

ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СТРАТЕГИЯ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ С ТРУДНОИЗВЛЕКАЕМЫМИ ЗАПАСАМИ НЕФТИ

В статье предложены основные направления геoinформационной стратегии планирования методов воздействия на пласт при освоении месторождений с трудноизвлекаемыми запасами нефти, включающие дифференциацию запасов нефти на активные и трудноизвлекаемые и рекомендации по применению и анализу методов воздействия на продуктивный пласт.

Ключевые слова: месторождение, трудноизвлекаемые запасы, методы повышения нефтеотдачи.

Значительная степень выработки высокопродуктивных месторождений, находящихся в длительной эксплуатации, открытие месторождений с трудноизвлекаемыми запасами (ТРИЗ) нефти, связанных с низкопроницаемыми и малотолщинными коллекторами, нефтями высокой вязкости, залежами с обширными подгазовыми и водоплавающими зонами, приводит к ухудшению качественного состояния сырьевой базы нефтедобывающей промышленности. В создавшейся ситуации поддержание и увеличение уровней добычи нефти возможно за счет оптимизации и совершенствования систем разработки, выбора метода увеличения нефтеотдачи (МУН). Для решения задач по эффективной выработке трудноизвлекаемых запасов требуется разработка геoinформационной стратегии, которая базируется на интегрированной метотехнологии (Лукьянов и др., 2008; Шпильман, Деревягин, 2007) освоения ТРИЗ нефти, включающей:

– методологическую основу технологии – применение принципов системного геотехнологического анализа и прогнозирования;

– информационную базу – банк технологий повышения нефтеотдачи, интенсификации добычи и снижения обводненности продукции, программные комплексы дизайна технологических параметров процессов нефтеизвлечения;

– технологическую и реагентную базу – комплекс ад-ресных технологий освоения ТРИЗ с использованием гидродинамического, газового, физико-химического, термического, микробиологического и комплексного воздействия на пласт.

Основные направления геoinформационной стратегии планирования методов воздействия на пласт при освоении ТРИЗ заключаются в следующем:

– создание научных основ применения комплексных технологий освоения ТРИЗ (физическое, математическое и геолого-статистическое моделирование процессов нефтеизвлечения с применением новых реагентов);

– геoinформационное обеспечение технологий (структурирование запасов, геолого-гидродинамическое моделирование и проектирование разработки объектов, картирование геолого-геофизических и технологических параметров и запасов, обоснование и прогноз эффективности МУН, технико-экономический анализ сценариев воздействия);

– создание комплексных гибких технологий освоения ТРИЗ комплексное геолого-технологическое, инженерно-техническое и экологическое сопровождение применения технологий; проведение ОПР и разработка рекомендаций по широкому применению МУН; промышленное внедрение технологий на месторождениях нефтяных компаний.

Окончание статьи [Сюняева Р.З.], Сафиевой Р.З. «Нефтяные дисперсные системы: «мягкость», наноструктура, иерархия, фазовое поведение»

ческих полей на структуру и свойства НДС в области мягкого состояния. Одним из таких перспективных способов является воздействие электромагнитных полей на лабильную структуру НДС, а следовательно, и свойства.

Единый интегрированный подход, основанный на анализе и управлении нано- и микроструктурой «мягких» нефтяных дисперсий открывает возможности регулирования свойств промежуточных и конечных продуктов в технологической цепочке нефтяной промышленности.

R.Z. Syunyaev, R.Z. Safieva. **Oil dispersed systems: «softness», nanostructure, hierarchy, phasic behavior.**

The present article is concerned with summary of thoughts of Sunayev Rustem Zagidullovich, dignified son of his father, regarding further tendency of the oil dispersed systems theory and practice. Inimitable author's style is saved to the extent possible. As a co-

author and sister, I can say, that this article is a sort of manifesto, in which main directions of future development of the oil dispersed systems theory and practice are represented.

Key words: oil dispersed systems, petroleum industry.

Рустэм Загидуллович Сюняев

Профессор кафедры физики, д.физ.-мат.н.

26 марта 1959 – 10 мая 2012

Рафия Загидулловна Сафиева

Профессор кафедры органической химии и химии нефти, декан факультета повышения квалификации преподавателей.

Российский государственный университет нефти и газа имени И.М. Губкина. 119991, Москва, Ленинский проспект, 65. Тел.: (499) 137-88-69.

