

# **ТЕХНОГЕННОЕ ФОРМИРОВАНИЕ ПОДЗЕМНОЙ ГИДРОСФЕРЫ ИНТЕНСИВНО РАЗРАБАТЫВАЕМЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ. ПРОБЛЕМЫ РАЗРАБОТКИ, МОНИТОРИНГА И ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ**

В.А. Лотарев  
ООО «Союз», Нефтеюганск

## **1. Прорывы нагнетаемых вод в эксплуатационные скважины**

Разработка нефтегазовых резервуаров является процессом разрушения природной системы и формирования техногенной системы непосредственно в резервуаре и за его пределами, обладающей иными физическими параметрами, физическими и физико-химическими свойствами. Техногенная система менее устойчива вследствие своей неоднородности, и ее преобразования, длящиеся столетия, отражаются в региональном масштабе в изменении ландшафта, гидрографической сети при смене экосистем и биоценозов. В этом задействована не только наземная, но и подземная инфраструктура экогеотехнического комплекса, целью создания которого изначально является эффективное извлечение углеводородов.

Ухудшение структуры запасов вызывает необходимость применения интенсивных технологий: гидроразрыва пластов, повышенных давлений нагнетания, эксплуатации пластов при забойных давлениях ниже давления насыщения. Эти мероприятия преобразуют подземную гидросферу, разбивая фильтрационное поле на участки повышенной и пониженной проницаемости. В результате неравномерной выработки запасов низкопроницаемые участки не полностью вовлекаются в разработку, а высокопроницаемые – формируют на границах физико-химические барьеры и способствуют преждевременному обводнению. Разработка и добыча трудноизвлекаемых запасов требуют изменения схемы разработки и бурения дополнительных скважин или боковых стволов.

Из негативного опыта интенсивного освоения разрабатываемых месторождений известно, что вибрационные эффекты при бурении способны вызвать автогидроразрыв с формированием трещины от нагнетательной к бурящейся скважине. Кроме того, проводка скважины иногда не достигает цели из-за попадания в обводненную часть пласта. Это вызывает осложнения при заканчивании скважин и в процессе их интенсификации методом ГРП. Основные причины были заложены на стадии внедрения технологий и оптимизации процесса ввода в эксплуатацию по экономическим критериям.

Недостаточная изученность геологического объекта частично компенсируется мониторингом теплового и фильтрационного полей, позволяющим прогнозировать последующее развитие ситуации и уменьшить негативные последствия.

На рис. 1, 2, 3 показано развитие ситуации по скважине при перфорации и после длительной эксплуатации.

