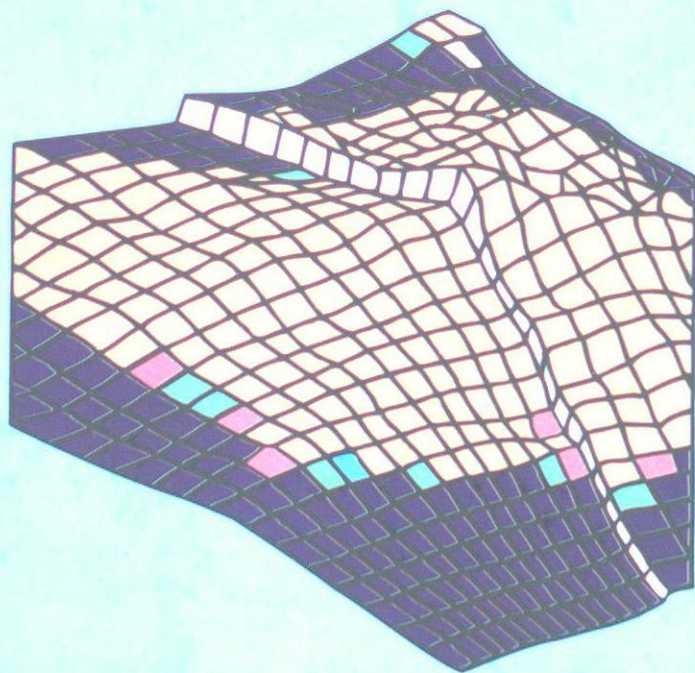


УДК/622.246+622.279/

сп-94

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЙ БАЗИС

НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
НЕФТЯНОЙ И ГАЗОВОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ



РОССИЙСКАЯ
АКАДЕМИЯ НАУК

УДК 622.276+622.279/

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ НЕФТИ И ГАЗА

Ф - 94

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЙ БАЗИС НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НЕФТЯНОЙ И ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

НАУЧНЫЙ
ФОНД

СБОРНИК СТАТЕЙ

ВЫПУСК 2

Ответственный редактор
академик РАН А.Н.Дмитриевский



МОСКВА
ГЕОС
2002

УДК 553+33.36

ББК 65.304.13

Ф 94

Фундаментальный базис новых технологий нефтяной и газовой промышленности. Выпуск 2. — М.: ГЕОС, 2002. — 450 с.

ISBN 5-89118-289-0

В сборнике представлены, в основном, доклады на юбилейной конференции, посвященной 15-летию института, содержащие результаты фундаментальных и прикладных исследований по проблемам нефти и газа, полученные в последние годы коллективом сотрудников ИПНГ РАН в совместной работе с учеными ведущих учреждений РАН и вузов. Рассмотрены некоторые общие подходы фундаментальной науки к проблемам технологических решений при поисках, разведке и разработке месторождений углеводородов, гидротермодинамика углеводородных систем, экологические задачи нефтегазового комплекса.

Редакционная коллегия

*А.Н.Дмитриевский (отв. редактор), И.А.Володин, В.М.Максимов,
М.Б.Панфилов, Св.А.Сидоренко, К.И.Якубсон*

Basis research for new technologies in oil and gas industry. Issue 2. — Moscow: GEOS, 2002. — 450 p.

ISBN 5-89118-289-0

Collected articles present the results of the fundamental and applied research obtained in recent years by the team of researchers of Oil and Gas Research Institute in collaboration with the scientists of the leading institutes of Russian Academy of Sciences and universities. Some general approaches of fundamental science to problems of technological decisions in searching, surveying and developing of hydrocarbon deposits, hydrothermodynamics of hydrocarbon systems and ecological tasks of oil and gas complex are considered.

