

УДК 31:33:311.213:622.276:622.276.432

## Особенности динамики прироста добычи нефти при реализации технологий выравнивания профиля приемистости

Features of the Dynamics of oil Production Growth in the Implementation of Technology leveling Profile Pick-up



А.В. Фомкин



А.М. Петраков



Р.Р. Раянов



Е.Н. Байкова



В.В. Галушко



А.К. Подольский



А.В. Близнюк



С.М. Ишкинов

Показана важность сбора, консолидации, систематизации и практического использования статистической информации для корректного составления адресных программ ВПП и прогноза технологического эффекта.

**Ключевые слова:** статистика, база данных, база знаний, информационно-аналитический банк данных, выравнивание профиля приемистости, динамика дополнительной добычи нефти.

The article shows the importance of the collection, consolidation, systematization and practical use of statistical information for the correct preparation of targeted programs of the runway and the forecast of technological effect.

**Key words:** statistics, database, knowledge base, information and analytical data Bank, leveling the profile of acceleration, the dynamics of additional oil production.

А.В. Фомкин  
А.М. Петраков  
Р.Р. Раянов  
R.Rayanov@vniineft.ru  
Е.Н. Байкова  
В.В. Галушко  
А.К. Подольский  
А.В. Близнюк  
/АО «ВНИИнефть»/

С.М. Ишкинов  
/ОАО «СН-МНГ»/

A.V. Fomkin, A.M. Petrakov, R.R. Rayanov,  
E.N. Baikova, V.V. Galushko, A.K. Podolskiy,  
A.V. Blizniuk /VNIINEFT JSC/  
S.M. Ishkinov /SN-MNG JSC/

Термин «статистика» происходит от латинских слов Status, что означает «определенное состояние явления, положение вещей, состояние дел», и Statio, означающего «государство». Он был введен в научный оборот в 1749 г. немецким ученым Готфридом Ахенвалем, опубликовавшим книгу под названием «Статистика», в которой приводилось описание политического устройства государств Европы [1].

Для чего же людям все-таки нужно иметь представление о состоянии дел? Для составления прогнозов и принятия решений.

Другими словами, статистика, являясь наукой прикладной, может быть приложена к любому виду деятельности, явлению, поведению,

тем самым позволяя делать выводы, основанные на сводных количественных и качественных данных.

Основная задача статистики в области методов увеличения нефтеотдачи (МУН) – оценка эффективности выполненных обработок и обеспечение возможности достоверно прогнозировать/корректировать последующие шаги, т.е. способствовать принятию правильных управленческих решений.

Помимо наличия информации крайне важен правильный анализ и дальнейшее практическое использование полученных результатов. Для этой цели необходимо создание и применение системы специальным образом организованных источников информации (баз

данных): программных, технических, языковых, организационно-методических средств, предназначенных для обеспечения централизованного накопления и коллективного многоцелевого использования данных.

### ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ВПП НА ОБЪЕКТАХ ОАО «СЛАВНЕФТЬ-МЕГИОННЕФТЕГАЗ»

Специалисты АО «ВНИИнефть» внедряют новые технологии и реализуют научно-инженерную поддержку в области разработки трудноизвлекаемых запасов на базовом фонде скважин ряда месторождений ОАО «Славнефть-Мегионнефтегаз» с применением научных и технологических решений на основе системного подхода (технологии СВП) [2–6]. Для решения проблем с опережающим обводнением продукции скважин проводятся работы по системному воздействию на пласт, в том числе с применением технологий выравнивания профиля приемистости в нагнетательных скважинах (ВПП).

С 2006 г. в ОАО «Славнефть-Мегионнефтегаз» выполнено более двух тысяч операций по обработке нагнетательных скважин в целях выравнивания профиля приемистости (ВПП).

На участках месторождений, где были выполнены работы по ВПП, удалось увеличить добычу нефти на 5–20 %; снизить темп обводнения на 2–7 %. Дополнительная добыча нефти составила 2,1 млн т, сокращение попутно добываемой воды – 10,9 млн т.