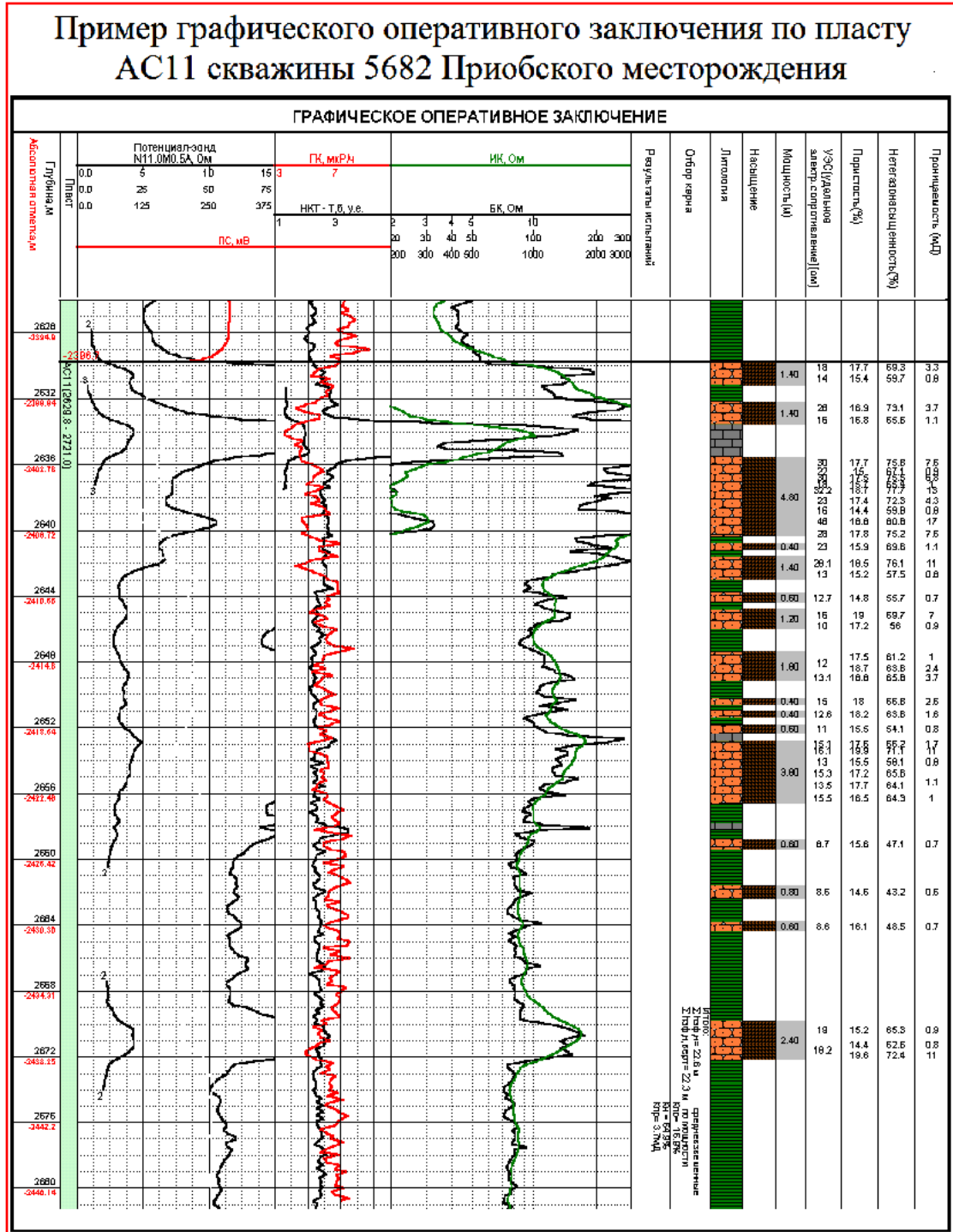


Рис. 1. Характер насыщения продуктивных пластов

Из рис. 1. видно, что пласты – нефтенасыщенны, по термометрии до перфорации отмечено охлаждение пластов, свидетельствующее о близком прохождении нагнетаемых вод (рис. 2). При эксплуатации обводненность продукции составила 95% (рис. 3).