ISBN 5-89118-289-0

© ИПНГ РАН, 2002

© ГЕОС, 2002

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАЗРАБОТКИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СТРУКТУР НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ

Н.А. Еремин, Р.Н. Юсупов, А.Г. Гришанова

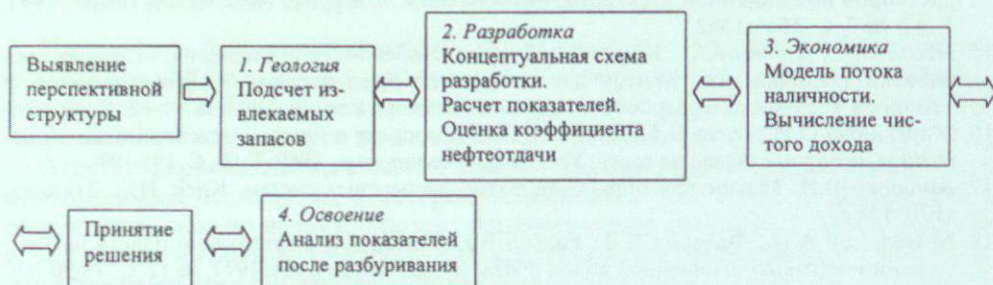
Методика прогнозирования показателей разработки перспективных структур позволяет на базе теории нечетких множеств, при малом объеме информации определить целесообразность их освоения.

Ниже приводится описание моделей реальных объектов, структуры предлагаемой методики и ее этапов.

Модели реальных объектов и их характеристики

Уровень иерархии	Реальный объект	Модель на стадии поиска и разведки	Прогнозные характеристики
1.	Осадочный бассейн	Каркас строения осадочного бас- сейна	Перспективные и прогнозные запасы
	↓	↓	
	Нефтегазоносная область осадоч- ного бассейна	Каркас строения нефтегазоносной области	То же
	↓	↓	
3.	Месторождение	Перспективная структура	Балансовые и извлекаемые запасы. Кривые добычи углеводородов. Экономические показатели.
	↓	↓	
4.	Залежь	Потенциальная ловушка	То же

Основные этапы предлагаемой методики



Методологическая основа

Для описания слабо определенных параметров, экспертных оценок используется теория нечетких множеств.

В пространстве оценок используются три значения:

T_i = «пессимистическое»; «реалистическое»; «оптимистическое».

Таким образом, экспертная оценка рассматривается как лингвистическая переменная в виде

<"экспресс-оценка"; $T; (0,1)>$,

где отрезок $(0,1)$ представляет шкалу оценок или уровня предпочтительности.

На первом этапе методики (этапе «геология») проводится определение величин балансовых и извлекаемых запасов с тремя оценками: «пессимистическая», «реалистическая», «оптимистическая».

На втором этапе (этапе «разработка») рассматривают сценарии концептуального плана разработки для трех значений извлекаемых запасов.

На третьем этапе (этапе «экономика») осуществляется экономическая оценка этих трех сценариев с учетом затрат на поиск и разведку, строительство скважин и поверхностных сооружений и налогов.

Наконец, на четвертом этапе, который наступит после окончания разбуривания, проводится анализ совпадения прогнозных показателей с фактическими, и, если есть существенная разница, выявляется какими обстоятельствами она вызвана.

Определение основных понятий

Под перспективной структурой понимается элементарная часть нефтеносной области осадочного бассейна. Предполагается, что перспективная структура имеет одно или более скопления углеводородов – потенциальных ловушек.

Каждая перспективная структура характеризуется наличием резервуара, ловушки и покрышки, размерами, свойствами флюидов и фильтрационно-емкостными показателями.

Таким образом, каждая перспективная структура имеет индивидуальные геологические и физические характеристики, на основе которых можно произвести предварительные технико-экономические экспресс оценки.

Под потенциальной ловушкой понимается индивидуальное скопление углеводородов. Каждая потенциальная ловушка принадлежит своей индивидуальной перспективной структуре.

