумма накопленной добычи и оставшихся в недрах неизвлеченных ресурсов на разрабатываемых месторождениях.

Таблица 11. Среднее количество залежей, приходящихся на одно месторождение в прогнозируемых классах крупности

Параметр	Класс месторождений по извлекаемым запасам, млн т								
	> 300	100—300	30—100	10—30	3—10	1—3	0.3—1.0	0.1—0.3	0.03—0.10
Количество месторождений	15	50	109	137	179	156	118	32	10
Количество залежей	700	1551	1627	1192	795	409	233	63	24
Среднее количество залежей	47	31	15	9	4	3	2	2	2
Минимум—максимум	3—111	2—163	1—89	1—43	1—16	1—11	1—5	1—2	1—1

извлекаемых ресурсов нефти в Западно-Сибирской провинции при разных минимальных запасах залежей, учитываемых при оценке.

В таблице 10 приведена структура начальных суммарных геологических и извлекаемых ресурсов нефти в Западно-Сибирской провинции с распределением на накопленную добычу, запасы категорий A + B + C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> и прогнозные ресурсы категории D<sub>1</sub> при минимальных запасах залежей, учитываемых при оценке 0.03 млн т, 0.1 и 0.3 млн т.

Минимальными объектами оценки были залежи нефти (см. табл. 10). Между тем в Западно-Сибирской провинции преобладают многопластовые месторождения нефти. Статистические данные о количестве залежей в месторождениях провинции приведены в табл. 11.

Таблица 12. Распределение начальных геологических ресурсов нефти по состоянию на 01.01.2019 г. по месторождениям и залежам различной крупности в Западно-Сибирской НГП, млн т

Класс залежей по извлекаемым запасам	Параметр	Класс месторождений по извлекаемым запасам									Всего
		> 300	100—300	30—100	10—30	3—10	1—3	0.3—1.0	0.1—0.3	0.03—0.10	
Класс залежей по извлекаемым запасам	Количество месторождений	15	50	110	144	1709	2011	7498	30044	97830	139411
	Количество залежей	700	1551	1630	1552	12228	14193	21172	42205	97830	193061
	Суммарные ресурсы	37080.5	27070.7	19737.3	13191.1	29988.9	21780.8	18455.6	17239.1	23168.0	207711.9
более 300	Количество	8	0	0	0	0	0	0	0	0	8
	Ресурсы	8679.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8679.2
100—300	Количество	31	8	0	0	0	0	0	0	0	39
	Ресурсы	15217.8	3919.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19136.9
30—100	Количество	31	73	38	0	0	0	0	0	0	142
	Ресурсы	5694.4	11799.3	5171.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	22664.7
10—30	Количество	62	87	126	59	0	0	0	0	0	334
	Ресурсы	3779.2	4874.4	6956.1	3183.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18792.7
3—10	Количество	111	208	240	317	518	0	0	0	0	1394
	Ресурсы	2339.4	3784.8	4793.0	6116.8	9114.5	0.0	0.0	0.0	0.0	26148.5
1—3	Количество	133	304	249	243	1529	1361	0	0	0	3819
	Ресурсы	928.5	1737.5	1673.2	2854.5	9799.0	7369.6	0.0	0.0	0.0	24362.4
0.3—1.0	Количество	152	347	364	333	2771	3701	5845	0	0	13513
	Ресурсы	347.9	693.2	815.3	702.8	7114.6	8240.7	9379.1	0.0	0.0	27293.6
0.1—0.3	Количество	102	291	319	334	4121	4263	9827	19471	0	38728
	Ресурсы	76.6	204.8	249.0	238.5	3156.3	4138.3	7065.1	11437.2	0.0	26565.8
0.03—0.10	Количество	70	233	294	266	3289	4868	5500	22734	97830	135084
	Ресурсы	17.5	57.4	79.6	95.5	804.5	2032.2	2011.3	5801.9	23168.0	34068.0

Видно, что статистически наибольшее количество залежей в крупных месторождениях. Больше всего залежей (215) в Вынгапуровском месторождении, в Красноленинском — 163. В Тайлаковском месторождении выявлено 159 залежей, в Еты-Пуровском и Самотлорском месторождениях по 99, в Приобском — 96 и т.д.