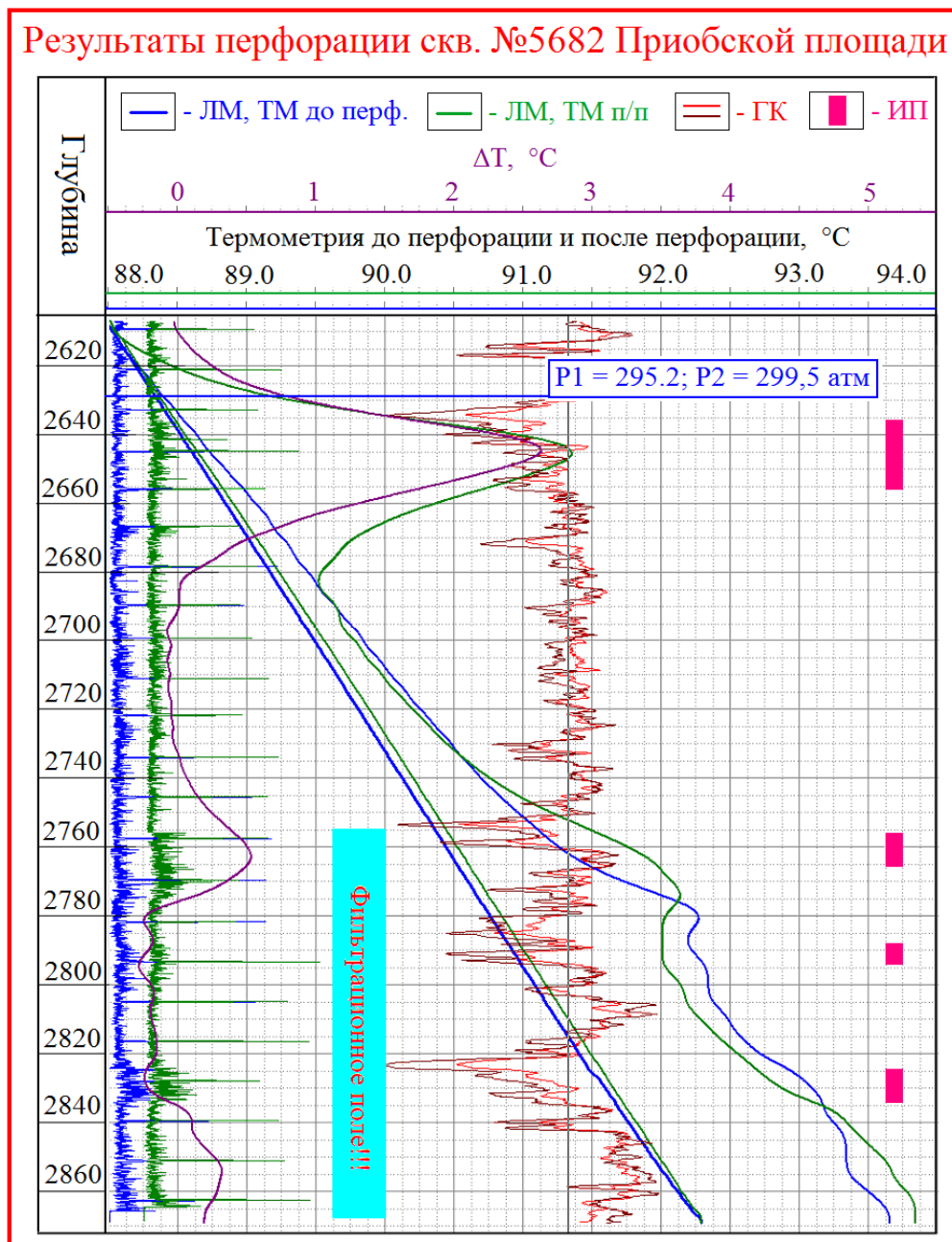


Рис. 2. Результаты перфорации скважины по данным ГИС

Автором был выполнен ретроспективный анализ при интерпретации материалов промысловых исследований по определению источника обводнения. Причина обводнения – прохождение трещины ГРП через фильтрационное поле от нагнетательной скважины. Необходимо отметить, что при бурении боковых стволов и последующем их освоении по

термометрии всегда отражаются предупреждающие негативные моменты разработки (рис. 4). К сожалению, графики пуска скважин в эксплуатацию не позволяют вовремя определиться с последующими действиями, но их варианты существуют.