В данной методике имеется ввиду, что перспективная структура (потенциальная ловушка) получила надежное подтверждение сейсмическими исследованиями. По каждой из структур накоплено необходимое число сейсмических профилей с хорошим разрешением. Проведена интеграция данных гравитационной,

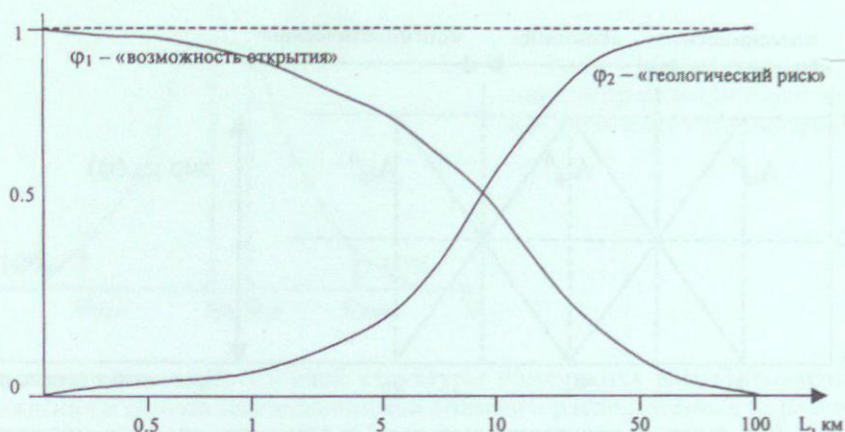


Рис. 1. Функции принадлежности к нечетким множествам «возможность открытия» и «геологический риск» в зависимости от расстояния L от границ разрабатываемого месторождения углеводородов.

сейсмической, магнитной и каротажной информации. Резервуар перспективной структуры достаточно изучен: подтверждено его наличие, имеются представления об его литологическом составе, непрерывности и распространении по разрезу и простиранию, определена модель осадконакопления, описана вертикальная цикличность и толщина продуктивных отложений, определены типы пористости и проницаемости, изменения их величин, объем и сохранность трещин, диагенетические изменения пород.

Для ловушек определен их тип (антиклинальная, разломная и др.), высота, размеры и тип складок, выявлены основные тектонические блоки и разломы.

Для прикровельных покрышек установлены литологический состав, толщина и их непрерывность, выявлена степень трещиноватости и наличие разломов. Для сбросов определены их тип и высота, время сдвига, глубина и давление, угол наклона слоев.

Экспертная оценка возможности геологического открытия промышленных запасов и геологического риска бурения сухих скважин, расположенных на расстоянии от разрабатываемых месторождений, описывается с помощью функций принадлежности к нечетким множествам «возможность открытия» и «геологический риск» (рис. 1).

Вид функций принадлежности для 3-х термного нечеткого множества A «балансовые» или «извлекаемые запасы» графически показан на рис. 2.

На рисунке φ_1 и φ_2 — точки перехода, т.е. такие элементы множества φ , для которых степень принадлежности нечеткому множеству A равна 0.5, φ_{cp} — среднее значение параметра φ ; $\sup \mu_A(\varphi)$ — высота нечетного множества A ; $A_{\text{гр}}^n$, $A_{\text{гр}}^b$, $A_{\text{гр}}^o$ — подмножества уровня 0.5 нечетного множества A , соответственно «пессимистическое», «базовое», «оптимистическое».

Подмножествами уровня 0.5 нечеткого множества A называются подмножества $A_{\text{гр}}^{i(0.5)}$ всех элементов предметного множества φ , степень принадлежности которых нечетким подмножествам A («пессимистическое», «базовое» и «оптимистическое») больше или равно 0.5.

$$A_{0.5}^n = \{ \langle [\mu_A(\varphi) \geq 0.5] / (0 < \varphi < \varphi_1) \rangle \};$$

$$A_{0.5}^b = \{ \langle [\mu_A(\varphi) \geq 0.5] / (\varphi_1 < \varphi < \varphi_2) \rangle \};$$

$$A_{0.5}^o = \{ \langle [\mu_A(\varphi) \geq 0.5] / (\varphi_2 < \varphi) \rangle \}.$$

