

На правах рукописи

ИЛАТОВСКИЙ ЮРИЙ ВИТАЛЬЕВИЧ

УДК 622.279.23/.4+622.6912

**ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ В
РЕЖИМЕ ХРАНИЛИЩА-РЕГУЛЯТОРА С УЧЕТОМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ
СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ГАЗОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ЗАВОДА**

**Специальность: 25.00.17 - Разработка и эксплуатация нефтяных
и газовых месторождений**

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Ухта 2001

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Работа выполнена в филиале Научно-исследовательского института природных газов и газовых технологий (ООО "ВНИИГАЗ") – «Севернипигаз»

Научный руководитель - доктор технических наук, профессор
Тер-Саркисов Рудольф Михайлович

Официальные оппоненты - доктор технических наук, профессор
Басниев Каплан Сафербиевич
- кандидат технических наук
Мордвинов Александр Антонович

Ведущее предприятие - ООО «Севергазпром»

Защита диссертации состоится " 15 " июня 2001 г. в 13³⁰ часов на заседании диссертационного совета К212.291.01 по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук при Ухтинском государственном техническом университете.

Адрес: 169300, Республика Коми, г. Ухта, ул. Первомайская, 13

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Ухтинского государственного технического университета.

Автореферат разослан "11" мая 2001 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
к.т.н., доцент

Н.М. Уляшева

Актуальность работы:

В мировой практике разработка газоконденсатных месторождений (ГКМ) с высоким содержанием конденсата в пластовом газе (свыше 200 г/м³) осуществляется, как правило, с использованием сайклинг-процесса, т.е. с поддержанием пластового давления путем возврата отсепарированного газа в пласт.

Исторически сложилось так, что крупнейшее в начале 70-х годов в Европе по запасам газа и конденсата Вуктыльское месторождение по объективным причинам разрабатывалось без поддержания пластового давления. В то же время эксплуатация объектов подобного типа без использования специальных методов воздействия приводит к значительным потерям в пласте газообразных и особенно жидких углеводородов (применительно к Вуктыльскому месторождению около 100 млн т), являющихся ценным сырьем для газоперерабатывающего и нефтехимического производства.

В последние годы эта проблема приобрела особую остроту, поскольку здесь в единую взаимосвязанную систему объединены добыча, подготовка, транспорт и переработка углеводородного сырья. Сосногорский газоперерабатывающий завод (ГПЗ) и созданная на его основе промышленная и социальная инфраструктура полностью зависят от наличия сырьевой базы, основу которой на обозримую перспективу составляет базовое Вуктыльское нефтегазоконденсатное месторождение (НГКМ). Все остальные месторождения (сателлиты) Вуктыльского геолого-экономического района (ГЭР) имеют небольшие запасы и могут выполнять только вспомогательную роль в обеспечении на длительный период сырьевой базы реконструируемого завода. Кроме того, решение этой проблемы носит социально-экономический и экологический характер.

Таким образом, совмещение задач повышения углеводородоотдачи крупного газоконденсатного месторождения на завершающей стадии его разработки и обеспечения сырьем газоперерабатывающего производства является актуальной проблемой.

Цель работы:

Создать систему регулирования эксплуатации группы месторождений газоконденсатного типа для обеспечения на длительный период сырьевой базы газоперерабатывающего производства путем применения на базовом месторождении новой технологии повышения углеводородоотдачи пласта и управления потоками газа.

Основные задачи исследований:

1. При одновременной разработке группы газоконденсатных месторождений обосновать целесообразность выделения базового месторождения как основного объекта регулирования объемов поставок сырья для газоперерабатывающего завода.
2. Разработать критерии выбора зон нагнетания и отбора газа при разработке крупного газоконденсатного месторождения с закачкой сухого газа в залежь с целью увеличения коэффициента охвата пласта и повышения эффективности процесса.
3. По результатам исследования вариантов закачки и отбора газа с учетом реальных свойств пласта-коллектора разработать рекомендации по реконструкции схемы базового месторождения для реализации проектных решений.
4. Исследовать изменение продуктивности эксплуатационных скважин при реализации процесса нагнетания сухого неравновесного газа в пласт.
5. Обосновать режим эксплуатации группы месторождений, включая базовое Вуктыльское месторождение, обеспечивающий эффективный объем переработки углеводородного сырья и регулирование потоков газа.
6. Выполнить технико-экономическую оценку вариантов эксплуатации базового газоконденсатного месторождения в режиме хранилища-регулятора и месторождений-сателлитов, обеспечивающих сырьевую базу перерабатывающего завода.

Научная новизна:

В диссертационной работе представлены результаты аналитических, опытно-промышленных, проектных и технико-экономических исследований соискателя, позволивших создать научно обоснованную и эффективную систему разработки и эксплуатации крупного базового газоконденсатного месторождения и его сателлитов в режиме хранилища-регулятора с учетом обеспечения сырьевой базы производства газопереработки.

Научная новизна и основные защищаемые положения:

1. Выбран и обоснован оптимальный вариант эксплуатации базового Вуктыльского газоконденсатного месторождения в составе группы месторождений в качестве хранилища-регулятора сырьевых потоков для переработки.

2. Определены критерии выбора зон закачки и отбора газа на Вуктыльском месторождении для повышения компонентоотдачи пласта за счет увеличения охвата воздействием.
3. Выполнено моделирование показателей вариантов разработки Вуктыльского месторождения с учетом его реальных коллекторских свойств, которые положены в основу рекомендаций по реконструкции промысла.
4. В соответствии с результатами промысловых исследований и их анализом установлена закономерность повышения производительности эксплуатационных скважин (до 30%) в зоне охвата воздействием при нагнетании в пласт сухого газа.
5. На основе комплексного контроля составов пластовой продукции базового месторождения и его сателлитов предложены критерии управления потоками межпромыслового транспорта сырья.
6. Выявлены основные технологические и социальные факторы, определяющие экономическую эффективность эксплуатации газоконденсатного месторождения в режиме хранилища-регулятора, обеспечивающие сырьевую базу газоперерабатывающего завода на длительную перспективу.