Системный геотехнологический анализ разработки нефтяных месторождений предполагает дифференциацию запасов нефти на активные и трудноизвлекаемые; классификацию продуктивных отложений по наиболее значимым и информативным факторам с использованием современных подходов и методов обработки информации; детальный геолого-технологический анализ, который включает уточнение геологического строения с созданием моделей залежей, обобщение опыта разработки соседних или аналогичных продуктивных пластов, гидродинамическое моделирование, обоснование оптимальной (с учетом экономических и экологических условий) системы и технологии разработки продуктивных объектов.

Использование комплексного подхода на всех этапах разработки месторождений позволяет вовлечь в активную разработку дополнительные ресурсы нефти, стабилизировать добычу нефти в регионе без существенного увеличения затратных статей, снизить степень техногенного воздействия на окружающую среду.

Вопросы структурирования и дифференциации запасов на активные и трудноизвлекаемые возник с начавшимся снижением добычи нефти в 70-х гг. прошлого столетия.

Согласно классификации ВНИИнефть к месторождениям с ТриЗ нефти относятся месторождения, содержащие нефти с вязкостью более 30 мПа·с, с проницаемостью коллектора менее 0,05 мкм² и с нефтенасыщенной толщиной менее 1,5 м. В работе (Абызбаев и др., 1994) выделены критерии ТриЗ для геологических условий нефтяных месторождений Башкортостана. В качестве таких критериев выделения ТриЗ приняты: для терригенных коллекторов – вязкость нефти более 50 мПа·с, проницаемость коллектора менее 0,2 мкм² и нефтенасыщенная толщина до 2 м; для карбонатных коллекторов – вязкость нефти более 50 мПа·с и проницаемость коллектора менее 0,05 мкм². Примечательным классификации ТриЗ, предлагаемые Э.М. Халимовым, Н.Н. Лисовским (2005), является в данной классификации, кроме группы геолого-физических условий выделения ТриЗ (вязкость > 30 мПа·с, проницаемость < 0,03 мкм², пористость < 8 %, нефтенасыщенность < 55 %, нефтенасыщенная толщина для терригенных и карбонатных коллекторов соответственно ≤ 2 и ≤ 4 м и др.) представлена «технологическая» группа, где критерием отнесения к ТриЗ является показатель выработанности (истощенность) запасов нефти, составляющий более 70 % от начальных извлекаемых запасов (НИЗ).

Выполненный анализ структуры запасов нефти по 387 месторождениям, используя классификацию предложенную Э.М. Халимовым, Н.Н. Лисовским, позволил отметить следующее (Таблица): доля трудноизвлекаемых запасов по терригенным коллекторам в крупных геоструктурных элементах составляет около 50 %, а на некоторых 100 %. В карбонатных коллекторах минимальное значение доли ТриЗ выявлено в Юрюзано-Сылвенской депрессии, которое равно 65 % от начальных геологических запасов. Преобладающее большинство трудноизвлекаемых запасов это продуктивные пласты, характеризующиеся малой нефтенасыщенной толщиной, содержащие нефть высокой вязкости, низкопроницаемые, либо выработанные более чем на 70 %. Рост доли трудноизвлекаемых запасов для залежей Урало-Поволжья составляет не менее 44 %. Трудноизвлекаемые запасы содержатся во всех стратиграфических

комплексах, по этой причине и их освоенность также различна. Таким образом, анализ структуры трудноизвлекаемых запасов показал, что при использовании критериев оценки по Э.М. Халимову, Н.Н. Лисовскому, их доля составляет более 75-80 %.

По классификациям Р.Х. Муслимова, Р.Г. Абдулмазитова отмечено, что доля ТриЗ от начальных геологических запасов (НГЗ), для месторождений Урало-Поволжья в терригенных коллекторах изменяется от 2,5 до 33 %, в карбонатных – от 11,7 до 81 %.

Повышение эффективности разработки продуктивных объектов с применением МУН предусматривается по трем наиболее важным направлениям: детальное геолого-технологическое обоснование эффективности применения методов увеличения нефтеотдачи и технологических мероприятий по совершенствованию ряда технологий и разработке новых; оценка экономической эффективности и целесообразности технологических решений, дифференцированная оценка затрат и себестоимости добычи нефти по объектам внедрения с целью их снижения; оценка уровня экологической безопасности применения МУН в геологических условиях объектов и предупреждение техногенного воздействия на окружающую среду.