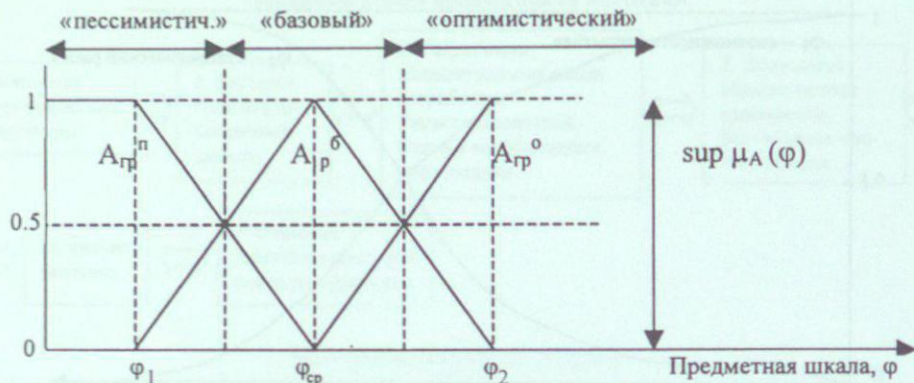


Рис. 2. Вид функций принадлежности для 3-х термного нечеткого множества А "балансовые" или "извлекаемые запасы".

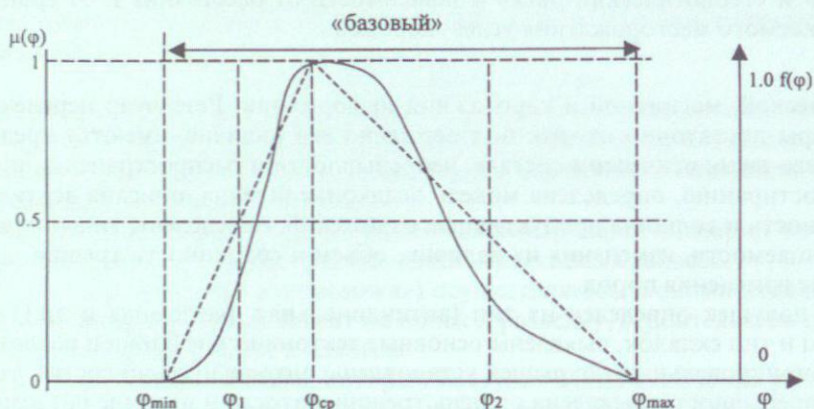


Рис. 3. Сопоставление функции принадлежности и функции плотности логнормального распределения вероятности.

$\mu(\varphi)$ – функция принадлежности; $f(\varphi)$ – функция плотности распределения; $\varphi_{ср}$ – среднее значение φ , наиболее часто встречающееся значение φ , соответствует математическому ожиданию; φ_{min} , φ_{max} – минимальное, максимальное из наблюдаемых значений параметра φ

Аналогия между функцией принадлежности $\mu(\varphi)$ для термина «базовый» и функцией плотности логнормального распределения вероятности $f(\varphi)$ представлена на рис. 3.

О выборе значений параметра для термов «пессимистический», «базовый» и «оптимистический»

Основным достоинством вероятностно-статистического подхода является то, что эта методика опирается на вероятностные функции распределения геологических и физических параметров (рис. 4). Из теории вероятности известно, что более или менее надежные функции распределения можно построить, если число испытаний не менее 20. Таким образом, если по каждому из параметров, используемых в расчетах, есть такая систематика, или, по крайней мере, эта статистика имеется по аналогам перспективной структуры, то использование вероятностно-статистического подхода представляется наиболее разумным.

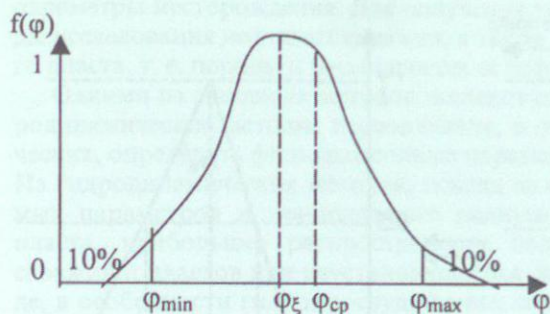


Рис. 4. Вероятностные функции распределения геологических или физических параметров

Под аналогом перспективной структуры понимаются разрабатываемые месторождения в данной нефтегазоносной области и расположенные на расстоянии не более 50 км от рассматриваемой структуры.