Практическая ценность полученных результатов состоит в том, что впервые в отечественной и мировой практике на крупном газоконденсатном месторождении и его сателлитах реализуется принципиально новый подход, позволяющий на поздней стадии разработки базового ГКМ решить целый ряд проблем:

- повысить эффективность разработки месторождения путем вовлечения в эксплуатацию выпавшего в пласте (ретроградного) конденсата, образующего при традиционной разработке неизвлекаемые потери, а также путем повышения продуктивности скважин;
- стабилизировать на длительную перспективу сырьевую базу Сосногорского ГПЗ;
- продлить период активного функционирования промыслово-заводской инфраструктуры;
- способствовать решению в регионе социально-экономических и экологических проблем.

Опыт практической реализации такого подхода будет полезен на завершающей стадии разработки других крупных газоконденсатных месторождений отрасли.

Реализация работы в промышленности:

Основные положения диссертационной работы использованы в “Технологической схеме эксплуатации Вуктыльского нефтегазоконденсатного месторождения в режиме хранилища-регулятора”, рассмотренной и принятой Комиссией по месторождениям и ПХГ ОАО “Газпром”. Реализация схемы осуществляется поэтапно в соответствии с “Комплексной программой перевода Вуктыльского НГКМ в режим хранилища-регулятора на 1999-2005 гг.” и «Программой опытно-промышленных и научно-исследовательских работ на период 2000-2003 гг. по переводу Вуктыльского НГКМ в режим хранилища-регулятора» (Решение № РВ-4285 от 27.10.2000 г. утверждено Председателем Правления ОАО «Газпром» Р.И. Вяхиревым).

Результаты работы используются в утвержденном проекте Реконструкции Сосногорского ГПЗ.

Исследования и разработки соискателя легли в основу всех проектов обустройства опытных участков Вуктыльского НГКМ, в проекты разработки и обустройства месторождений спутников, в проекты реконструкции внутрипромысловых и межпромысловых коммуникаций, в программу развития объектов добычи, транспорта и переработки предприятия “Севергазпром”.

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы докладывались и получили одобрение на ряде отраслевых научно-практических и научных совещаний и семинаров:

- Заседаниях секции по разработке НТС ОАО “Газпром” (1997-1999 гг., г. Москва).
- Заседаниях Центральной Комиссии по разработке газовых, газоконденсатных, нефтяных месторождений и эксплуатации ПХГ ОАО “Газпром” (1997-1999 гг., г. Москва).
- Научных семинарах ВНИИГАЗа и Севернипгаза (1996-2000 гг., г. Москва, г. Ухта).

Основные результаты диссертации опубликованы в 16 статьях и тезисах докладов.

Диссертация выполнена в филиале научно-исследовательского института природных газов и газовых технологий (ООО «ВНИИГАЗ») — “Севернипгаз”. Автор признателен к.т.н. В.Г. Подюку, д.т.н. А.И. Гриценко (ОАО «Газпром»), сотрудникам ВНИИГАЗа д.т.н. В.В. Ремизову, д.т.н. В.А. Николаеву, д.т.н. Н.А. Гужову, д.т.н. С.Н. Бузинову, д.г.н. Н.Г. Степанову, д.г.м.н. Н.Н. Соловьеву, сотрудникам Севернипгаза С.В. Савченкову, к.т.н. Е.М. Гурленову, к.т.н. Н.В. Долгушину, к.т.н. А.В. Назарову, к.т.н. Г.В. Петрову, к.г.м.н. Л.Н. Алисиевич, Н.Н. Трегуб, В.А. Банновой, Е.И. Карпову и др. за участие в постановке задачи, помощь в проведении исследований и обсуждении результатов.

Автор выражает глубокую благодарность научному руководителю д.т.н., профессору Р.М. Тер-Саркисову за помощь в организации исследований, ценные советы и замечания на всех этапах подготовки диссертации.

Автор благодарен работникам ООО «Севергазпром» к.т.н. А.А. Захарову, А.Я. Яковлеву, В.Л. Вдовенко, В.В. Иванову, С.В. Шелемею, С.Г. Аленикову, В.Н. Рыжакову, М.А. Кудрявцеву, ректору УГТУ д.т.н. Н.Д. Цхадая, проректору д.ф. м.н. А.И. Кобрунову, зам. зав. кафедры РЭНГМ и ПГ к.т.н. А.А. Мордвинову, а также всем специалистам института ВНИИ-ГАЗа, Севернипгаза, предприятия “Севергазпром”, Ухтинского государственного технического университета за помощь в подготовке и рассмотрении материалов диссертационной работы и критические замечания.

Структура и объем работы:

Диссертационная работа содержит введение, четыре главы, основные выводы, список использованной литературы из 115 наименований. Содержание изложено на 211 страницах машинописного текста, включая 63 рисунка и 31 таблицу.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении охарактеризованы актуальность темы диссертации, цель работы, основные задачи исследований, научная новизна, основные защищаемые положения, практическая ценность, реализация и апробация работы.

В первой главе проводится анализ некоторых методов компонентоотдачи газоконденсатного пласта. Методы повышения углеводородоотдачи газоконденсатных месторождений направлены на снижение потерь жидких углеводородов за счет поддержания пластового давления либо на извлечение ранее выпавшего конденсата. К настоящему времени в России сформировалась большая группа газоконденсатных месторождений, уже истощенных или находящихся на конечной стадии разработки. В связи с этим ученые головного и других отраслевых исследовательских институтов квалифицируют как одну из важнейших проблем отрасли создание методов повышения углеводородоотдачи применительно к поздней стадии разработки газоконденсатных месторождений.

Под руководством профессора Тер-Саркисова Р.М. во ВНИИГАЗе выполнены обширные экспериментальные, аналитические и теоретические исследования, позволившие создать концепцию и технологию разработки газоконденсатных месторождений на завершающей стадии отбора запасов углеводородов и предложить ряд методов повышения конденсатоотдачи пласта истощенных ГKM.

Согласно патенту ВНИИГАЗа после снижения давления в газоконденсатном пласте до давления ниже давления максимальной конденсации углеводородной смеси (6-8 МПа) в пласт закачивают сухой газ, неравновесный по составу к пластовой углеводородной смеси. Это обеспечивает целый ряд эффектов: вытеснение жирного высококалорийного газа менее калорийным; испарение за фронтом вытеснения ранее выпавшего конденсата; поддержание градиентов давления в пласте, обеспечивающих стабильную фильтрацию газовой фазы; испарение конденсата в призабойных зонах добывающих скважин и увеличение производительности этих скважин; поддержание давления в пласте, что затормаживает продвижение в пласт законтурной и подошвенной воды. Важным результатом воздействия на пласт является стабилизация сырьевой базы газоперерабатывающего завода.

