

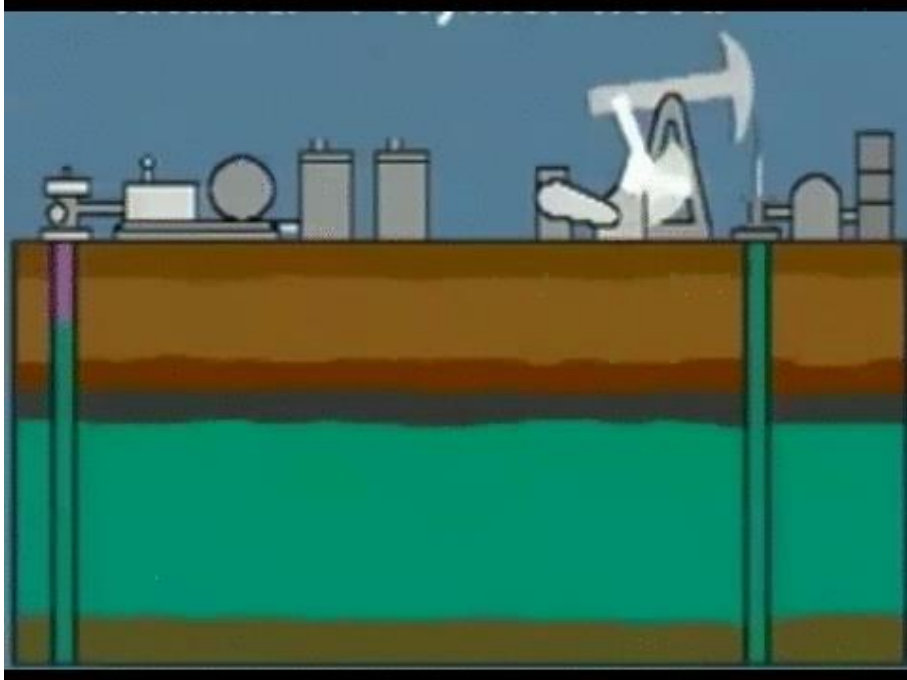
**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ НЕФТЯНОГО
МЕСТОРОЖДЕНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА ФИЛЬТРАЦИИ
ЗАКАЧИВАЕМОЙ ВОДЫ ПО ВЫСОКОПРОНИЦАЕМЫМ ПРОСЛОЯМ**

КУЗНЕЦОВА КСЕНИЯ ИГОРЕВНА

Актуальность

- Практически в каждом нефтяном пласте-коллекторе присутствуют высокопроницаемые прослои (ВП). Некоторые авторы, например С.Н. Закиров, называют такие прослои “суперколлекторы”.
- Одним из методов обнаружения ВП является индикаторный (трассерный) метод, который позволяет достаточно оперативно получить данные о влиянии каждой нагнетательной скважины на окружающие добывающие скважины. Также такие исследования позволяют оценить коэффициент охвата пласта заводнением, оценить величину неэффективного заводнения за счет учета высокопроницаемых прослоев и получить данные о распределении нагнетаемой воды по пласту на конкретном участке месторождения.

Индикаторный (трассерный) метод исследования межскважинного пространства нефтяных залежей

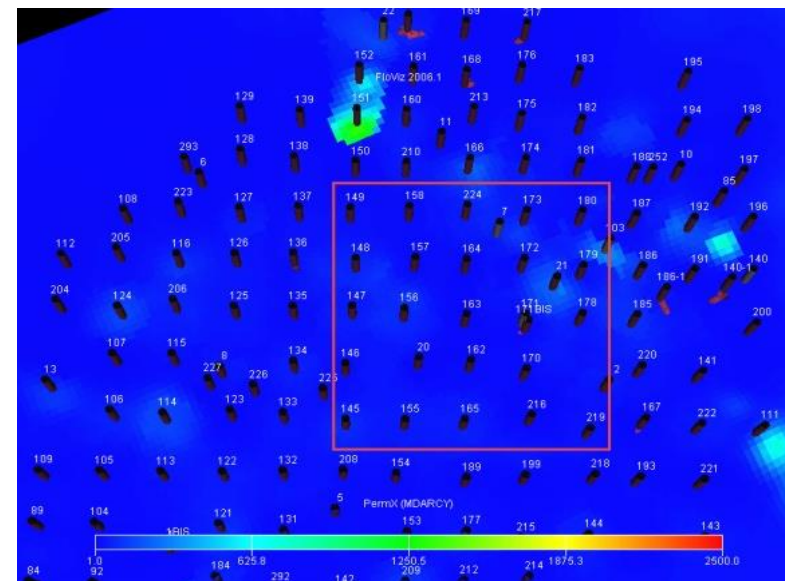
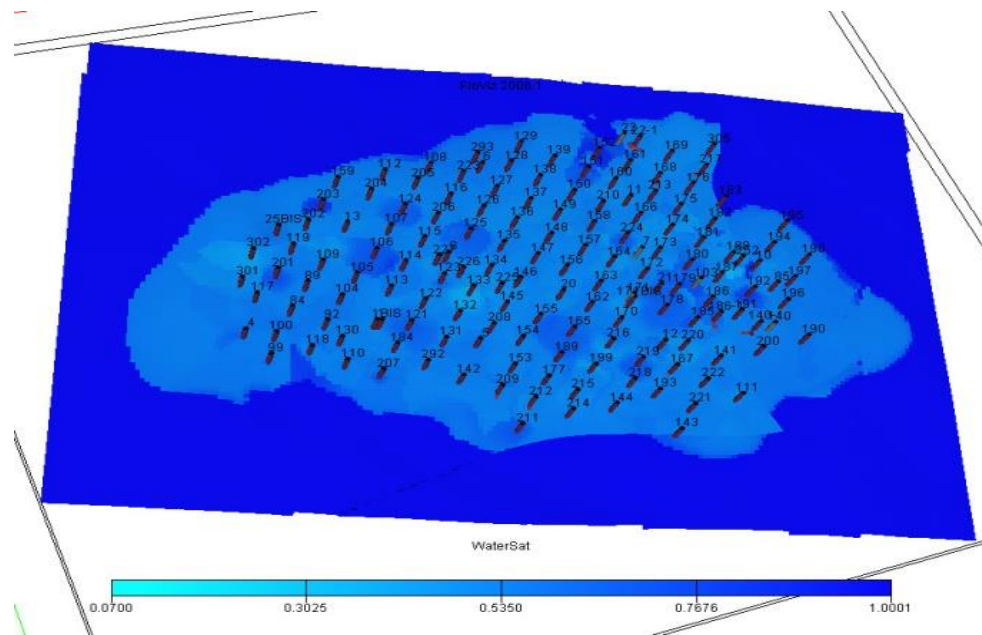