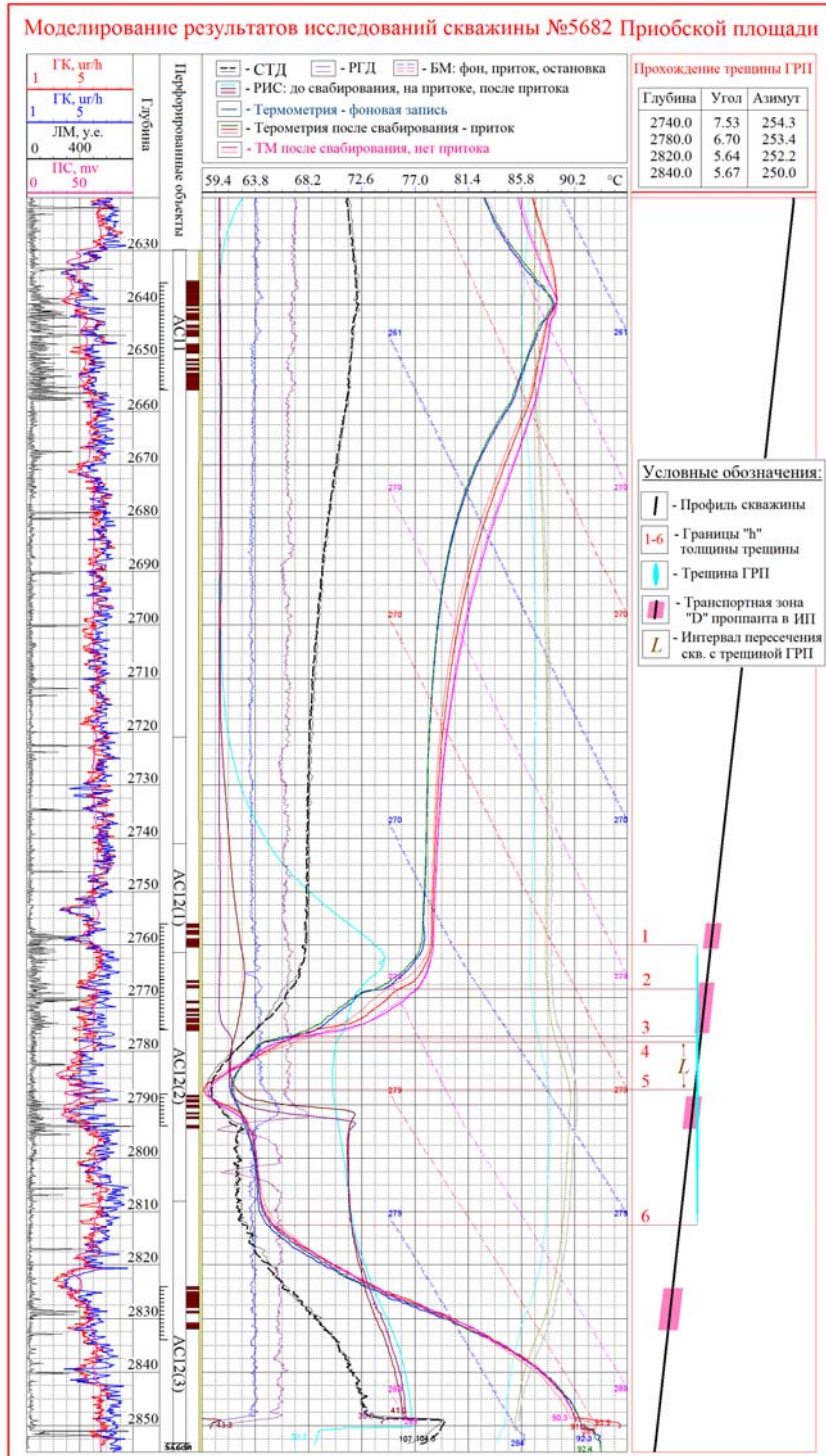


Рис. 3. Результаты исследований по определению источника обводнения

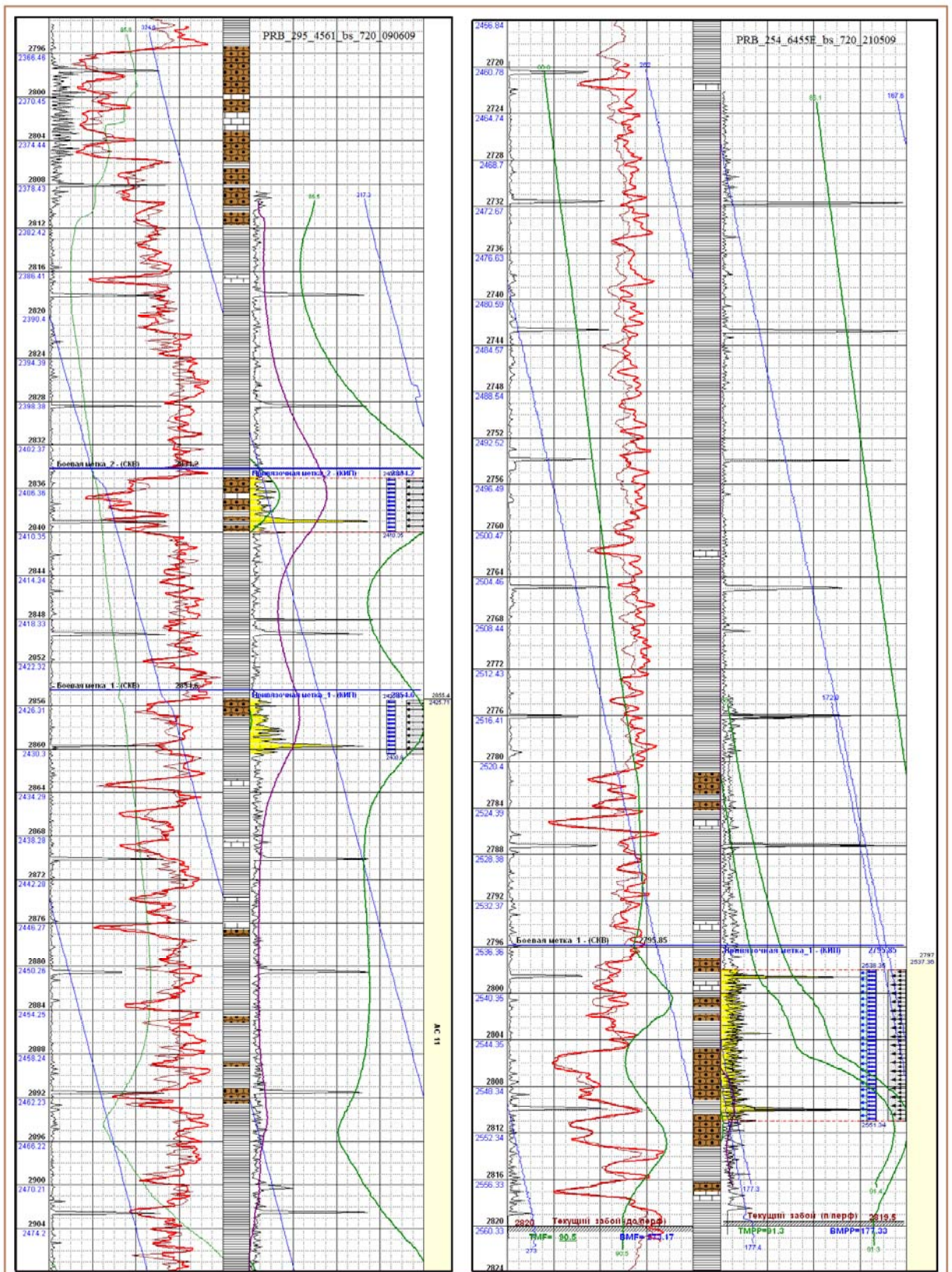
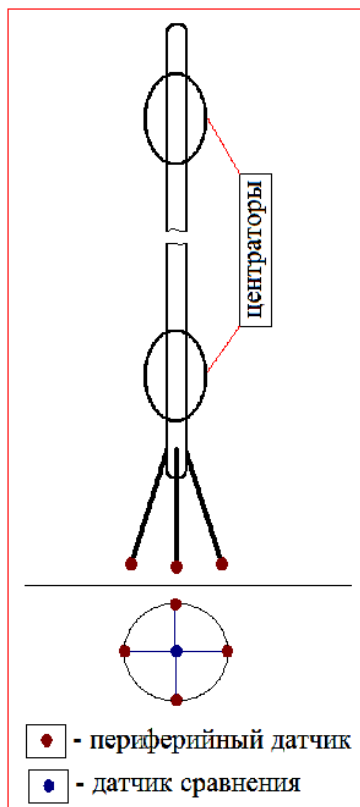