Основными критериями выбора первоочередных зон для проведения воздействия на остаточные запасы является наличие значительных по величине удельных подвижных запасов нефти; высокая доля остаточных удельных подвижных запасов нефти по отношению к их начальным значениям. Исходя из дифференциации остаточных запасов, геолого-физических и промысловых параметров по площади продуктивного объекта, критериального анализа геолого-технологических мероприятий (ГТМ) и МУН, формируется перечень технологических предложений по оптимизации разработки объекта и увеличению степени увлечения нефти из пласта. В результате геолого-математического моделирования разработки объекта с применением отработанных методов воздействия на продуктивные пласты рассчитываются текущие и конечные показатели разработки. Совместный анализ карт выработки, обводненности, нефтенасыщенных толщин и распределения коллекторов позволяет оценить эффективность применяемой системы разработки, определить необходимые мероприятия по приобщению в активную разработку запасов нефти в слабодренлируемых зонах.

Повышение эффективности процесса разработки нефтяных месторождений – комплексная технико-экономическая задача. В связи с этим на следующем этапе проводится экономическое обоснование применяемых технологий на основе методики определения себестоимости добычи нефти и попутного газа, а также рентабельности эксплуатации месторождений.

Последним заключительным этапом обоснования технологических мероприятий по совершенствованию разработки, применению и развитию МУН является оценка уровня экологической безопасности систем разработки месторождений, а именно, классификация факторов техногенного воздействия; районирование исследуемой территории по степени техногенного воздействия; оценка возможной техногенной нагрузки на поверхностные и подземные воды, почвенно-растительный покров и атмосферный воздух; мониторинг нефтяного загрязнения.

Использование комплексного подхода на всех этапах разработки месторождений позволяет вовлечь в активную разработку дополнительные ресурсы нефти, стабилизировать добычу нефти в регионе без существенного увеличения затратных статей, снизить степень техногенного воздействия на окружающую среду.

На основе предлагаемой стратегии анализа структуры остаточных запасов нефтяных месторождений предложены принципиальные подходы к созданию адресных технологий повышения нефтеотдачи, снижения обводненности продукции и интенсификации добычи нефти, позволяющие варьировать характер и величину воздействия в зависимости от построения конкретной пластовой системы.

По результатам проведенного геолого-промыслового анализа выработки и совместного анализа карт выработки, обводненности, нефтенасыщенных толщин и распространения коллекторов продуктивных пластов может быть предложен обширный перечень ГТМ по регулированию их разработки и технологий увеличения нефтеотдачи.

Для карбонатных коллекторов адаптированы технологии ограничения водопритоков и интенсификации добычи нефти и газа с применением реагентов «КАРФАС» (гелеобразующая композиция) и «СКРИД» (соляно-кислотный раствор избирательного действия).

Для высокообводненных терригенных пластов предложена технология ограничения водопритоков с использованием гелеобразующего состава «Цеолит» на основе алюмосиликатов и растворов кислот, а для высокотемпературных пластов – технология выравнивания профиля приемистости пласта термогелеобразующей композиции РВ-ЗП-1 на основе алюмохлорида и карбамида.

Разработаны теоретические основы многокомпонентной фильтрации и гелеобразования в призабойной зоне скважин, рассмотрены физико-химические аспекты осад-

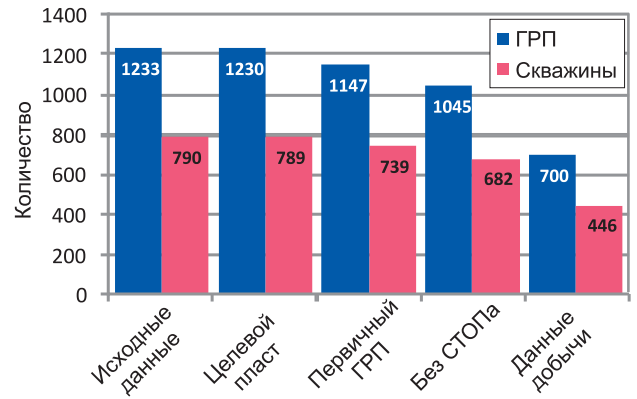


Рисунок. Формирование целевой выборки скважино-операций гидроразрыва пласта.

ко- и гелеобразования реагентов на основе алюмохлорида и карбамида, алюмосиликатов и растворов кислот, проведен теоретический анализ кинетики процессов образования гелей на основе алюмохлоридов и алюмосиликатов.

Составлены математические модели термогелеобразующего и алюмосиликатно-кислотного воздействия на пласт. Установлены основные закономерности образования устойчивых гелевых барьеров в различных геолого-физических условиях. Исследовано влияние на эффективность процессов гелеобразования концентрации исходных реагентов и объемов закачки композиционных систем. Разработана методика расчета и оптимизации параметров гелеобразующего воздействия на пласт.