Как правило, такой статистики для перспективных структур нет. Использование вероятностно-статистического подхода в этом случае является слабо обоснованным.

Альтернативой в таком случае вероятностно-статистическому методу может служить данная методика, основанная на теории нечетких множеств (или теории возможностей).

В качестве среднего значения $\varphi_{ср}$ в вероятностно-статистическом подходе чаще всего используется величина моды (или математическое ожидание значения параметра – φ_{ξ}), в ряде случаев выбирается φ_{Λ} – среднеарифметическое, φ_G – среднегеометрическое или φ_H – среднегармоническое. Очень редко используется среднеквадратичное – φ_Q . Для этих величин справедливо следующее неравенство:

$$\varphi_{\Lambda} \leq \varphi_H \leq \varphi_G \leq \varphi_Q$$

Для выбора крайних значений φ_{min} и φ_{max} обычно используются 10 и 90% (процентили), реже 5 и 95%. С нашей точки зрения, для термов «пессимистический» и «оптимистический» для каждого из используемых параметров это весьма экстремальные значения. В конечном итоге, это будет очень низкие и очень высокие величины для извлекаемых запасов, соответственно, для «пессимистической» и «оптимистической» оценки. Надо отметить, что 10% – пористость, нефтенасыщенность должны быть весьма близки к минимальным значениям пористости и нефтегазонасыщенности, наблюдаемым на близлежащих месторождениях; 90% – пористость, нефтенасыщенность весьма близки к максимальным значениям пористости и нефте(газо)насыщенности на близлежащих месторождениях.

Для прогноза разработки перспективных структур с нашей точки зрения, значения параметров (для терминов «пессимистический» и «оптимистический») должны быть близкими не к экстремально возможным (экстремально вероятным), а более возможным в реальности (более вероятным). Для функций вероятности эти значения параметров расположены на расстоянии стандартного отклонения от математического ожидания (моды).

Для функций принадлежности – это точки перехода – φ_1 и φ_2 . Таким образом, «пессимистическое» значение параметра φ – $\varphi_{п}$ есть

$$\varphi_{п} = \max \{ < [\mu_{A \cap 0.5} \geq 0.5] / (0 < \varphi \leq \varphi_1) > \} = \varphi_1,$$

т.е. максимальная величина φ , на котором определено подмножество уровня 0.5 – «пессимистическое» нечеткого множества A .

И, соответственно, «оптимистическое» значение φ – φ_0 – есть:

$$\varphi_0 = \max \{ < [\mu_{A \cap 0.5} \geq 0.5] / (\varphi \geq \varphi_2) > \} = \varphi_2,$$

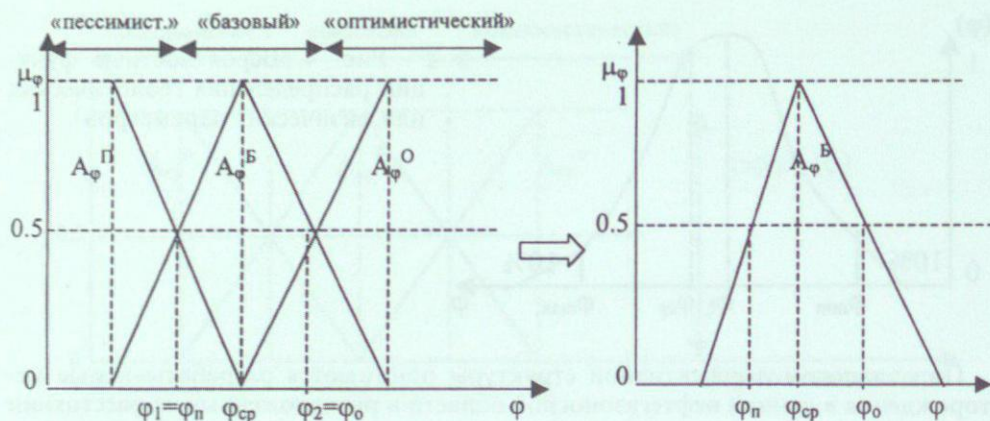


Рис. 5. Пример построения функции принадлежности для подмножества A_{φ}^B

т.е. минимальная величина φ , на котором определено $A_{0.5}^O$ – подмножество уровня 0.5 – «оптимистическое».