Рис. 4. Изменение теплового поля при фильтрационных процессах в боковых стволах скважин

Таким образом, исследование технологических процессов является важнейшим инструментом приобретения новых знаний, необходимых для инновационной деятельности. В дополнение к возможностям термометрии следует отнести:

- определение параметров развития трещины (рис. 3);
- выполнение анализа по прогнозированию интервалов пересечения трещин ГРП и скважины;
- выполнение анализа по оптимизации вторичного вскрытия пластов под ГРП кумулятивной перфорацией.

Для исследований фильтрационных процессов весьма эффективной может оказаться конструкция из жестко связанных друг с другом приборов – гироскопа и термометров. Термометрия – чувствительный «флюгер» для определения направления фильтрационных потоков. Центральный датчик, расположенный в центре потока, является сравнительным, а периферийные 4–6 датчиков определяют тепловое поле на периферии – стенке колонны (рис. 5). Область применения прибора представляется достаточно обширной:



- определение асимметрии развития трещины ГРП;
- характер распределения фильтрационных потоков в нагнетательном фонде скважин;
- характер распределения фильтрационных потоков в добывающем фонде скважин;
- качество вторичного вскрытия;
- определение азимута прорыва нагнетаемых вод в добывающую скважину;
- поиск «застойных» зон;
- координация азимутов проводки при строительстве боковых стволов и др.;
- эффективность кислотных и других обработок.

Рис. 5. Схематичный вид прибора

## 2. Исследования фильтрационных потоков индикаторными методами

### Методика проведения исследований:

- выбор участков залежи, нагнетательных и контрольных добывающих скважин;
- выбор трассеров (исключение интерференции);
- подготовка водных растворов индикаторов (рН – щелочная);
- закачка водных растворов индикаторов в н/скважины (6 м<sup>3</sup>);
- регулярный отбор проб жидкости из э/скважин;
- анализ проб на присутствие индикаторов;
- камеральные работы;
- составление отчета-заключения, выдача рекомендаций.

Продолжительность исследований: уточняется в ходе работ.

Достоинства: работы проводятся без остановки скважин.

На рис. 6 приводится обзорная схема исследуемых скважин и диаграмма распределения фильтрационных потоков, рассчитанная на основании динамики выноса индикатора по добывающим скважинам [1].

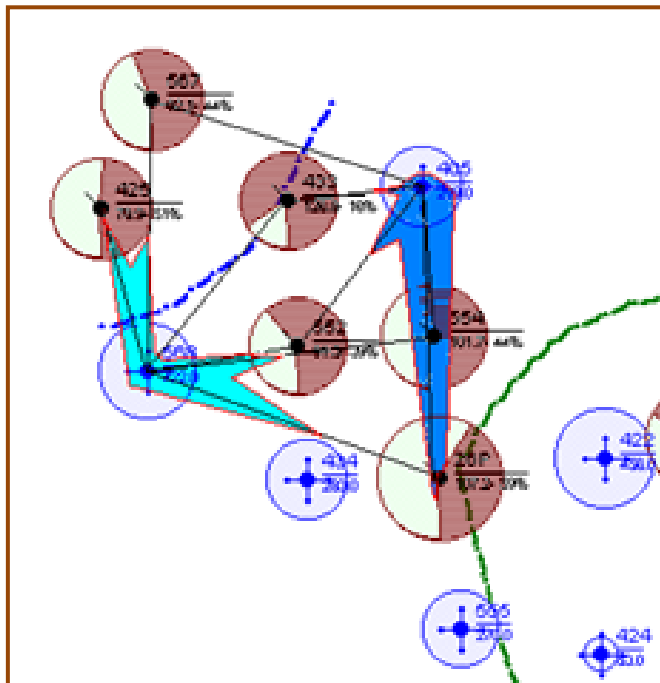


Рис. 6. Схема расположения скважин и фильтрационных полей от нагнетательных скважин