Опытно-промышленные работы по закачке сухого газа в пласт проводятся с сентября 1993 г. на полигоне в районе УКПГ-8 Вуктыльского НГКМ, а с февраля 1997 г. – на более крупном полигоне месторождения в районе УКПГ-1.

В процессе промысловых испытаний технологии повышения конденсатоотдачи своевременно были выявлены и достоверно отслежены закономерности поведения пластовых давлений и изменения дебитов скважин. Показано, что рост пластового давления и прорыв нагнетаемого газа в эксплуатационные скважины приводит к увеличению их производительности, по некоторым более чем в 1,5 раза (рис. 1). Полученные эффекты от воздействия на пласт сухим газом позволили отказаться от газлифтной эксплуатации скважин.

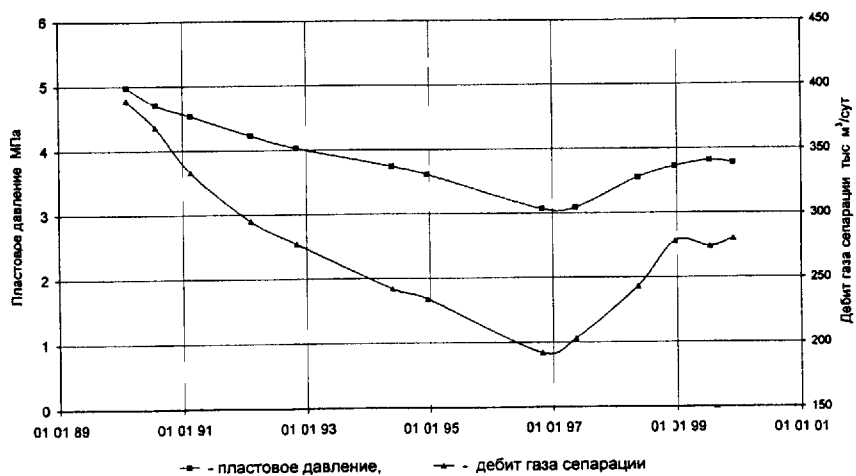


Рис. 1. Динамика пластового давления и дебита газа сепарации по скв. 89 Вуктыльского НГКМ

В табл. 1 даны удельные параметры промысловых испытаний технологии повышения углеводородоотдачи на Вуктыльском НГКМ за 2000 г. Анализ результатов промысловых исследований выполнен в соавторстве с Н.В. Долгушиным.

Таблица 1

Параметры промысловых испытаний технологии повышения конденсатоотдачи на Вуктыльском НГКМ

Параметры	2000 г.			
	Полигон УКПГ-1	Полигон УКПГ-8	Скважины вне полигонов	Всего
$q_{к\text{ др}}, \text{ г/м}^3$	51,5	37,6	47,7	45,8
$q_{к\text{ пл}}, \text{ г/м}^3$	54	48,9	44,7	50,9
$q_{т\text{ рк}}, \text{ г/м}^3$	49,3	21,5	57,1	38,3
$q_{д\text{ р}}^{д\text{ с}_2, \text{ с}_4}, \text{ г/м}^3$	86,8	76,5	107,7	85,0
$\alpha_{д\text{ р}}^{т\text{ р}}, \text{ объем. \%}$	46,6	49,6	26,2	45,7

По мнению автора диссертации, для вовлечения в разработку пока остающихся за пределами зоны воздействия запасов ретроградного конденсата и для стабилизации сырьевой базы Сосногорского ГПЗ необходимо применить способы регулирования разработки с нагнетанием сухого газа, предусматривающие увеличение охвата пласта воздействием путем соответствующего выделения на площади зон нагнетания и зон отбора газа.

Во второй главе представлены объекты разработки Вуктыльского геолого-экономического района, образующие сырьевую базу газоперерабатывающего завода.

Это Вуктыльское НГКМ, Западно-Соплесское ГКМ, а также Печоро-Кожвинское и Югидское НГКМ. Кроме указанных в районе есть еще не введенные в разработку месторождения (Печорогородское, Западно-Печорогородское, Югид-Соплесское) и ряд перспективных структур.

Углеводородное сырье перечисленных месторождений отличается высоким содержанием этана, компонентов сжиженных газов (пропан и бутаны) и более тяжелых углеводородов (пентаны плюс высшие), что предопределяет целесообразность их использования в качестве сырья для переработки. Вуктыльское НГКМ является базовым в составе других месторождений группы.

Помимо запасов (429,5 млрд м³), размеров и качества углеводородного сырья Вуктыльское месторождение является уникальным и с точки зрения накопленного опыта разработки газоконденсатных залежей, что может быть использовано на других месторождениях аналогичного типа.

С 1998 г. разработка основной газоконденсатной залежи ведется на стадии перевода месторождения в режим хранилища-регулятора в соответствии с «Технологической схемой эксплуатации Вуктыльского месторождения в режиме хранилища-регулятора».

Вопросы комплексной эксплуатации группы месторождений, обеспечения и поддержания сырьевой базы производства газопереработки непосредственно связаны с состоянием существующей системы межпромыслового и магистрального транспорта углеводородного сырья и возможными направлениями ее развития.

Основными элементами схемы эксплуатации группы месторождений являются:

- система подготовки продукции скважин;
- системы межпромыслового и магистрального транспорта углеводородного сырья.

На всех разрабатываемых месторождениях Севергазпрома реализована в том или ином варианте схема подготовки продукции скважин методом низкотемпературной сепарации. Этот же подход предложен и для перспективных месторождений Вуктыльского ГЭР.

При этом высокое содержание в добываемой продукции пропан-бутановых и высококипящих (пентаны+высшие) компонентов приводит к тому, что в газе, прошедшем подготовку на промысле и поступающем в межпромысловые трубопроводы, может содержаться, в том числе в капельном виде, от 5 до 10 г/м³ компонентов C_{5+в}. Однако при существующем комплексном подходе к освоению природных углеводородных ресурсов это не имеет большого значения, поскольку организация системы межпромыслового транспорта планируется таким образом, чтобы продукция всех разрабатываемых и вновь вводимых в разработку месторождений Вуктыльского ГЭР подавалась на головные сооружения (ГС) Вуктыла.