Для составления программ лицензирования недр, проектирования геолого-разведочных работ и экономической оценки рентабельности освоения лицензионных участков важно также располагать информацией о распределении по запасам неоткрытых месторождений нефти (прогнозные ресурсы) и вероятном количестве залежей в них.

В связи с этим в настоящей работе метод имитационного моделирования был использован также для прогноза распределения количества месторождений и их суммарных ресурсов по классам крупности. Для первых трех, самых крупных по запасам классов (с запасами месторождений более 30 млн т) в соответствии с результатами, изложенными выше, количество месторождений, их запасы, количество и запасы залежей в этом классе принимались в соответствии с результатами геолого-разведочных работ (см. табл. 11). Совокупность месторождений моделировалась из полученного ранее множества залежей. Алгоритм формирования прогнозной совокупности месторождений описан в [Конторович, Лившиц, 2017], а соответствующие результаты приведены в таблицах 12 и 13.

В таблице 14 приведено с дифференциацией по классам залежей распределение начальных извлекаемых ресурсов нефти (в млн т): в генеральной совокупности залежей (ГС), накопленной добыче и разведанных запасов; в открытых залежах (ОЗ — выборке) и в прогнозных ресурсах, т. е. в невыявленных залежах (НЗ). В таблице 15 те же данные приведены в процентах от начальных ресурсов в каждом классе. Видно, что все ресурсы, которые были аккумулированы в залежах с извлекаемыми запасами более 10 млн т уже выявлены, в залежах с извлекаемыми запасами 3—10 млн т выявлено 71.2 % ресурсов, в залежах с извлекаемыми запасами 1—3 млн т — 34.5 % ресурсов. Процесс выявления залежей с

Таблица 13. Распределение начальных извлекаемых ресурсов нефти на 01.01.2019 г. по месторождениям и залежам различной крупности в Западно-Сибирской НГП, млн т

Класс залежей по извлекаемым запасам	Параметр	Класс месторождений по извлекаемым запасам									Всего
		> 300	100—300	30—100	10—30	3—10	1—3	0.3—1.0	0.1—0.3	0.03—0.10	
Класс залежей по извлекаемым запасам	Количество месторождений	15	50	110	144	1709	2011	7498	30044	97830	139411
	Количество залежей	700	1551	1630	1552	12228	14193	21172	42205	97830	193061
	Суммарные ресурсы	12717.7	8679.8	5994.1	3368.0	8883.2	4973.6	4520.1	3591.8	4714.2	57442.6
более 300	Количество	8	0	0	0	0	0	0	0	0	8
	Ресурсы	4042.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4042.0
100—300	Количество	31	8	0	0	0	0	0	0	0	39
	Ресурсы	5057.1	1260.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6317.3
30—100	Количество	31	73	38	0	0	0	0	0	0	142
	Ресурсы	1614.3	3982.9	1686.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7283.5
10—30	Количество	62	87	126	59	0	0	0	0	0	334
	Ресурсы	1032.9	1505.5	2232.0	874.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5645.2
3—10	Количество	111	208	240	317	518	0	0	0	0	1394
	Ресурсы	612.8	1148.9	1348.2	1765.1	2604.1	0.0	0.0	0.0	0.0	7479.1
1—3	Количество	133	304	249	243	1529	1361	0	0	0	3819
	Ресурсы	245.4	522.5	444.1	453.3	2975.6	1693.8	0.0	0.0	0.0	6334.7
0.3—1.0	Количество	152	347	364	333	2771	3701	5845	0	0	13513
	Ресурсы	89.6	193.1	205.9	196.0	2179.4	2007.5	2107.7	0.0	0.0	6979.3
0.1—0.3	Количество	102	291	319	334	4121	4263	9827	19471	0	38728
	Ресурсы	19.3	53.1	59.8	61.4	947.2	863.5	1991.1	2390.2	0.0	6385.6
0.03—0.10	Количество	70	233	294	266	3289	4868	5500	22734	97830	135084
	Ресурсы	4.4	13.6	17.9	17.3	176.9	408.8	421.3	1201.6	4714.2	6976.0

