

### **Отзыв официального оппонента**

на диссертационную работу Колтырина Артура Николаевича «Разработка вероятностно-статистических моделей для прогнозирования эффективности геолого-технических мероприятий на Батырбайском месторождении», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.4. Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений.

#### **Актуальность тематики диссертационного исследования.**

Объекты, разрабатываемые в последние годы представлены, преимущественно трудноизвлекаемыми запасами. Рациональная их разработка и применение методов интенсификации добычи нефти из указанных нефтяных пластов приводит к увеличению извлечения нефти из недр.

Решение данной задачи при разработке трудноизвлекаемых запасов, как правило связано с разработкой, как новых методов воздействия на призабойную зону пласта (ГТМ), так и с дальнейшим совершенствованием процедуры их прогнозирования на добывающих скважинах. Кроме того эта проблема связана с улучшением технико-экономических показателей эксплуатации не только отдельных добывающих скважин, но и залежи в целом. Проведение ГТМ направлено на оптимизацию режимов работы скважин, снижение фильтрационных сопротивлений призабойной зоны пласта, ограничение водопритоков к забоям добывающих скважин. Комплексный подход к проблеме совершенствования прогнозирования мероприятий с учётом опыта их внедрения и непосредственное проведение ГТМ с высокой успешности всегда носили приоритетный характер. В этой связи известны гидродинамические, вероятностно-статистические и другие модели, применение которых позволяет решать сложную проблему повышения эффективности ГТМ. Однако существующие модели не позволяют убедительно описать процессы, происходящие в ПЗП, что затрудняет прогнозирование высокотехнологичных ГТМ и снижает эффективность их применения в реальных условиях пласта. Поэтому научное направление, связанное с дальнейшим совершенствованием вероятностно-статистических моделей, основанных на использовании фактических геолого-промысловых данных, является актуальным и перспективной задачей интенсификации добычи нефти в т.ч. из низкопроницаемых терригенных и сложнопостроенных карбонатных коллекторов.

## **Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.**

Обоснование соискателем методики прогноза эффективности ГРП включает параметры, характеризующие процесс разработки (коэффициент продуктивности, пластовое давление, накопленные значения добычи нефти и воды), геолого-физические характеристики промыслового объекта (коэффициент проницаемости ближней и удаленной зон пласта, пористость, эффективная толщина), гидродинамические и геофизические показатели (коэффициент пьезопроводности, скин-фактор, гамма каротаж, нейтронно-гамма каротаж) и технологические параметры ГРП, включенные в дизайн процесса (эффективность жидкость разрыва, расход смеси-носителя проппанта, масса и концентрации проппанта, давление в начале ГРП, при его выполнении и в конце мероприятия).

Обоснованность модели прогноза основана на применении критериального подхода к параметрам технологического процесса ГРП и регрессионного анализа по 33 информативным показателям. Предложенный соискателем алгоритм построения вероятностно-статистической модели включает следующие подходы: разработаны индивидуальные вероятностные модели первого уровня (по 26 геологическим и 7 техническим параметрам), позволяющие проводить сопоставление исходных геолого-технологических и технологических данных в безразмерном виде; разработка моделей 2 уровня, позволяющих на основе индивидуальных вероятностных моделей 1 уровня проводить комплексную оценку исходных параметров и находить их наиболее эффективное сочетание вероятностей для прогнозирования эффективности ГТМ с высокой степенью достоверности. Дальнейшие рассуждения соискателя связаны с обоснованием и построением моделей 3 уровня, повышающих достоверность исследования, позволяющих на основе вероятностных моделей предыдущего уровня для отдельных ГТМ выполнить построение единой комплексной прогнозной модели для планирования технологий воздействия на пласт в различных частях залежи Батырбайского месторождения.