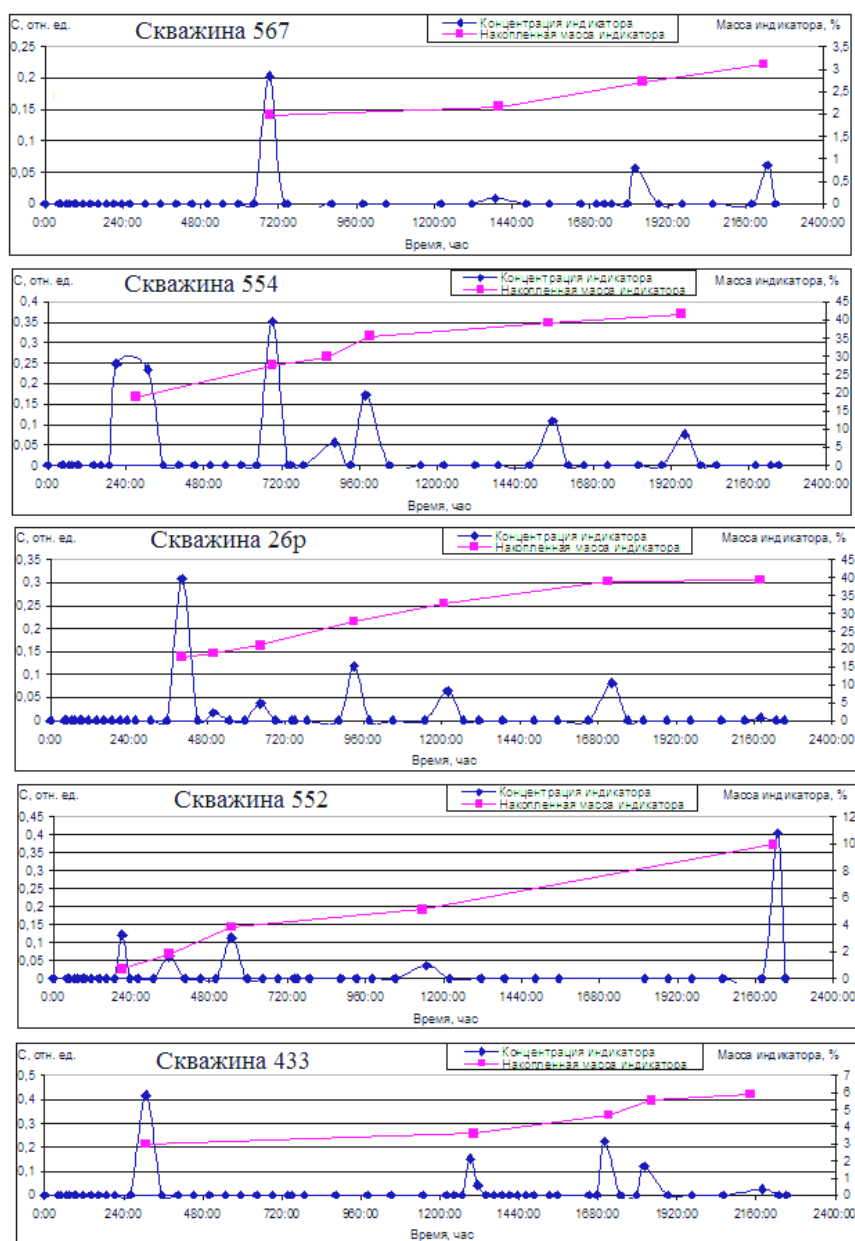


Рис. 7. Сводная динамика выноса индикатора по добывающим скважинам

Вычисляются:

1. Количество «трубок тока».
2. Масса извлеченного индикатора, %.
3. Эффективный объем,  $\text{м}^3$ .
4. Производительность,  $\text{м}^3/\text{сут}$ .
5. Проницаемость  $\text{мкм}^2$ .
6. Гидропроводность,  $\text{мкм}^2 \cdot \text{см}/\text{сП}$ .
7. Средняя скорость фильтрации,  $\text{м}/\text{сут}$ .