Таблица 14. Сравнительная оценка извлекаемых запасов и ресурсов залежей нефти в Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции в генеральной совокупности (ГС), выборке (открытые залежи — ОЗ) и прогнозных ресурсах (невыявленные залежи — НЗ), млн т

Параметр	Класс залежей по извлекаемым запасам, млн т									Всего
	> 300	100—300	30—100	10—30	3—10	1—3	0.3—1.0	0.1—0.3	0.03—0.10	
ГС	4042.0	6317.3	7283.5	5645.2	7479.1	6334.7	6979.3	6385.6	6976.0	57442.6
ОЗ	4042.0	6317.3	7230.1	5546.5	4840.8	2192.6	911.3	246.4	61.7	31388.8
НЗ	0.0	0.0	53.4	98.7	2638.2	4142.1	6067.9	6139.1	6914.3	26053.8

Таблица 15. Сравнительная оценка извлекаемых запасов и ресурсов залежей нефти в Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции в генеральной совокупности (ГС), выборке (открытые залежи — ОЗ) и прогнозных ресурсах (невыявленные залежи — НЗ), в % к ГС

Параметр	Класс залежей по извлекаемым запасам, млн т									Всего
	> 300	100—300	30—100	10—30	3—10	1—3	0.3—1.0	0.1—0.3	0.03—0.10	
ГС	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
ОЗ	100.0	100.0	99.3	98.3	64.7	34.6	13.1	3.9	0.9	54.6
НЗ	0.0	0.0	0.7	1.7	35.3	65.4	86.9	96.1	99.1	45.4

запасами менее 1 млн т только начинается: в классе залежей с запасами 0.3—1.0 млн т выявлено 13 % ресурсов, в классе залежей с запасами 0.1—0.3 млн т выявлено 3.9 ресурсов, с запасами 0.10—0.03 млн т всего 0.9 %.

В таблицах 16 и 17 те же данные приведены для количества залежей разных классов.

Таблица 16. Сравнительная оценка количества залежей нефти в Западно-Сибирской НГП в генеральной совокупности (ГС), выборке (открытые залежи — ОЗ) и прогнозных ресурсах (невыявленные залежи — НЗ), шт.

Параметр	Классы залежей по извлекаемым запасам, млн т									Всего
	> 300	100—300	30—100	10—30	3—10	1—3	0.3—1.0	0.1—0.3	0.03—0.10	
ГС	8	39	142	334	1394	3819	13513	38728	135084	193061
ОЗ	8	39	141	328	895	1229	1610	1327	1017	6594
НЗ	0	0	1	6	499	2590	11903	37401	134067	186467

Таблица 17. Сравнительная оценка количества залежей нефти в Западно-Сибирской НГП в генеральной совокупности (ГС), выборке (открытые залежи — ОЗ) и прогнозных ресурсах (невыявленные залежи — НЗ), в % к ГС

Параметр	Класс залежей по извлекаемым запасам, млн т									Всего
	> 300	100—300	30—100	10—30	3—10	1—3	0.3—1.0	0.1—0.3	0.03—0.10	
ГС	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100
ОЗ	100.0	100.0	99.3	98.2	64.2	32.2	11.9	3.4	0.8	3.4
НЗ	0.0	0.0	0.7	1.8	35.8	67.8	88.1	96.6	99.2	96.6

Таблица 18. Распределение прогнозных ( $D_0 + D_1$ ) геологических ресурсов нефти, по состоянию на 01.01.2019 г. по месторождениям и залежам различной крупности в Западно-Сибирской НГП\*, млн т