Так как, для определения «пессимистических», «базовых» и «оптимистических» величин исходных и расчетных параметров достаточно в каждом отдельном случае производить построение одной функции принадлежности для подмножества – «базовый» – A_{φ}^B (рис. 5).

Таким образом, предложенная методика экспресс-оценки потенциальных возможностей разработки перспективных структур позволяет на основе скудной (ничтожно малой) информации, по перспективной структуре (потенциальной ловушке) произвести:

1. Интегральную (объемную) экспресс-оценку геологических (балансовых) извлекаемых запасов.
2. Технико-экономическую экспресс-оценку показателей концептуальной схемы разработки.
3. Сравнительный анализ прогнозных и фактических показателей разработки после окончания периода разбуривания.
4. Ранжирование выявленных перспективных структур с точки зрения целесообразности и первоочередности их дальнейшей разработки и освоения;
5. Получить экономическую экспресс-оценку объема капитальных и эксплуатационных затрат чистого дохода от разработки.

Семкин В.И. Сейсмотектоническая активность и геопалеотемпературные условия катагенеза нефтей	152
Шубик Б.М., Николаев А.В. Эмиссионная томография: нетрадиционные методы сейсмических исследований	162
Юрова М.П., Томилова Н.Н. Вулканиды – нетрадиционные источники углеводородов	178
Давиденко Н.М., Никонов А.И., Сворень И.М. Поисково-оценочное значение флюидных включений в прожилково-вкрапленных минералах нефтегазовых месторождений	184

III. ГИДРОТЕРМОДИНАМИКА УГЛЕВОДОРОДНЫХ СИСТЕМ:

ЭКСПЕРИМЕНТ, ТЕОРИЯ, МОДЕЛИ	193
Непомнящий Л.Я., Юфин П.А., Викторова М.Н., Поляков В.Б., Фрид А.М. Расчет модифицированных относительных фазовых проницаемостей для моделей месторождений с неоднородным коллектором	195
Крылова М.В. Математическое моделирование двухфазной фильтрации в трехмерной капиллярной сетке в присутствии пен	200
Закиров С.Н., Индрунский И.М., Закиров Э.С., Аникеев Д.П. Идентификация параметров пласта на основе методов теории оптимального управления	212
Дмитриев Н.М., Максимов В.М., Рябчуков Е.А. Определяющие уравнения и эффекты при фильтрации вязкопластичных жидкостей в анизотропных пористых средах	224
Беляков Ю.М., Городецкий Е.Е. Кроссоверное обобщение уравнения состояния Пенга-Робинсона	231
Воронов В.П., Городецкий Е.Е., Нагаев В.Б. Трехфазные равновесия и трикритические явления в смеси метан-пентан-гептан	250
Городецкий Е.Е., Пикина Е.С., Поднек В.Э. Дискретное утоньшение свободно подвешенных смектических пленок в модели де Жена «пре-смектической жидкости»	263
Анисимов М.А., Бура Е.Г., Дешабо В.А., Косов В.И., Юдин И.К. Кинетика агрегации асфальтенов в природных нефтях	272
Зайцев И.Ю., Непомнящий Л.Я., Юфин П.А. Гидродинамическая модель обводнения скважин Астраханского газоконденсатного месторождения	285
Бузов А.А. Модель дисперсно-кольцевого течения двухфазного потока с учетом фазовых переходов между жидкостью и паром	289
Юнин Е.К. Устойчивость равномерного вращения бурильной колонны ..	296