В результате проведения ВПП на месторождениях ОАО «Славнефть-Мегионнефтегаз» наблюдается прирост начальных извлекаемых запасов (НИЗ) от 3 до 10 % по участкам. Это говорит о том, что разрабатываемые объекты имеют потенциал в связи с их высокой неоднородностью по толщине и по площади.

Обработки нагнетательных скважин проводились с использованием широкой линейки технологий с различными критериями и механизмами воздействия, некоторые из этих механизмов схожи между собой.

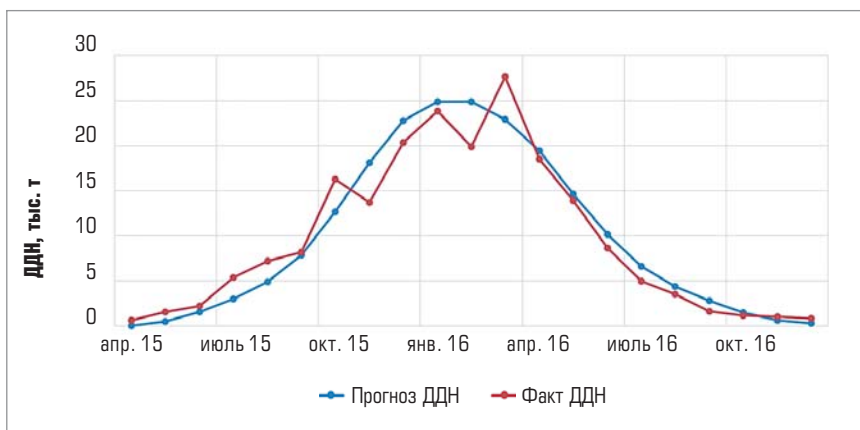


Рис. 1. Динамика прогнозной и фактической ДДН программы ВПП 2016 г.

Всего было использовано 27 различных технологий ВПП нагнетательных скважин, которые разделены на четыре группы по различному механизму воздействия на пласты, отличающиеся химическим составом и принципом формирования тампонирующего состава:

- гелеобразующие составы (ГОС);
- вязкоупругие составы (ВУС);
- полимер-дисперсные системы (ПДС);
- осадкообразующие составы (ООС).

Также стоит отметить, что все залежи Мегионской группы месторождений нефти и газа можно разделить на три группы:

- высокопроницаемые (группа пластов Б с проницаемостью от  $100$  до  $1750 \cdot 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup>);
- среднепроницаемые (группа пластов А с проницаемостью от  $50$  до  $100 \cdot 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup>);
- низкопроницаемые (группа пластов Ю с проницаемостью от  $10$  до  $43 \cdot 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup>).

Основными расчетными параметрами программ ВПП являются дополнительная добыча нефти, сокращение отборов попутно добываемой воды, продолжительность и динамика распределения эффекта, выбор реагента и обоснование оптимального объема его закачки.

На рис. 1 представлена фактическая и прогнозная динамика дополнительной добычи нефти по работам 2016 г. Ежемесячное отклонение фактических и прогнозных