### **Научная новизна диссертационного исследования.**

1. Обоснованы корреляционные зависимости между геолого-техническими и технологическими параметрами и эффективностью от ГТМ, установившие в ходе ранжирования наиболее значимые параметры, влияющие на эффективность применения ГРП, РБ, КО в конкретных геолого-физических условиях объекта разработки.
2. Установлены значения комплексных вероятностей для математических моделей, построенных с целью повышения эффективности процесса ГТМ,

использующихся для определения единой комплексной вероятности, позволяющих выделить центральную часть залежи для эффективного применения ГТМ, на которой сосредоточены 69% всего эксплуатационного фонда скважин Батырбайского месторождения. Обоснован выбор скважин-кандидатов для реализации конкретных ГТМ.

3. Обоснована и адаптирована для условий верейских карбонатных и тульских терригенных отложений Батырбайского месторождения математическая модель прогнозирования эффективности ГТМ (ГРП, РБ, КО) с целью минимизации рисков при их реализации, использующая метод проверки гипотез - статистических критериев, основанных на применении распределения Стьюдента, а также метод вероятностного прогнозирования мероприятий, использующих результаты опыта применения ГРП, эффективных воздействий с определенной вероятностью.

4. Установлены корреляционные связи в ходе анализа успешности ГТМ, учитывающие степень влияния геолого-технических и технологических параметров на вероятность достижения прироста дебита не меньше 7 т/сут. Выполнено ранжирование по 26 геологическим и технологическим параметрам ГТМ по степени их влияния на эффективность, позволяющее выделить зоны месторождения, на которых с высокой степенью вероятности будут достигнуты высокие технологические эффекты.

#### **Значимость полученных автором результатов для науки и практики.**

Полученные соискателем результаты характеризуется теоретической и практической значимостью.

Предложенная многоуровневая вероятностно-статистическая модель для прогнозирования эффективности различных ГТМ может быть реализована на терригенных и карбонатных отложениях Батырбайского месторождения с высокой степенью успешности, а также на объектах со схожими геолого-физическими характеристиками и стадией разработки.

Таким образом, соискателем в полной мере реализованы, на примере конкретного объекта разработки, решения задач, поставленных в диссертации, а именно изучены геолого-физические характеристики промыслового объекта; выявлены наиболее значимые параметры, с высокой степенью вероятности, влияющие на эффективность реализуемых ГТМ и в дальнейшем используемые в вероятностно-статистических моделях. Подтверждена, на основе теории сходимости, высокая релевантность, предложенная соискателем, вероятностно-статистических подходов к прогнозированию эффектов от ГТМ по сравнению с аналитическими.

### **Теоретическая значимость.**

Соискателем при разработке вероятностно-статистических моделей оценки эффективности обоснованы входные параметры, максимально влияющие на процесс ГТМ. В результате выполненного обобщения эффективности ГТМ для условий верейского карбонатного (79 операций ГРП) и тульского терригенного (32 операции ГРП) горизонтов Батырбайского газонефтяного месторождения выявлены параметры их информативности с использованием математических инструментов (критериев Стьюдента и  $X^2$ ). Определены 26 значимых параметров, характеризующих индивидуальные особенности скважин-кандидатов и непосредственно залежи. Указанный подход, предложенный для конкретного эксплуатационного объекта, позволяет повысить точность прогноза мероприятия ГТМ (ГРП, РБ, КО) с высокой степенью сходимости между фактическими и прогнозными показателями метода воздействия.

### **Практическая значимость.**

На практике при расчетах прогнозной эффективности ГТМ на осложненных коллекторах используются аналитические методы, в результате применения которых определяется удельный коэффициент продуктивности окружающих скважин (скважин-аналогов). Однако, применяемый метод не учитывает технологические параметры проведения ГТМ (масса проппанта, давление, концентрация проппанта, объем кислоты, протяженность радиальных каналов).

В диссертации обоснована методика для решения указанной практической задачи, обладающая высокими прогнозными характеристиками. Новый подход основан на использовании результатов обобщения опыта внедрения ГТМ и вероятностно-статистического метода (ВСМ). Преимущество авторского метода (ВСМ) заключается в построении многоуровневых вероятностно-статистических моделей, позволяющих прогнозировать эффективность конкретных ГТМ и исследовать влияние геолого-технических и технологических параметров на успешность метода интенсификации добычи нефти.