Транспорт жидких углеводородов (нестабильный конденсат с нефтью) до Сосногорского ГПЗ серьезных проблем не вызывает и может быть осуществлен по имеющейся системе конденсатопроводов Севергазпрома. Что касается газовой составляющей, то имеющаяся сегодня сеть межпромысловых газопроводов обеспечивает подачу газа сепарации для переработки на Сосногорском ГПЗ лишь с Вуктыльского и Западно-Соплесского промыслов.

В главе приведены критерии оптимизации и регулирования схемы потоков углеводородного сырья группы месторождений.

Критерии базируются на геологических, технологических и экономических аспектах разработки запасов углеводородного сырья и формирования сырьевой базы газоперерабатывающего производства. Совокупность всех критериев по разработке месторождений определяет наиболее рациональный вариант, отвечающий наиболее полному извлечению из пласта углеводородов и максимальному экономическому эффекту.

Главный показатель, характеризующий эффективную эксплуатацию группы месторождений Вуктыльского ГЭР, учитывающий кондиционность по составу сырья для переработки, минимально необходимый уровень содержания на выходе головных сооружений компонентов C₃-C₄, представляется в следующем виде:

$$V_{ВГЭР} = \frac{V_{ВНГКМ} \cdot C_{3,4}^{треб} - V_{ВНГКМ} \cdot C_{3,4}^{ВНГКМ}}{C_{3,4}^{ВГЭР} - C_{3,4}^{треб}},$$

где V- объем газа, м³; ВНГКМ- газ Вуктыльского НГКМ; ВГЭР- газ месторождений Вуктыльской группы (кроме вуктыльского), C_{3,4}^{треб}- требуемое объемное содержание пропан-бутановых компонентов на входе Сосногорского ГПЗ, %.

Данное соотношение учитывает на этапе закачки сухого тюменского газа в пласт на Вуктыльском НГКМ качественное снижение содержания компонентов C₃-C₄ при общем объеме газа всей группы.

Таким образом, критерии оптимизации и регулирования потоков связаны с требуемым и «долевым» содержанием пропан-бутана в газе непосредственно Вуктыльского месторождения и «долевым» участием жирного газа других месторождений Вуктыльского ГЭР.

Кроме качественного критерия в процессе эксплуатации группы месторождений на длительном этапе (25-30 лет) с целью номинальной загрузки газоперерабатывающего завода до 3,0 млрд м³/год возникает необходимость количественного регулирования объема газа, подаваемого со всей группы на завод за счет оптимизации схемы потоков. Данная оптимизация реализуется путем изменения схемы внутрипромысловый закачки газа, внутрипромыслового сбора и поэтапного развития межпромыслового транспорта.

Возможные варианты развития схемы трубопроводного транспорта в рамках принятой системы "базовое месторождение - спутники" следующие.

С вводом в разработку месторождений Нарьян-Марской группы обеспечение потребностей Усинского и Печорского промузлов в полном объеме может осуществляться за счет газа, добываемого на этих объектах. Соответственно, появляется возможность развернуть потоки жирного газа с месторождений Печорского района Вуктыльского ГЭР на Сосногорский ГПЗ для переработки. Кроме того, появляется возможность подать на переработку попутные нефтяные газы месторождений Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции.

В качестве другого возможного направления развития системы трубопроводов рассматривается вариант поэтапного строительства межпромыслового коллектора на участке Югидское – Западно-Соплеское месторождение. Данный вариант позволит изменить схему потоков межпромыслового транспорта газа, а также кардинально решить проблемы промысловой подготовки продукции (окончательная подготовка всего объема газа будет проводится на Вуктыле по схеме "дожимная компрессорная станция – холодильная станция – низкотемпературная сепарация").

Этот вариант в работе принят за основу для анализа различных этапов формирования сырьевой базы Сосногорского ГПЗ.

I этап доразработка Вуктыльского НГКМ на истощение, действующая схема межпромыслового транспорта природного газа (поставка газа Вуктыльского и Западно-Соплеского месторождений на Сосногорский ГПЗ, Югидского, Югид-Соплеского, Печорогородского, Западно-Печорогородского, Печоро-Кожвинского месторождений – на Печорскую ГРЭС).

II этап – разработка Вуктыльского НГКМ в режиме хранилища-регулятора, действующая схема межпромыслового транспорта от разрабатываемых месторождений.

III этап – разработка Вуктыльского НГКМ в режиме хранилища-регулятора. Данный вариант предполагает строительство и ввод в эксплуатацию межпромыслового коллектора Югидское-Западн-Соплеское месторождение (2003 г.) и поставку газа после 2007 г. со всех месторождений Вуктыльской группы на Сосногорский ГПЗ.

В третьей главе приведены технологические показатели разработки базового месторождения по различным схемам и вариантам нагнетания газа в пласт.

Технологические показатели разработки были рассчитаны на многофазной многокомпонентной гидродинамической модели. Расчеты выполнялись совместно с Н.А. Гужовым, М.И. Фадеевым, А.В. Назаровым. При построении модели за основу принимались геолого-промысловые данные по распределению коллекторских свойств пласта, полученные на основании обобщения результатов геофизических исследований продуктивного разреза пласта, а также кернового материала.

Построение геолого-промысловой модели распределения пористости и эффективной толщины пласта по площади залежи подбиралось таким образом, чтобы расчетные запасы углеводородов соответствовали величине остаточных запасов газа, полученной в результате ее уточнения на текущий момент разработки месторождения.

Учитывая динамику пластового давления для рассматриваемых вариантов разработки, видно, что в случае дальнейшей разработки месторождения на режиме истощения (вариант 1) средневзвешенное по поровому объему пластовое давление в дренируемой зоне продуктивного горизонта к 2014 г. достигнет уровня 1,8 МПа, что соответствует принятому давлению забрасывания.

С целью учета сезонного колебания газопотребления в летний и зимний периоды эксплуатации транспортной системы магистральных трубопроводов были рассмотрены возможности закачки в пласт тюменского газа в объеме 2,5 млрд м³ только в летний период, что в сочетании с условием поддержания отбора на уровне 2,6 млрд м³ в течение года может обеспечить рентабельное функционирование объекта в режиме регулятора. В данном аспекте рассмотрены два варианта, предусматривающие 10 и 20-летний периоды эксплуатации месторождения в этом режиме (варианты 2 и 3).