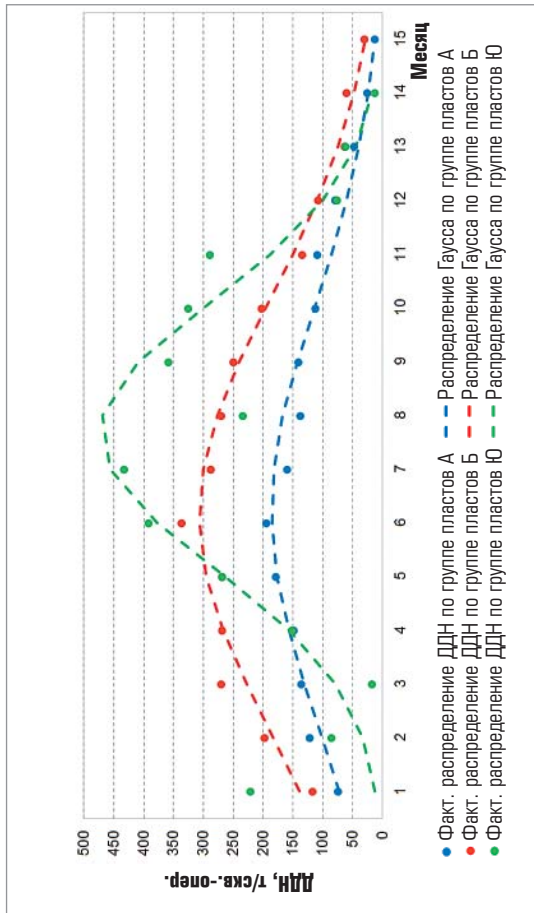
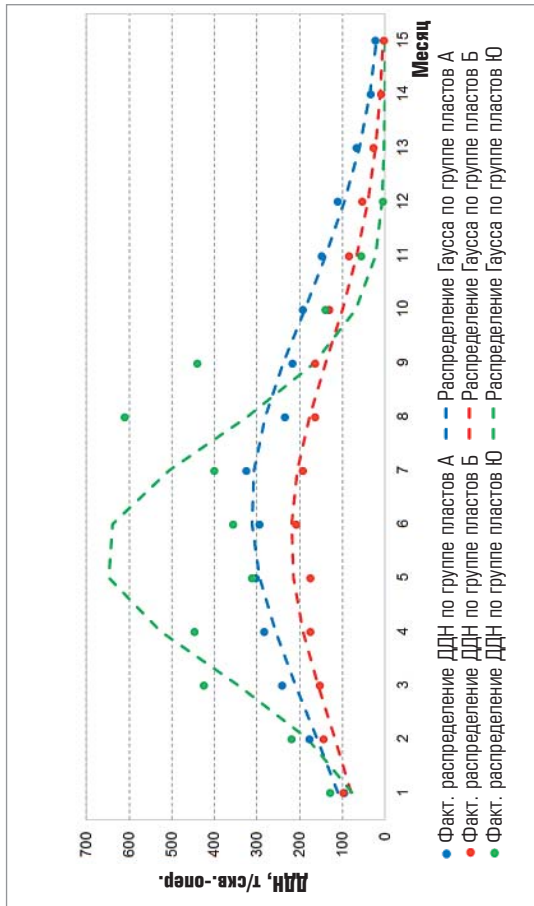
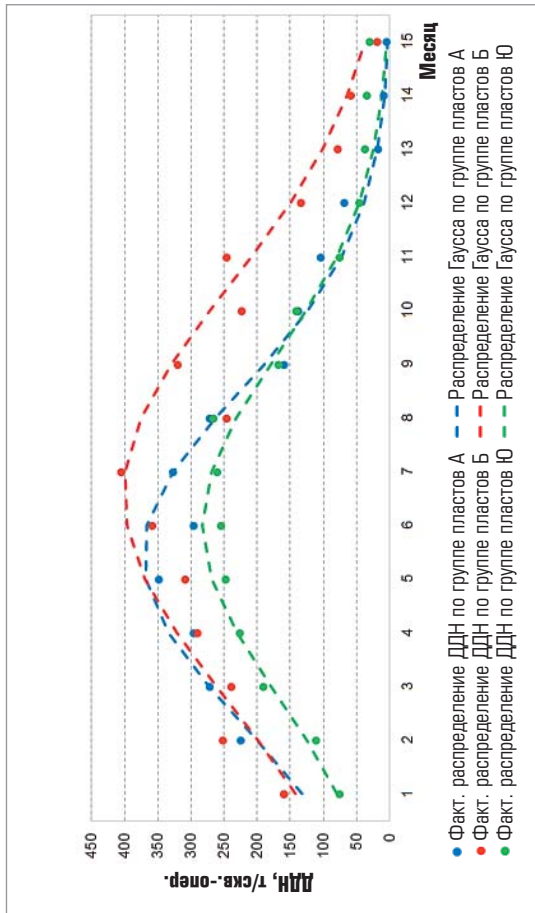
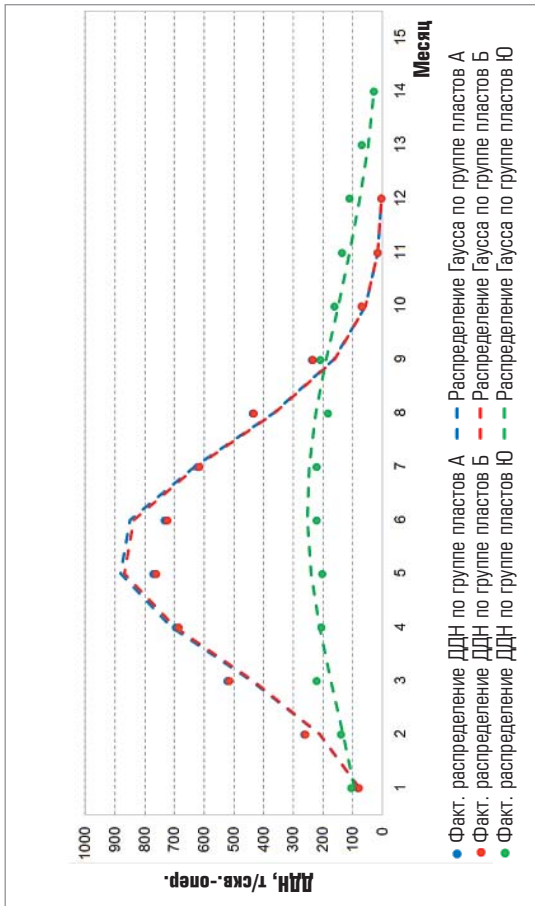
показателей ДДН составляет  $\pm 10\%$ . Итоговое отклонение фактической накопленной ДДН от прогнозной – менее 2 %.