Для низкопроницаемых и низкопродуктивных коллекторов предложены волновые, комплексные механохимические и механомикробиологические технологии интенсификации добычи нефти, выравнивания профиля приемистости пласта и увеличения коэффициента охвата пласта воздействием.

Запасы, категории ТриЗ	Доля запасов по тектоническим элементам, %																						
	Пермско-Башкирский свод		Бельская депрессия		Бирская седловина		Благовещенская и Бымско-Кунгурская впадины		Верхне-Камская впадина		Косвинско-Чусовская седловина		Мелекесская впадина		Мраковская депрессия		Соликамская впадина		Южно-Татарский свод		Юрзано-Сылвенская депрессия		
	Коллектор тер. карб.	Коллектор тер. карб.	Коллектор тер. карб.	Коллектор тер. карб.	Коллектор тер. карб.	Коллектор тер. карб.	Коллектор тер. карб.	Коллектор тер. карб.	Коллектор тер. карб.	Коллектор тер. карб.	Коллектор тер. карб.	Коллектор тер. карб.	Коллектор тер. карб.	Коллектор тер. карб.	Коллектор тер. карб.	Коллектор тер. карб.	Коллектор тер. карб.	Коллектор тер. карб.	Коллектор тер. карб.	Коллектор тер. карб.			
Активные запасы	НГЗ	42	32	0	0	1	4	23	3	25	18	100	0	0	0	40	2	86	29	71	13	52	35
	НИЗ	44	28	0	0	1	1	23	2	29	21	100	0	0	0	40	2	93	28	54	7	63	27
ТриЗ	НГЗ	58	68	100	100	99	96	77	97	75	82	0	100	100	100	60	98	14	71	29	87	48	65
	НИЗ	56	72	100	100	99	99	77	98	71	79	0	100	100	100	60	98	7	72	46	93	37	73
В т.ч.доля ТриЗ в колле кторах:																							
-с малой нефтенасыщенной толщиной (терриг. <2м, карбонатные<4м)	НГЗ	41	91		9	20	95	85	90	16	44		61					32	3	41	63	63	86
	НИЗ	55	99		7	16	94	81	92	16	54		54					48	1	34	80	50	89
-с пористостью <8%	НГЗ	0,1	5		26		1		1		3					22		20	0,2	9			
	НИЗ	0,1	2		38		0,2		0,5		3					19		12	0,2	17			
-с нефтенасыщенностью <55%	НГЗ		6								33									3	0,2		
	НИЗ		3								27									2	0,1		
-с проницаемостью < 0.03мкм ²	НГЗ	23	46		11	0,1	22	1	31	4	32		39			22	24	96	1	14	78	24	
	НИЗ	31	46		12	0	19	1	23	6	38		46			24	26	99	1	10	79	21	
-с вязкостью нефти >30мПа·с	НГЗ	25	12	100	67	6	36	19	2	31	32			100	100					69	62		51
	НИЗ	12	8	100	52	5	37	15	1	32	37			100	100					61	50		50
-с температурой <20 °С	НГЗ	3	15		19		5		1		32					22	16			1	1		
	НИЗ	2	9		25		3		0,3		27					24	31			1	1		
-с КИЗ > 70%	НГЗ	50	36		27	91	43	80	74	64	18					100	96	60	3	63	34		
	НИЗ	41	48		40	94	53	86	84	62	15					100	97	41	0,4	70	57		

Таблица. Структура запасов по тектоническим элементам.

Для залежей тяжелых высоковязких нефтей и месторождений природных битумов предложены термические способы интенсификации процесса нефтеизвлечения с использованием специальных скважинных тепломассогенераторов для производства комбинированных теплоносителей: парагаза и воды с высокими термодинамическими параметрами.

Для высокообводненных терригенных и карбонатных пластов, а также залежей высоковязких нефтей в результате обширного комплекса теоретических, лабораторных и промысловых исследований разработан на уровне изобретений широкий спектр технологий микробиологического и биоконструктивного воздействия на пласт с использованием биореагентов на основе отходов биоочистных сооружений, активных добавок и биохимочищенных вод.

В результате проведенного многоуровневого геологостатистического анализа ОПР получены модели для прогнозирования эффективности микробиологического и биоконструктивного воздействия, и установлены геологические критерии их успешного применения; коэффициент проницаемости продуктивного пласта не менее 0,04 мкм²; эффективная толщина пласта 1,5-7 м; обводненность добываемой продукции более 80 %; вариация обводненности продукции не более 25 %; коэффициент выработанности извлекаемых запасов не более 0,9.