Класс залежей по извлекаемым запасам	Параметр	Класс месторождений по извлекаемым запасам							Всего
		30—100	10—30	3—10	1—3	0.3—1.0	0.1—0.3	0.03—0.10	
30—100	Количество месторождений	1	7	1530	1855	7380	30012	97820	138605
	Количество залежей	3	360	11433	13784	20939	42142	97806	186467
	Суммарные ресурсы	166.872	4198.28	25565.5	20509.6	18091.3	17198.4	23161.3	108891.2
10—30	Количество	1	0	0	0	0	0	0	1
	Ресурсы	157.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	157.8
3—10	Количество	0	6	0	0	0	0	0	6
	Ресурсы	0.0	331.54	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	331.5
1—3	Количество	1	122	376	0	0	0	0	499
	Ресурсы	7.3	2513.5	6595.5	0.0	0.0	0.0	0.0	9116.2
0.3—1.0	Количество	0	21	1344	1225	0	0	0	2590
	Ресурсы	0.0	1220.7	8544.1	6485.8	0.0	0.0	0.0	16250.7
0.1—0.3	Количество	1	55	2563	3567	5717	0	0	11903
	Ресурсы	1.8	83.4	6627.1	7935.4	9078.6	0.0	0.0	23726.4
0.03—0.10	Количество	0	64	3976	4177	9760	19424	0	37401
	Ресурсы	0.0	27.9	3029.5	4072.1	7009.6	11401.8	0.0	25540.9
0.03—0.10	Количество	0	92	3174	4815	5462	22718	97806	134067
	Ресурсы	0.0	21.3	769.4	2016.2	2003.0	5796.6	23161.3	33767.7

\* Анализ распределения запасов открытых залежей и динамики их выявления позволяет заключить, что в настоящее время вероятность открытия скопления с запасами, превышающими 100 млн т, близка к нулю.

Наконец, в таблицах 18 и 19 приведена информация о прогнозных ресурсах нефти в Западно-Сибирской нефтегазодобывающей провинции с дифференциацией по залежам и месторождениям различной крупности.

Таблица 19. Распределение прогнозных ( $D_0 + D_1$ ) извлекаемых ресурсов нефти по состоянию на 01.01.2019 г. по месторождениям и залежам различной крупности в Западно-Сибирской НГП\*, млн т

Класс залежей по извлекаемым запасам	Параметр	Класс месторождений по извлекаемым запасам							Всего
		30—100	10—30	3—10	1—3	0.3—1.0	0.1—0.3	0.03—0.10	
Класс залежей по извлекаемым запасам	Количество месторождений	1	7	1530	1855	7380	30012	97820	138605
	Количество залежей	3	360	11433	13784	20939	42142	97806	186467
	Суммарные ресурсы	59.192	908.059	7714.8	4642.73	4433.8	3582.47	4712.76	26053.79
30—100	Количество	1	0	0	0	0	0	0	1
	Ресурсы	53.4	0	0	0	0	0	0	53.4
10—30	Количество	0	6	0	0	0	0	0	6
	Ресурсы	0	98.7	0	0	0	0	0	98.7
3—10	Количество	1	122	376	0	0	0	0	499
	Ресурсы	5	726.9	1906.4	0	0	0	0	2638.2
1—3	Количество	0	21	1344	1225	0	0	0	2590
	Ресурсы	0	28.9	2654.1	1459.1	0	0	0	4142.1
0.3—1.0	Количество	1	55	2563	3567	5717	0	0	11903
	Ресурсы	0.8	36.8	2064.4	1929.8	2036.1	0	0	6067.9
0.1—0.3	Количество	0	64	3976	4177	9760	19424	0	37401
	Ресурсы	0	10.4	920.2	848.2	1978.4	2381.9	0	6139.1
0.03—0.10	Количество	0	92	3174	4815	5462	22718	97806	134067
	Ресурсы	0	6.4	169.8	405.6	419.2	1200.6	4712.8	6914.3

\* Анализ распределения запасов открытых залежей и динамики их выявления позволяет заключить, что в настоящее время вероятность открытия скопления с запасами, превышающими 100 млн т, близка к нулю.

Авторы благодарны безвременно ушедшей Светлане Михайловне Каменецкой, которая много лет готовила фактический материал для работ этого цикла и без чего написание данной статьи было бы невозможным.

Работа выполнена в рамках базового проекта Минобрнауки № 0331-2019-0027 «Разработка методов количественной оценки нетрадиционных ресурсов нефти и газа (баженовская свита, мелкие и мельчайшие месторождения и пр.) и имитационной модели долгосрочного функционирования нефтегазового комплекса Российской Федерации. Оценка традиционных и нетрадиционных ресурсов осадочных бассейнов Сибири».