Для дальнейшего сопоставления эффективности схем закачки рассчитаны технологические показатели разработки северного купола Вуктыльского месторождения с применением метода активного воздействия на газоконденсатный пласт в случае равномерно распределенной по площади месторождения закачки в пласт «сухого» газа в объеме 2,5 млрд м³ в год в течение 10-летнего периода (вариант 4). В этом случае для закачки в пласт вышеуказанных объемов за годовой период необходимо задействовать 38 нагнетательных скважин.

Схема равномерно распределенной закачки сухого газа в пласт в силу резкой неоднородности коллекторских свойств продуктивного горизонта приводит к быстрому прорыву нагнетаемого агента к эксплуатационным скважинам, что ведет к снижению кондиционности поступающего на газоперерабатывающий завод углеводородного сырья. Это в значительной степени снижает содержание в продукции промежуточных углеводородов, являющихся базовым сырьем для получения сжиженных газов, особенно в период перевода всех нагнетательных скважин в разряд эксплуатационных после завершения процесса активного воздействия на газоконденсатный пласт.

Анализ результатов расчета технологических показателей эксплуатации Вуктыльского месторождения в режиме хранилища-регулятора позволил рекомендовать зональную схему распределения объемов нагнетания тюменского газа. Предусмотренное в ней максимальное использование под закачку скважин, работающих в газлифтном режиме, обеспечит эффективную эксплуатацию промысла и установки газоразделения. При этом решение задачи надежного обеспечения СГПЗ промежуточными углеводородами успешно сочетается с реализацией технологии повышения углеводородоотдачи пласта.

После окончания процесса активного воздействия на продуктивный пласт состав продукции добывающих скважин (ранее задействованных под закачку сухого газа) будет практически соответствовать составу тюменского газа. Это в значительной степени повлияет на содержание, в первую очередь, промежуточных углеводородов в продукции промысла, поступающей на Сосногорский ГПЗ, в вариантах 2 и 3 предусмотрен поэтапный (в течение двух лет) перевод нагнетательных скважин в разряд эксплуатационных.

При выборе фонда нагнетательных скважин предпочтение отдавали скважинам, работающим в настоящее время в газлифтном режиме, что позволит в значительной степени сократить объем сухого газа, отбираемого на промысле вместе с пластовым и подаваемого на Сосногорский ГПЗ по действующей транспортной сети трубопроводов.

В предлагаемых вариантах 2 и 3 разработки проектируется сосредоточить закачку газа в четырех основных зонах на границах УКПГ. Необходимо отметить, что в данных вариантах разработки получены несколько лучшие показатели, чем в аналогичном варианте с равномерно распределенной схемой нагнетания сухого газа в пласт (вариант 4).

Таким образом, предлагаемая схема размещения нагнетательных скважин позволит одновременно решить несколько технологических задач, связанных с повышением кондиционности промышленного газа, подаваемого на Сосногорском ГПЗ:

- избежать массовых прорывов закачиваемого газа в эксплуатационные скважины за счет зонального размещения нагнетательных скважин по площади месторождения;
- сократить объемы газлифтного газа путем перевода эксплуатационных скважин, работающих в настоящее время в газожидкостном режиме, в разряд нагнетательных;
- избежать резкого снижения содержания промежуточных углеводородов в продукции промысла в период перевода нагнетательных скважин в эксплуатационные после завершения процесса активного воздействия на пласт путем поэтапного их переключения.

Кроме этого, зональная закачка газа в пласт позволит увеличить коэффициент извлечения промежуточных и высококипящих углеводородов по сравнению с вариантом равномерно распределенного нагнетания сухого газа.

Наряду с решением задачи обеспечения Сосногорского ГПЗ необходимыми объемами углеводородного сырья, одним из важных условий эффективной эксплуатации установки получения сжиженных газов является удовлетворение требованиям, предъявляемым к качеству поступающей продукции.

Уже на стадии опытно-промышленных работ на Вуктыльском НГКМ выполнен анализ состава сырьевых потоков Сосногорского ГПЗ. На состав рассматриваемых углеводородных потоков возможно влияние целого ряда факторов, в том числе:

- изменение пропорций в объемах добычи сырья по разным месторождениям и УКПГ Вуктыльской группы, так как состав сырья изменяется в довольно широком диапазоне;
- изменение исходного добываемого газа в результате снижения пластового давления;
- изменение термобарических условий промышленной подготовки в результате сезонных колебаний температуры окружающей среды и снижения пластового давления;
- изменение технологических схем подготовки;
- изменение доли технологического и газлифтного тюменского газа в составе добываемой продукции;

- изменение состава добываемого газа в результате проведения опытно-промышленных работ по повышению углеводородоотдачи на УКПГ-1, 8 Вуктыльского НГКМ.

Очевидно, что проведение эксперимента позволяет повысить извлечение из Вуктыльского НГКМ углеводородного сырья, поступающего на переработку, и улучшить режим эксплуатации скважин. Однако, закачка тюменского газа вызывает изменение состава пластовой смеси, что оказывает существенное влияние на последующие процессы ее подготовки и переработки.

Для повышения содержания промежуточных углеводородов в добываемой продукции в период перевода нагнетательных скважин в разряд эксплуатационных необходимо резервировать часть остаточных запасов пластового газа на южном куполе Вуктыльского месторождения путем снижения коэффициентов эксплуатации добывающих скважин. Эта мера позволит в дальнейшем частично компенсировать дефицит промежуточных углеводородов в продукции, поступающей на Сосногорский ГПЗ, за счет временного увеличения отбора газа с этого участка на данном этапе разработки.

С точки зрения качества продуктов переработки, получаемых на Сосногорском ГПЗ (смеси пропан-бутановой технической, а в перспективе и пропана автомобильного) принципиальное значение имеет содержание пропан-бутановых компонентов, их соотношение в составе сырьевых потоков. С целью более рационального использования сырьевой базы до ввода в эксплуатацию установки газоразделения на Сосногорском ГПЗ в работе рекомендуется оптимизировать промышленные методы интенсификации углеводородоотдачи пласта.

Содержание пропан-бутановых компонентов в составе общего потока газа будет снижаться вплоть до 2010 г., что обусловлено проведением закачки тюменского газа на Вуктыльском НГКМ, минимальное молекулярное содержание компонентов $C_{3,4}$ составит ~3,4 %. Затем содержание пропан-бутановых компонентов будет постепенно повышаться и к 2020 г. примет постоянное значение на уровне 3,7 %.