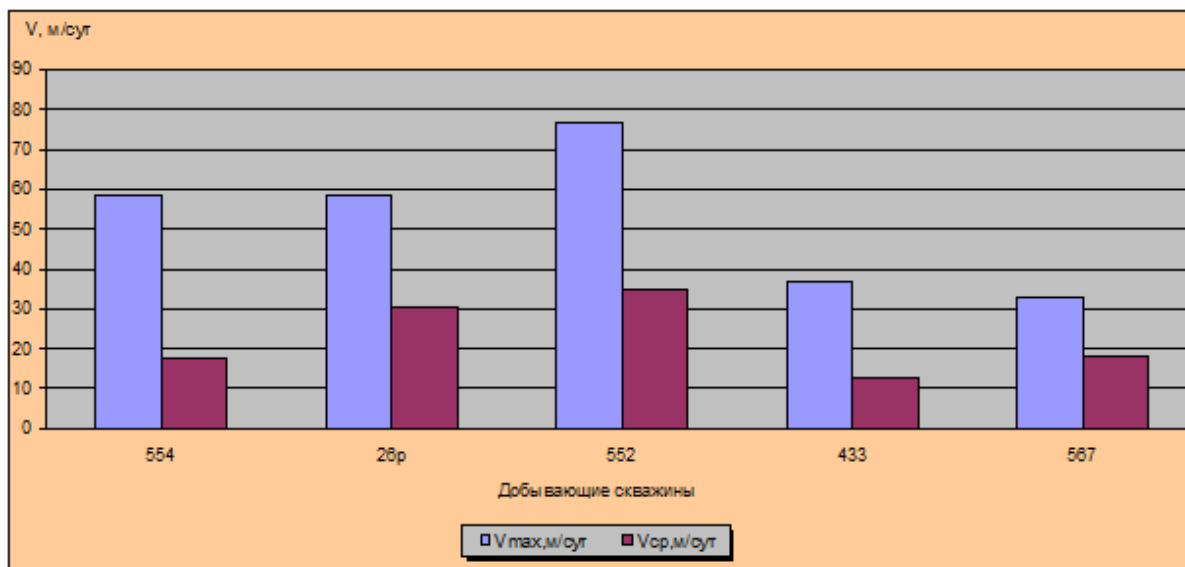


Рис. 8. Сравнение максимальной и средней скоростей фильтрации

Максимальные скорости фильтрации существенно отличаются от средних, причем со временем они возрастают, происходит кинжальный прорыв и обводнение скважин. Механизмы развития данного процесса остаются невыясненными.

#### **Дилатансия и гидролиз известняка как механизмы формирования каналов низкого фильтрационного сопротивления**

Известно, что плотные известковистые песчаники являются непроницаемыми и не являются флюидонасыщенными, что видно на образце керна, представленном на рис. 9.



Рис. 9. Керна; верх – известковистый песчаник, низ – песчаник м/з, нефтенасыщенный

Максимальные притоки были получены на границе нефтенасыщенных песчаников с плотными прослоями или же непосредственно из плотных пород [2].

При исследовании характера насыщения методом ИННК отмечалось расформирование плотных прослоев [3] (рис. 10). Это означает, что при увеличении трещиноватости и фильтрации воды произошел гидролиз известняка [4] с образованием «пльвуна».

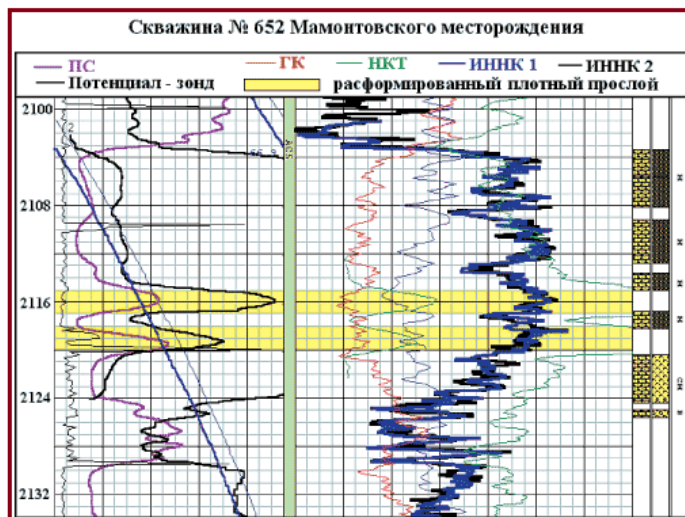


Рис. 10. «Рассасывание» плотного прослоя

Из этого следует, что имеют место процессы трансформации горных пород, а именно:

- дилатансионные процессы на контакте литологических разностей – границах пласта, при первичном и вторичном вскрытии пластов с выделением энергии на границах (рис. 11);
- формирование каналов низкого фильтрационного сопротивления;
- обводнение трещиноватых прослоев с последующим «гидролизом» кальцита;
- разрушение цемента скелета и образование «пльвунов»;
- переход системы в псевдоустойчивое состояние;
- синергетический переход системы через тиксотропное состояние и событие в стационарное (рис. 12).

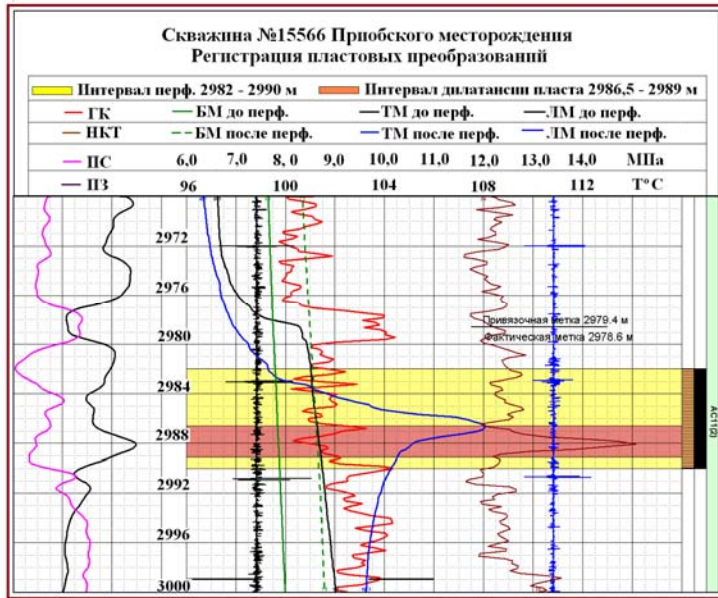


Рис. 11. Энергетический сброс на границе плотного прослоя при кумулятивной перфорации пласта