### **Оценка содержания диссертации, степени ее завершенности и качества оформления**

Содержание диссертационной работы отражено во введении, четырех главах и заключении, списке использованной литературы из 175 наименований. Общий объем работы составляет 165 страниц машинописного текста, иллюстрирован 94 рисунками и содержит 70 таблиц.

Автореферат отражает основное содержание диссертации. Текст диссертации структурирован, изложен грамотно. Цель, поставленная в работе

достигнута, задачи исследования нашли свое решение. Диссертация является завершенной научно-квалификационной работой, а ее содержание соответствует заявленной научной специальности 2.8.4. «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений»

**К работе имеются следующие замечания:**

1. Эффективность технологии ГРП определялась поведением исходных параметров, исходя из распределения значений анализируемых параметров, т.е. анализа степени разброса значений. При анализе пластового давления автором установлено, что данный параметр оказывает влияние на эффективность процесса в районе залежи до прироста добычи нефти, равной 6,5 т/сут. В группе ПДН изменяющихся от 6,6 до 7,5 т/сут, величина параметра «пластовое давление» не является значимым параметром (т.е. на эффективность заметно не влияет). Данный вывод соискателя вызывает сомнение, учитывая, что пластовое давление – наиболее значимый параметр в рассматриваемом процессе. Таким образом полученный вывод следует уточнить, на мой взгляд недостаточно ограничиться регрессионными уравнениями, полученными в ходе анализа.
2. Полученные регрессионные уравнения и обоснование чувствительных параметров следует согласовать с типами коллекторов и их проницаемостью. В анализе эффективности ГРП оценивается значимость следующего параметра - коэффициента проницаемости ( $k_{пр}$ ). В работе отмечено (на стр. 38), что  $k_{пр}$  в диапазоне прироста дебита (6,8-7,4т/сут) для условий тульского горизонта заметного влияния не выявлено. Данный вывод вызывает сомнение, т. к.  $k_{пр}$  – самый влиятельный параметр для анализируемого метода, учитывая, что от значения проницаемости зависит геометрия трещины и её дизайн.
3. На рис. 2.2.9 приведено распределение значений накопленной добычи нефти (информативный параметр). Однако, данный параметр должен учитывать геологические запасы, а это другой параметр – безразмерное время. Соискатель в ходе анализа утверждает, что для условий верейского горизонта, при ПДН от 3,4 до 8,1 т/сут дисперсия анализируемого показателя заметно не меняется. Данный вывод следует уточнить, так как соискателем ранее установлена зависимость эффективности от проницаемости, которая в свою очередь непосредственно связана с величиной накопленной добычи нефти. Взаимосвязь указанных параметров очевидна.

Все замечания к диссертации носят рекомендательный характер и могут быть учтены соискателем на его усмотрение.

## Заключение

Диссертационная работа «Разработка вероятностно-статистических моделей для прогнозирования эффективности геолого-технических мероприятий на Батырбайском месторождении», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.4. Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений, соответствует требованиям раздела 2 «Порядка присуждения ученых степеней в ПНИПУ» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», принятого на заседании Ученого совета ПНИПУ, протокол №3 от 25 ноября 2021 г. и утвержденного ректором ПНИПУ 09.12.2021 г., а ее автор, Колтырин Артур Николаевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.4. Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений.

Официальный оппонент:

Профессор кафедры «Разработка и эксплуатация нефтяных и газонефтяных месторождений»  
ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», доктор технических наук (по специальности 25.00.17 (2.8.4) Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений)

Ленченкова  
Любовь Евгеньевна

*Согласна на включение персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.*

Контактные данные:

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»,  
450064, Республика Башкортостан,  
г.Уфа, ул.Космонавтов 1,  
тел. 89173415461,  
эл.почта: [lenchenkoval@mail.ru](mailto:lenchenkoval@mail.ru)

Подпись Ленченкова