В главе дан анализ существующей системы внутрисмыслового сбора, подготовки углеводородного сырья, принципиальная схема закачки газа и мероприятия по реконструкции промышленных коммуникаций и сооружений.

На Вуктыльском НГКМ окончательная подготовка всего объема газа проводится на головных сооружениях по схеме "дожимная компрессорная станция - холодильная станция - низкотемпературная сепарация".

Тюменский газ, используемый для закачки в пласт, с давлением порядка 7,5 МПа поступает с выхода КС-3 на пункт замера, расположенный на УКПГ-3 и далее по телескопическому коллектору на соответствующие УКПГ. На УКПГ-8 тюменский газ поступает по собственному отводу непосредственно из газопровода СРТО - Ухта - Торжок.

Реализация проекта "Вуктыл-регулятор" потребует также частичной реконструкции УКПГ (по типу УКПГ-1 и УКПГ-8): оборудования системы разводки закачиваемого в пласт газа по скважинам и дополнительных замерных линий для контроля за газоконденсатной характеристикой скважин.

Опыт применения различных методов увеличения нефте и конденсатоотдачи пластов показывает, что успех дела и эффективность процессов в значительной степени зависят от того, насколько выбранный метод и реализованная технология процесса учитывали реальное состояние пластовых флюидов, остаточные запасы нефти и выпавшего в пласте конденсата, а также от правильного понимания процессов, происходящих в залежи и при-скважинных зонах в процессе промысловых испытаний методов. Вследствие этого организация системы комплексного контроля за продукцией скважин и сырьевыми потоками является важнейшей задачей. Постановка задачи осуществлялась совместно с Р.М. Тер-Саркисовым, Н.В. Долгушиным, Е.М. Гурленовым.

При контроле за процессом закачки газа определяются следующие параметры: объемы нагнетаемого и добываемого газов; компонентный состав этих газов; конденсатогазовый фактор продукции добывающих скважин; плотность и молекулярная масса добываемого конденсата; приемистость нагнетательных скважин и продуктивность добывающих скважин; забойные и пластовые температуры и давления.

Получаемые промышленные данные используются для расчета величин компонентных соотношений, доли ранее закачанного газа в добываемой продукции, для расчета добычи жидких углеводородов, включая ретроградную часть добычи, для оценки коэффициента охвата пласта закачанным газом и удельных затрат закачанного газа на тонну добываемых жидких углеводородов (C_{2+} , C_2-C_4 , C_{5+}).

В продукции скважины долю α ранее закачанного газа определяют по динамике содержания в продукции компонентов, которых в закачиваемом газе намного больше (метан) или, напротив, намного меньше (этан, азот и др.), чем в пластовой смеси.

Наилучшие результаты при расчете α получаются при использовании данных по динамике содержания азота, обладающего наибольшей величиной константы межфазного равновесия из всех компонентов пластового и зака-

чиваемого газов. Это соответствует условиям не только Вуктыльского НГКМ, но и практически всех газоконденсатных месторождений вообще.

Система состоит из следующих компонентов: датчиков, аналитической системы, системы сбора данных, рабочих станций.

Расход и состав газов сепарации контролируется с помощью автоматизированной компьютерной технологии учета расхода и состава газовых потоков фирмы АВВ.

Система позволяет контролировать в динамическом режиме состояние всех узлов объекта автоматизации. Полученная информация дистанционно передается на рабочую ПЭВМ, установленную непосредственно на УКПГ, с нее информация поступает на ПЭВМ производственно-диспетчерской службы (ПДС) Вуктыльского ГПУ, на рабочую станцию ПЭВМ филиала ВНИИГАЗа "Севернипигаз".

В четвертой главе выполнена технико-экономическая оценка эксплуатации группы месторождений газоконденсатного типа с учетом обеспечения сырьевой базы газоперерабатывающего завода при реализации на базовом месторождении технологии повышения углеводородоотдачи пласта и управлении потоками межпромыслового транспорта газа.

Технико-экономическая оценка эффективности эксплуатации группы месторождений Вуктыльского геолого-экономического района складывается из результатов оценки разработки каждого месторождения с учетом оптимизации схемы потоков углеводородного сырья и вариантов эксплуатации базового месторождения.

Оптимальный вариант эксплуатации базового Вуктыльского НГКМ в составе группы малых месторождений предусматривает его роль хранилища-регулятора сырьевых потоков газоперерабатывающего производства.

Базой для сравнения является вариант разработки Вуктыльского месторождения в режиме на истощение, в режиме с равномерной схемой закачки и отбора газа и действующая схема потоков межпромыслового транспорта сырья.

В содружестве с Р.М. Тер-Саркисовым, В.А. Николаевым, А.А. Захаровым, В.А. Банновой автором сформирован пакет экономообразующих факторов эффективности разработки месторождения в режиме хранилища-регулятора (рис. 2).