Безусловно, эти положительные результаты получены благодаря системному подходу к процессу формирования программ ВПП, качественному и адресному подбору технологий ВПП, огромному научному и производственному опыту сотрудников АО «ВНИИнефть» и ОАО «Славнефть-Мегионнефтегаз». Однако фундаментом эффективных программ ВПП является фактическая информация о выполненных операциях.

### ПРОГНОЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ ВПП НА ОСНОВЕ ФАКТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Процессы составления и сопровождения адресных программ по ВПП отличаются большой трудоемкостью. Залогом успешной экономической рентабельности данных работ является достоверный и обоснованный расчет прогнозной технологической эффективности программы ВПП, который утверждается в бизнес-плане компании-недрозователя.

Одним из самых важных расчетных параметров при формировании программ по ВПП является прогноз абсолютного значения дополнительной добычи нефти (ДДН) от применения той или иной технологии ВПП в конкретных геолого-физических



**Рис. 2.** Динамика удельной ДДН на 1 скв.-операцию в зависимости от групп пластов и технологий ВПП:  
 а – группа технологий ВУС; б – группа технологий ГОС; в – группа технологий ПАС; г – группа технологий ООС

условиях, а также динамика дополнительной добычи нефти за определенный период.

На основании статистики обработок ВПП по каждому месторождению, группе пластов и технологии определяется процент дополнительной добычи нефти относительно добычи нефти за год по участку. Полученные значения используются для планирования технологической эффективности при формировании адресных программ ВПП в зависимости от прогнозной базовой добычи нефти по участку.

Динамика фактического технологического эффекта (ДДН на участок) для каждой группы пластов и технологий ВПП за период 2014–2017 гг. представлена на **рис. 2**. Для построения данных зависимостей выполнен анализ обработок по ВПП по 432 участкам. Соответственно, каждый участок, где выполнены обработки нагнетательных скважин, был причислен к одной из 3 групп пластов в зависимости от ФЕС коллектора и к одной из 4 групп технологий ВПП. Данные с непредставительной выборкой (менее 3 скважино-операций) исключаются из анализа.

Как видно, в целом в определенные промежутки времени ДДН достигает своего максимума, а затем медленно снижается (затухание эффекта). В отдельных случаях технологическая эффективность обработок по ВПП может продолжаться до 15 месяцев, однако динамика будет иметь аналогичный вид. Это позволяет сделать достаточно точный прогноз эффекта при составлении адресных программ ВПП.