IV. ТЕОРИЯ И МЕТОДЫ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

УГЛЕВОДОРОДОВ	303
Еремин Н.А., Сурина В.В. Обоснование стратегии ввода в разработку залежей углеводородов	305
Закиров И.С. Особенности задач регулирования разработки нефтяных месторождений	308
Еремин Н.А., Сурина В.В., Басниева И.К. Концепция разработки месторождений углеводородов Обско-Тазовской губы	314
Михайлов Н.Н., Кольчицкая Т.Н., Семенова Н.А. Влияние неоднородности пласта на капиллярное защемление остаточной нефти	317
Хавкин А.Я. Особенности классификации технологий воздействия на нефтегазовые пласты	324
Еремин Н.А., Золотухин А.Б., Михайлов С.В., Назарова Л.Н., Чухров И.П. Экспресс-метод расчета технологических показателей дополнительной добычи нефти (при применении методов повышения нефтеотдачи)	329

Лесин В.И. Физико-химические основы применения магнитных полей в процессах добычи, транспортировки, разработки и подготовки нефти . . .	334
✓ Еремин Н.А., Юсупов Р.Н., Гришанова А.Г. Прогнозирование показателей разработки перспективных структур на основе теории нечетных множеств	341
Гришанова А.Г., Елисеенко Е.Д., Хаин И.В. Проблемы использования метода гидропрослушивания скважин в процессе контроля за разработкой	346
Пономарева И.А., Богаткина Ю.Г. Принципы и методы комплексной экономической оценки вариантов разработки и нефтеотдачи нефтяных и нефтегазовых месторождений	351
Тереженко П.Г. Принципы управления развитием внешних сетей нефтегазопромыслов в регионах с большим числом месторождений	358
V. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА . . .	365
✓ Дмитриевский А.Н., Максимов В.М., Давиденко Н.М. Об экологических задачах нефтегазового комплекса	367
Вульфсон А.Н., Бородин О.О. Автомодельные режимы распространения техногенных примесей в неподвижной атмосфере в условиях развития нестационарной высокотемпературной конвективной струи	372
Клименко Е.Т., Максимов В.М. Модель расчета приземной концентрации загрязняющих веществ от струйного источника с существенно нестационарными параметрами выброса	382
Тарасова О.А., Кузнецов Г.И., Матвеев М.Ю. Об учете эффектов нестационарности источника в модели газового шлейфа	391
Лимар Е.Ф., Максимов В.М. Экологические последствия возможных аварийных ситуаций при эксплуатации подводных газопроводов	402
✓ Еремин Н.А., Золотухин А.Б., Назарова И.Б., Чухров И.П. Анализ и минимизация риска разработки месторождения, связанного с недостаточным знанием строения и свойств пласта	412
Кузьмин Ю.О. Современная аномальная геодинамика недр, индуцированная разработкой месторождений нефти и газа	418
Кузьмин Ю.О., Никонов А.И. Геодинамический мониторинг объектов нефтегазового комплекса	427
Корниенко С.Г., Василенко П.А., Еремин В.М., Якубсон К.И. Проблемы и перспективы использования аэрокосмической информации в нефтегазовой отрасли	443

Научное издание

**ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЙ
БАЗИС
НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
НЕФТЯНОЙ И ГАЗОВОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

СБОРНИК СТАТЕЙ

ВЫПУСК 2

Ответственный редактор
академик РАН А.Н.Дмитриевский

Редактор *Г.Ю.Бутузова*
Художник *О.В.Кураленко*

Подписано к печати 27.12.2002
Формат 70х100 1/16. Бумага офсетная
Гарнитура Таймс. Печать офсетная. Уч.-изд. л. 45,0
Тираж 500 экз.
Тип. ВТИИ. Зак. № 85С, Москва

Издательство ПК ГЕОС
Изд. лицензия ИД № 01613 от 19.04.2000 г.
125315, Москва, 1-й Амбулаторный пр., 7/3-114.
Тел.: (095) 230-80-92
Факс: (095) 951-04-43
E-mail: geos@geo.tv-sign.ru, geos@sciencebook.ru,
<http://www.sciencebook.ru>