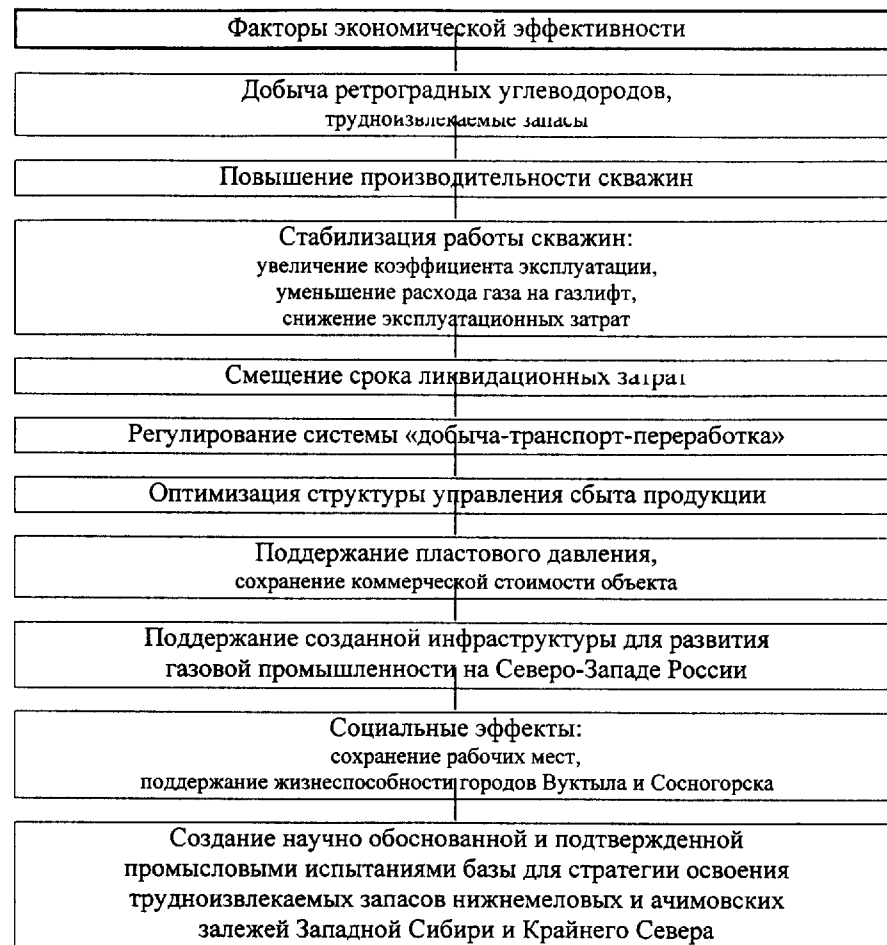


Рис. 2. Факторы экономической эффективности разработки месторождения

Для оценки эффективности эксплуатации группы месторождений используются следующие основные показатели: поток денежной наличности, дисконтированный поток денежной наличности, период окупаемости капитальных вложений, внутренняя норма доходности.

Итоговое сопоставление технологических вариантов доразработки базового месторождения в составе группы месторождений Вуктыльского ГЭР, схемы потоков газа приведены в табл. 2.

Таблица 2

Поток денежной наличности по этапам формирования сырьевой базы
(2001-2025 гг.)

млн руб.

Месторождение	Этап 1 (действующая схема потоков га- за, разработка ба- зового месторож- дения на истоще- ние)	Этап 2 (действующая схема потоков га- за, разработка ба- зового месторож- дения в режиме хранилища- регулятора)	Этап 3 (перспективная схема потоков га- за, комплексная разработка группы месторождений)
Вуктыльское	4093,4	7693,3	7693,3
Западно Соплесское	591,6	591,6	591,6
Югидское	1599,9	1599,9	1874,1
Югид-Соплесское	697,6	697,6	746,3
Печорогородское, Запад- но-Печорогородское	3908,5	3908,5	4025,9
Печоро-Кожвинское	654,0	654,0	759,6
Всего	11545,0	15145,0	15690,8

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. По результатам моделирования эксплуатации базового Вуктыльского нефтегазоконденсатного месторождения (НГКМ) в режиме хранилища-регулятора в составе группы малых месторождений (Печоро-Кожвинского, Югидского, Западно-Соплесского, Печорогородского, Западно-Печорогородского, Югид-Соплесского) осуществлен выбор варианта, обеспечивающего:

- повышение эффективности эксплуатации базового Вуктыльского месторождения на поздней стадии разработки;

регулирование потоков межпромыслового транспорта со сбором в районе головных сооружений Вуктыльского НГКМ для оптимизации состава углеводородного сырья;

- увеличение углеводородоотдачи пласта;
- стабилизацию сырьевой базы Сосногорского ГПЗ на длительный период (25 лет);
- компенсацию сезонной неравномерности газопотребления в регионе;
- сохранение работоспособности инфраструктуры крупного добывающего и перерабатывающего комплекса в течение продолжительного времени;
- решение социально-экономических и экологических проблем региона.

2. Определены критерии выбора зон закачки и отбора газа на базовом Вуктыльском месторождении, позволяющие достигнуть высокого коэффициента охвата пласта воздействием нагнетаемого газа.

3. Изучена динамика изменения эксплуатационных характеристик добывающих скважин при нагнетании сухого газа в пласт. Установлено увеличение их производительности (на 15-30%) и снижение эксплуатационных затрат (на 10%).

4. Выполнен комплекс сравнительных расчетов технологических показателей разработки Вуктыльского НГКМ с учетом реальных коллекторских свойств и сформированы рекомендации по реконструкции промысла. Принятый к реализации вариант предусматривает:

- объем закачки тюменского газа в пласт 2,5 млрд м³/год в течение 10 лет;
- отбор газа 2,7 млрд м³/год;
- фонд скважин: добывающих 103, нагнетательных 56, контрольно-наблюдательных и пьезометрических 21.

5. Реализация технологии повышения углеводородоотдачи на базовом месторождении и поэтапное расширение сырьевой базы газоперерабатывающего завода за счет оптимизации схемы потоков сырья с месторождений-спутников обеспечит дополнительный выпуск продукции на Сосногорском ГПЗ в объеме 2,3 млн т сжиженного газа и 1,7 млн т стабильного конденсата.

6. Обоснованы основные факторы, определяющие экономическую эффективность функционирования технологической системы «добыча-транспорт-переработка» на длительную перспективу.

ОПУБЛИКОВАННЫЕ РАБОТЫ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Основные положения и научные результаты диссертационной работы полностью отражены в шестнадцати опубликованных работах автора:

1. Вдовенко В.Л., Шелемей С.В., Илатовский Ю.В. Деятельность газового комплекса на территории Ненецкого автономного округа и его влияние на экономическое развитие Республики Коми// Заказной докл. ко II Междунар. конф. Город в Заполярье и окружающая среда. Сер. Природная среда, Нарьян-Мар, сент. 1997. – Ухта: Севернипигаз, 20 с.
2. Перспективы добычи газа и жидких углеводородов на территории Тимано-Печорской провинции/ Ю.В. Илатовский, Е.М. Гурленов, А.В. Назаров и др.// Повышение эффективности разработки и эксплуатации газоконденсатных месторождений. Решение проблем в транспорте газа: Тез. докл. науч.-практ. конф., посвящ. 30-летию предпр. Севергазпром, Ухта, 27-29 окт. 1998. Ухта: Севернипигаз, 1998. – С. 8-10.
3. Анализ качества подготовки газа Вуктыльской группы месторождений и газа, транспортируемого по системе магистральных газопроводов предприятия «Севергазпром»/ Н.В. Долгушин, Ю.В. Илатовский, В.Ю. Настюк и др.// Повышение эффективности разработки и эксплуатации газоконденсатных месторождений. Решение проблем в транспорте газа: Тез. докл. науч.-практ. конф., посвящ. 30-летию предпр. Севергазпром, Ухта, 27-29 окт. 1998. – Ухта: Севернипигаз, 1998. С. 107-110.
4. Методическое руководство по расчету добычи углеводородов при разработке газоконденсатных месторождений с нагнетанием газа в пласт/ В.В. Ремизов, В.Г. Подюк, А.И. Грищенко, Р.М. Тер-Саркисов, А.А. Захаров, Е.А. Спиридович, Е.М. Гурленов, Ю.В. Илатовский, М.А. Гильфанов – М.: ВНИИГАЗ, 1998. – 72 с.
5. Состояние и развитие газовой отрасли на европейской части России/ А.А. Захаров, А.Я. Яковлев, В.М. Юдин, Ю.В. Илатовский и др.// Геология и минеральные ресурсы европейского северо-востока России: новые результаты и новые перспективы: М-лы XIII Геол. съезда Республики Коми. Т. 1 – Сыктывкар, 1999. – С. 45-47.
6. Минерально-сырьевой комплекс Республики Коми: проблемы и перспективы развития/ Т.Е. Дмитриева, Л.З. Аминов, В.А. Баннова, В.И. Богацкий, А.П. Боровинских, И.Г. Бурцева, М.С. Бурьян, В.И. Гайдеек, А.А. Гибез, Е.Б. Грунис, Е.М. Гурленов, В.Н. Данилов, Ю.В. Илатовский и др. Сыктывкар: ИСЭЭПС Коми НЦ УрО РАН, Минпромтранс РК, 1999. – 99 с.
7. Перспективы освоения углеводородных ресурсов Тимано-Печорской провинции/ Ю.В. Илатовский, Е.М. Гурленов, А.В. Назаров и др.// Севергазпром: союз науки и производства в области геологии, разработки месторождений и транспорта газа в Тимано-Печорской провинции: Юбил. науч.-техн. сб., посвящ. 30-летию образования предпр. Севергазпром. Ухта: Севернипигаз, 1999. – С. 115-119.
8. Оценка эффективности эксплуатации Вуктыльского месторождения в режиме хранилища-регулятора/ Р.М. Тер-Саркисов, Н.А. Гужов, М.И. Фадеев, В.Г. Подюк, Ю.В. Илатовский// Севергазпром: союз науки и производства в области геологии, разработки месторождений и транспорта газа в Тимано-Печорской провинции: Юбил. науч.-техн. сб., посвящ. 30-летию образования предпр. Севергазпром. – Ухта: Севернипигаз, 1999. – С. 120-128.
9. Методы расчета добычи ретроградных углеводородов при нагнетании в газоконденсатный пласт неравновесного газа/ Р.М. Тер-Саркисов, Н.А. Гужов, М.И. Фадеев, Д.В. Попов, В.Г. Подюк, Ю.В. Илатовский// Севергазпром: союз науки и производства в области геологии, разработки месторождений и транспорта газа в Тимано-Печорской провинции: Юбил. науч.-техн. сб., посвящ. 30-летию образования предпр. Севергазпром. Ухта: Севернипигаз, 1999. – С. 129-138.
10. Проблемы обеспечения качества газа Вуктыльской группы месторождений, поставляемого в магистральный газопровод/ Н.В. Долгушин, Ю.В. Илатовский, В.Ю. Настюк и др.// Севергазпром: союз науки и производства в области геологии, разработки месторождений и транспорта газа в Тимано-Печорской провинции: Юбил. науч.-техн. сб., посвящ. 30-летию образования предпр. Севергазпром. – Ухта: Севернипигаз, 1999. – С. 570-582.
11. Методика контроля за процессом закачки газа в пласт, содержащий ретроградный конденсат/ Р.М. Тер-Саркисов, В.Г. Подюк, Ю.В. Илатовский и др.// Севергазпром: союз науки и производства в области геологии, разработки месторождений и транспорта газа в Тимано-Печорской провинции: Юбил. науч.-техн. сб., посвящ. 30-летию образования предпр. Севергазпром. – Ухта: Севернипигаз, 1999. – С. 152-156.
12. Илатовский Ю.В. Выбор схемы нагнетания при эксплуатации Вуктыльского месторождения в режиме хранилища регулятора// Науч.-техн. сб.

Геология, бурение, разработка и эксплуатация газовых и газоконденсатных месторождений. № 3-4 М.: ИРЦ Газпром, 1999. – С. 26-33.

13. Илатовский Ю.В. Оценка производительности эксплуатационных скважин при моделировании процесса разработки месторождения с применением метода активного воздействия на газоконденсатный пласт// Науч.-техн. сб. Геология, бурение, разработка и эксплуатация газовых и газоконденсатных месторождений. - № 3-4 М.: ИРЦ Газпром, 1999. С. 3-8.
14. Освоение газовых ресурсов Тимано-Печорской провинции: история, проблемы и перспективы./ Ю.В. Илатовский, М.Ю. Острижный, В.Л. Вдовенко и др.// Науч.-техн. сб. в 4-х кн. Геология, разработка, эксплуатация месторождений Тимано-Печорской провинции. Транспорт газа. Проблемы, решения, перспективы. Кн. 2. Геология и бурение. Ухта: филиал ООО «ВНИИГАЗ» «Севернипигаз», 2000. С. 3-8.
15. Проблемы и перспективы добычи углеводородного сырья в Тимано-Печорской провинции./ А.А. Захаров, Ю.В. Илатовский, Е.М. Гурленов и др.// Науч.-техн. сб. в 4-х кн. Геология, разработка, эксплуатация месторождений Тимано-Печорской провинции. Транспорт газа. Проблемы, решения, перспективы. Кн. 1. Разработка и эксплуатация месторождений. Комплексные исследования пластов и скважин. Ухта: филиал ООО «ВНИИГАЗ» – «Севернипигаз», 2000. – С. 40-48.
16. Использование азота для добычи заземленного и свободного низконапорного газа./ Р.М. Тер-Саркисов, Н.А. Гужов, Н.Г. Мулюкин, Ю.В. Илатовский// Науч.-техн. сб. в 4-х кн. Геология, разработка, эксплуатация месторождений Тимано-Печорской провинции. Транспорт газа. Проблемы, решения, перспективы. Кн. 1. Разработка и эксплуатация месторождений. Комплексные исследования пластов и скважин. – Ухта: филиал ООО «ВНИИГАЗ» – «Севернипигаз», 2000. С. 328-331.

Соискатель

Ю.В. Илатовский