#### ЛИТЕРАТУРА

**Арсирый Ю.А., Кабышев Б.П., Чупрынин Д.И., Шевченко А.Ф., Шемякова З.П.** Прогноз размеров и числа неоткрытых залежей УВ и методика их поисков в ДДВ // Геология нефти и газа, 1986, № 10, с. 42—46.

**Бакиров В.А.** Статистическая модель распределения месторождений нефти и газа по величине запасов // Геология нефти и газа, 1972, № 2, с. 63—68.

**Бурштейн Л.М.** Возможный механизм формирования распределения скоплений углеводородов по крупности // Геология и геофизика, 2004, т. 45 (7), с. 815—825.

**Бурштейн Л.М.** Статистические оценки параметров распределения скоплений нефти по величине в слабоизученных седиментационных бассейнах // Геология и геофизика, 2006, т. 47 (9), с. 1013—1023.

**Буялов И.И., Вагеров В.С., Шунгутова С.А.** Опыт применения логарифмически нормального закона распределения для оценки прогнозных запасов углеводородов // Реф. науч.-техн. сб. ВНИИОЭНГ, сер. нефтегазов. геол. и геофиз., 1975, № 6, с. 13—18.

**Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности Западно-Сибирской низменности /** Ред. Н.Н. Ростовцев. М., Госгеолтехиздат, 1958, 391 с.