Результат применения любой технологии направленной на добычу углеводородов может зависеть от множества факторов, как геолого-физических и физико-химических, так и геотехнологических. Как правило, чем сложнее процесс или технология добычи нефти, тем больше качественных и количественных параметров и свойств должно учитываться при оценке его эффективности. Соответственно, необходимым условием для максимально возможного точного определения результатов применения технологии или метода нефтеизвлечения должно быть полное и качественное формирование информационной среды. Одной из наиболее сложной технологией нацеленной на увеличение степени нефтеизвлечения является гидроразрыв пласта (ГРП). После проведения скважино-операции ГРП «на выходе» можно получить более 1400 параметров и около десяти графиков, которые можно выделить в несколько групп: параметры контроля качества ГРП; параметры сводных данных; финансовые параметры; результаты анализа мини-ГРП; результаты анализа основного ГРП. Все параметры прямо или косвенно могут использоваться для оценки эффективности ГРП.

Основным вопросом для объективного анализа эффективности является вопрос о формировании целевой выборки. На примере месторождения «А» Широкого Приобья был выполнен анализ для выделения необходимых условий, которым бы отвечала выборочная совокупность скважин с ГРП. Для этого была проанализирована информация по скважино-операциям ГРП, и конкретизированы основные требования к целевой выборке скважино-операций ГРП, которые необходимы для обеспечения максимально возможной чистоты анализа:

- наличие статистики по проведенным скважино-операциям ГРП на целевой объект разработки;
- первый ГРП на целевом пласте конкретной скважины;
- отсутствие технологических проблем при производстве ГРП;

– наличие информации по добыче скважины до и после проведения ГРП.

После определения критериев, целевая выборка скважино-операций ГРП для проведения анализа составила 56,8 % от исходных данных. Результаты поэтапного формирования целевой выборки приведены на рисунке.

Литература

Абызбаев И.И., Сыртланов А.Ш., Викторов П.Ф., Лозин Е.В. Разработка залежей с трудноизвлекаемыми запасами нефти Башкортостана. Уфа. 1994. 180.

Лукьянов Э.Е., Тренин Ю.А., Деревягин А.А. Достоверность геолого-геофизической информации для оценки извлекаемых (рентабельных) запасов нефти. *Электронный журнал Нефтегазовое дело*. http://www.ogbus.ru/authors/Lukyaynov/Lukyaynov_1.pdf. 2008.

Халимов Э.М., Лисовский Н.Н., О классификации трудноизвлекаемых запасов. *Вестник ЦКР Роснедра*. № 1. 2005. 17-19.

Шпильман А.В., Деревягин А.А. Интеграция информационных метотехнологий с целью реализации системной концепции геолого-экономической (стоимостной) оценки недр. *Вестник нефтепользователя*. № 18. 2007. 54-57.

Sh. H. Sultanov, Yu.A. Kotenev, V.E. Andreev, A.P. Stabinskas, I.V. Grehov. **Geoinformation strategy of fields' development with oil reserves difficult to recover.**

The paper suggests principal directions of geoinformation strategy of stimulation methods planning during the development of fields with oil reserves difficult to recover, including differentiation of oil reserves on active and difficult to recover and recommendations for application and analysis of stimulation method on productive stratum.

Key words: oil field, reserves difficult to recover, enhanced oil recovery methods.

Шамиль Ханифович Султанов

Д.тех.н., доцент кафедры «Геология и разведка нефтяных и газовых месторождений».

Юрий Алексеевич Котенев

Д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Геология и разведка нефтяных и газовых месторождений».

Уфимский государственный нефтяной технический университет

450062, Уфа, ул. Космонавтов, 1. Тел.: (917) 347-32-11.

Вадим Евгеньевич Андреев

Д.тех.н., профессор, директор Института нефтегазовых технологий и новых материалов Республики Башкортостан.

450075, Уфа, пр. Октября, 129/3. Тел.: (347) 235-77-19.

Александрас Пятро Стабинкас

Главный специалист Управления внутрискважинных работ ОАО «Газпром нефть».

190000, Санкт-Петербург, ул. Почтамтская, д.3-5.

Тел.: (812) 363-31-52.

Иван Викторович Грехов

Начальник УДНГ ООО «Башнефть-Полус» ОАО «АНК Башнефть».

450008, Россия, г. Уфа, ул. Карла Маркса, д. 30.

Тел.: (347) 261-61-61.