Для построения распределения фактической дополнительной добычи нефти (ДДН) использовано гауссово распределение, которое задается функцией плотности вероятности:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}},$$

где параметр  $\mu$  – математическое ожидание (среднее значение), медиана и мода распределения, а параметр  $\sigma$  – среднеквадратическое отклонение ( $\sigma^2$  – дисперсия) распределения.

Распределение строилось по средним значениям ДДН за каждый месяц. Расчетным путем подбирались наиболее точные коэффициенты математического ожидания (среднее значение) и дисперсии для конкретной технологии и группы пластов, с учетом которых строилась вышеуказанная зависимость (см. рис. 2). Различие

фактических и прогнозных расчетных значений ДДН по группе пластов Ю, технологиям ПДС, ООС объясняется небольшой выборкой – менее 10 участков.

На основании статистической обработки фактических данных показано, что технологическая эффективность обработок нагнетательных скважин соответствует гауссову распределению и в значительной степени определяется особенностями геологического строения пласта, характеристиками коллекторов, текущим состоянием разработки участка залежи и параметрами эксплуатации конкретной скважины, а также составом и реологией закачиваемого состава. Обработка данных о результатах применения различных технологий ВПП и их систематизация позволяют обосновать диапазон геолого-физических характеристик (ГФХ) и показателей разработки участка ВПП, обеспечивающий максимальную возможную технологическую эффективность.

### НАПРАВЛЕНИЕ ДАЛЬНЕЙШЕГО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ РАБОТ ПО ПОВЫШЕНИЮ КАЧЕСТВА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ВПП

За период 2017–2018 гг. специалистами АО «ВНИИ-нефть» разработана и внедрена в производственный процесс прикладная программа автоматизации и алгоритмизации подбора скважин/участков – кандидатов для проведения ГТМ и МУН на основе многофакторного анализа и диагностики ключевых показателей разработки месторождения [7].

Одной из ключевых составляющей этой программы является база данных обработок скважин, в которой по основным параметрам систематизировано достаточное количество информации по эффективности обработок ВПП нагнетательных скважин. Учет факторов, оказывающих влияние на размер и характер эффекта от обработки, позволяет перейти от усредненных показателей по месторождению или пласту к конкретным ГФХ рассматриваемого участка и параметрам планируемой технологии.

Накопленная за продолжительный период сотрудничества ОАО «Славнефть-Мегионнефтегаз» и АО «ВНИИ-нефть» информация позволяет повысить точность и детальность прогноза, а также снизить риски проведения неэффективных ГТМ.

#### Литература

1. Сизова Т.М. Статистика: учеб. пособие. – СПб.: СПб ГУИТМО, 2005. – 80 с.
2. Гумерский Х.Х., Горбунов А.Т., Жданов С.А., Петраков А.М. Повышение нефтеотдачи пластов с применением системной технологии // Нефтяное хозяйство. – 2000. – № 12. – С. 12–15.
3. Жданов С.А., Крянев Д.Ю., Петраков А.М. Системная технология воздействия на пласт // Нефтяное хозяйство. – 2006. – № 5. – С. 84–86.
4. Патент РФ на изобретение № 2513787. Способ разработки нефтяной залежи на основе системно-адресного воздействия.
5. РД 39-0147035-254-88Р. Руководство по применению системной технологии воздействия на нефтяные пласты месторождений Главтюменнефтегаза. – Москва – Тюмень – Нижневартовск, 1988. – 236 с.
6. Жданов С.А., Крянев Д.Ю., Петраков А.М. Системная технология воздействия на пласт // Нефтяное хозяйство. – 2006. – № 5. – С. 84–86.
7. Фомкин А.В., Петраков А.М., Раянов Р.Р., Байкова Е.Н., Подольский А.К. Программное обеспечение технологии системного воздействия на пласт // Нефтяное хозяйство. – 2019. – № 3. – С. 102–106.