- Губкин И.М.** Второе Баку // Избранные сочинения. В 2 т. М., Л., Изд-во АН СССР, 1950а, т. 1, с. 602—611.
- Губкин И.М.** Урало-Волжская, или Восточная, нефтеносная область // Избранные сочинения. В 2 т. М., Л., Изд-во АН СССР, 1950б, т. 1, с. 527—601.
- Гурари Ф.Г.** О поисках нефти и газа в мезозое Западно-Сибирской низменности // Тр. СНИИГ-ГИМС, Л., Гостоптехиздат, 1961, вып. 17, с. 15—31.
- Гурари Ф.Г., Казаринов В.П., Миронов Ю.К., Наливкин В.Д., Нестеров И.И., Осыко Т.И., Ровнин Л.И., Ростовцев Н.Н., Рудкевич М.Я., Симоненко Т.Н., Соколов В.Н., Трофимук А.А., Чочиа Н.Г., Эрвье Ю.Г.** Геология и нефтегазоносность Западно-Сибирской низменности — новой нефтяной базы СССР / Под ред. Н.Н. Ростовцева, А.А. Трофимука. Новосибирск, Наука, 1963, 201 с.
- Количественная оценка перспектив нефтегазоносности слабоизученных регионов** / Ред. А.Э. Конторович. М., Недра, 1988, 223 с.
- Конторович А.Э.** Общая теория нефтидогенеза. Базовые концепции, пути построения // Теоретические и региональные проблемы геологии нефти и газа. Новосибирск, Наука, 1991, с. 29—44.
- Конторович А.Э.** Разработка И.М. Губкиным парадигмы развития нефтяной промышленности СССР в XX веке // Геология и геофизика, 2017, т. 58 (3—4), с. 351—365.
- Конторович А.Э., Демин В.И.** Метод оценки количества и распределения по запасам месторождений нефти и газа в крупных нефтегазоносных бассейнах // Геология нефти и газа, 1977, № 12, с. 18—26.
- Конторович А.Э., Демин В.И.** Прогноз количества и распределения по запасам месторождений нефти и газа // Геология и геофизика, 1979 (3), с. 26—46.
- Конторович А.Э., Лившиц В.Р.** Имитационная стохастическая модель распределения месторождений нефти и газа по запасам // Советская геология, 1988а, № 9, с. 99—107.
- Конторович А.Э., Лившиц В.Р.** Математическая модель процесса поисков месторождений нефти и газа // Геология и геофизика, 1988б (3), с. 3—8.
- Конторович А.Э., Лившиц В.Р.** Имитационное моделирование процесса поисков месторождений нефти и газа // Геология и геофизика, 1988в (5), с. 3—17.
- Конторович А.Э., Лившиц В.Р.** Новые методы оценки, особенности структуры и пути освоения прогнозных ресурсов нефти зрелых нефтегазоносных провинций (на примере Волго-Уральской провинции) // Геология и геофизика, 2017, т. 58 (12), с. 1835—1852.
- Конторович А.Э., Демин В.И., Краснов О.С.** Прогноз подготовки ресурсов газа с применением математических методов // Повышение эффективности разработки и ускорение ввода в промышленное освоение месторождений газа в УССР. Харьков, 1976, с. 69—70.
- Конторович А.Э., Демин В.И., Страхов И.А.** Закономерности выявления различных по запасам месторождений нефти и газа в нефтегазоносных бассейнах // Геология и геофизика, 1985 (11), с. 3—16.
- Конторович А.Э., Демин В.И., Страхов И.А.** Закон геолого-разведочного фильтра при поисках месторождений углеводородов // Советская геология, 1987, № 6, с. 7—13.
- Крылов Н.А., Алексин А.Г., Батурич Ю.Н.** Задачи и пути ускорения научно-технического прогресса при поисках нефти в районах с высокой разведанностью недр // Геология нефти и газа, 1986, № 7, с. 1—7.
- Лившиц В.Р.** О законе распределения месторождений углеводородов по массе // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов, 2020, т. 331, № 6, с. 41—47.
- Нестеров И.И., Шпильман В.И.** Основы теории нефтегазонакопления // Основные проблемы геологии Западной Сибири. 1985, с. 48—62. (Тр. ЗапСибНИГНИ, вып. 200).
- Нестеров И.И., Шпильман В.И.** Теория нефтегазонакопления // М., Недра, 1987, 232 с.
- Нефть и газ низкопроницаемых сланцевых толщ — резерв сырьевой базы углеводородов России** / О.М. Прищепа, О.Ю. Аверьянова, А.А. Ильинский, Д. Морариу. СПб., ФГУП «ВНИГРИ», 2014, 323 с. (Труды ВНИГРИ).
- Прищепа О.М.** Состояние сырьевой базы и добычи трудноизвлекаемых запасов нефти в России // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление, 2019, № 5, с. 14—20.
- Прогноз месторождений нефти и газа** / А.Э. Конторович, Э.Э. Фотиади, В.И. Демин, В.Б. Леонтович, А.А. Растегин. М., Недра, 1981, 350 с.
- Трофимук А.А.** Открытие Урало-Волжской нефтеносной области — научный подвиг И.М. Губкина // Геология нефти и газа, 1959, № 4, с. 7—15.
- Трофимук А.А.** О стратегии поисков нефти и газа в СССР. Новосибирск, 1991а, 64 с. (Препр./ОИГГМ СО АН СССР; № 9).
- Трофимук А.А.** Проблемы развития газонефтедобывающей промышленности СССР // Теоретические и региональные проблемы геологии нефти и газа, 1991б, с. 6—14.

**Шпильман В.И.** Методика прогнозирования размеров месторождений // Труды Института Зап-СибНИГНИ, 1972, вып. 53, с. 118—126.

**Шпильман В.И.** Количественный прогноз нефтегазоносности. М., Недра, 1982, 215 с.

**Шпильман В.И., Цзин Чжи Цзюнь.** Закон распределения выявленных и невыявленных залежей нефти и газа по величине запасов // Геология нефти и газа, 1993, № 11, с. 5—10.

**Kaufman G.M., Balcer Y., Kruit D.A.** Probabilistic model of oil and gas discovery // Am. Assoc. Pet. Geol. Bull., 1975, № 1, p. 113—142.

**Kontorovich A., Domain V., Livshite V.** Size distribution and dynamics of oil and gas field discoveries in petroleum basins // Am. Assoc. Pet. Geol. Bull., 2001, v. 85, № 9, p. 1609—1622.

*Рекомендована  
Н.В. Сенниковым*

*Поступила в редакцию 9 ноября 2020 г.,  
принята в печать 24 ноября 2020 г.*