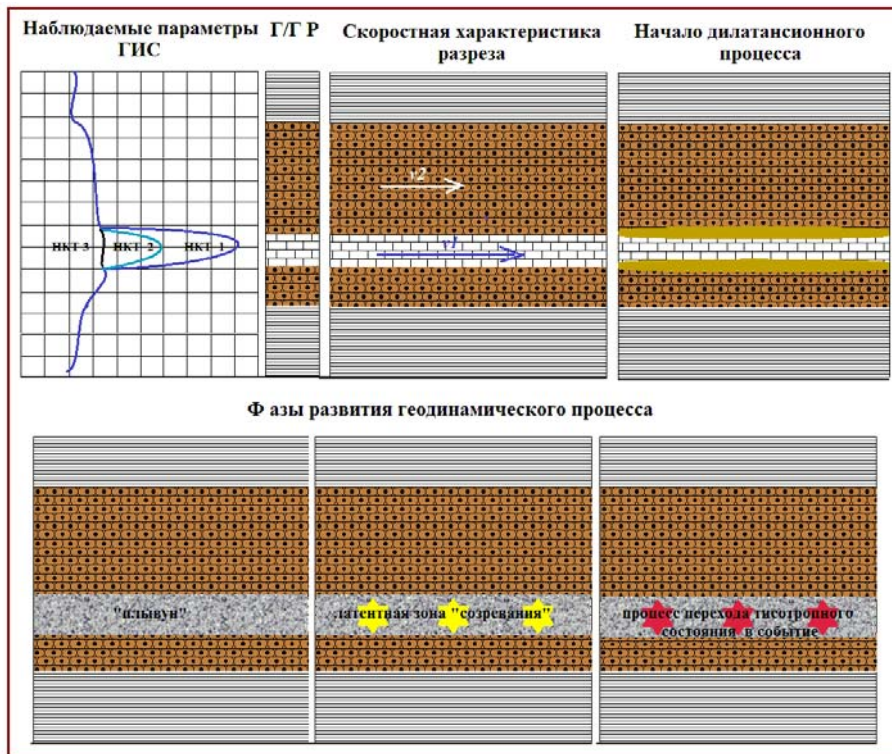


Рис. 12. Плотные прослои и их роль в фильтрационных процессах

## **Разработка нефтегазовых резервуаров и вызванная сейсмичность**

Образование «пльвунов» и синхронизация волновых процессов вызывают локальные эффекты тиксотропного поведения разрабатываемого объекта с проявлением повышенной сейсмичности. Таковы результаты техногенной трансформации подземной литогидросферы.

### **Выводы**

1. Необходимо признать, что при техногенезе в нефтегазовых резервуарах формируется своеобразная дренажная система, влияющая на разработку объектов. Данная система представлена уплотненными известковистыми прослоями и горными породами, способными к дилатансии. И это свойство существенным образом, в зависимости от наших знаний, опыта и применяемых технологий, будет влиять на эффективность разработки.
2. Все проблемы разработки нефтегазовых резервуаров связаны с их отсутствием в модельных представлениях и с учетом латентных свойств и нюансов процессов преобразований ФГДС. К общим проблемам относятся процессы досрочного обводнения, к частным – приведенные выше примеры обводнения скважин с ГРП и боковых стволов скважин.
3. Отсутствие реального мониторинга технологических процессов и ориентация только на промысловые данные не позволяют выполнять аналитические исследования и предлагать более рациональные решения по выбору необходимых ГТМ.
4. Современные возможности позволяют оптимизировать разработку нефтегазовых резервуаров с обеспечением адекватной схемы разработки и создания практической модели расписания технологий для минимизации рисков.
5. Оптимальность применяемых методов и технологий извлечения углеводородов из «решета» ФГДС и управляемость процессов станут возможными при осуществлении действенного мониторинга. Мониторинг должен выполняться в полном объеме комплексов необходимых исследований.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Томилин Д.А.* Отчет «Контроль за процессом заводнения Западно-Малобалыкского месторождения по данным промысловых исследований». М.: ООО «Трассер контроль», 2005.
2. *Лиховол Г.Д.* Из истории метода опробования пластов на кабеле // НТВ «Каротажник». 2009. № 11 (198). С. 205–206.
3. *Лотарев В.А., Зорина М.В., Филатова З.* Дилатансия и аспекты преобразования пластовых систем // Технологии ТЭК, 2007. Август. № 4. С. 6–12.
4. *Муляк В.В.* Геотехнологические основы анализа и контроля разработки нефтяных месторождений по промысловым гидрогеохимическим данным: Автореф. дис.... докт. техн. наук. М.: ИПНГ РАН, 2008. 34 с.