- основан на введении через нагнетательные скважины в изучаемый пласт заданного объёма меченой жидкости необходимой концентрации;
- оттеснении меченой жидкости к эксплуатационным скважинам окружения путем последующей (непосредственно после закачки индикатора) непрерывной подаче воды в нагнетательную скважину;
- отборе проб добываемой жидкости с устьев добывающих скважин для проведения анализа на содержание индикатора в лабораторных условиях;
- построении графика изменения во времени концентрации индикатора в выходящем из пласта потоке воды для каждой реагирующей добывающей скважины.

Постановка задачи

При создании действующей гидродинамической модели месторождения (ГДМ) индикаторные исследования не учитываются. Однако именно эти исследования позволяют оценивать фильтрационные свойства по ВП. Возможность построения модели участка с учетом ВП, по которым вода фильтруется с высокими скоростями, позволит более точно рассчитывать и объем неэффективной закачки воды.

Приведем пример предлагаемого решения задачи.



На первом этапе выбирают участок исследований

Слева действующая ГДМ месторождения.

Справа красными линиями выделен участок, на котором были проведены индикаторные исследования в течение 90 - 120 дней. По результатам индикаторных исследований рассчитывают массу индикатора, пришедшую в каждую добывающую скважину за время исследований.

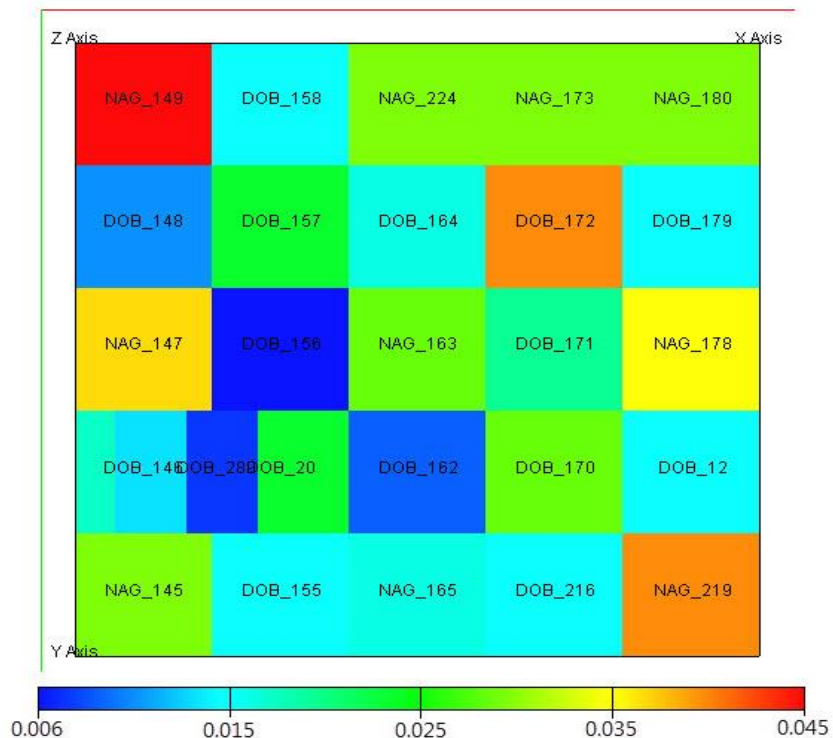
На втором этапе «вырезают» из действующей модели месторождения участок, в который входят все скважины, вовлеченные в индикаторные исследования, а также все окружающие их по периметру ближайшие нагнетательные и добывающие скважины.

Всю площадь модели участка делят на прямоугольные зоны, в центре которых расположены нагнетательная или добывающая скважины и присваивают каждому прямоугольнику значение проницаемости, равное среднему в действующей модели. На симуляторе проводят расчет фильтрации и сравнивают расчетные значения приемистостей и дебитов с фактическими.

Далее меняют значения проницаемостей прямоугольных зон и проводят расчеты, пока фактические и расчетные значений дебитов и приемистостей скважин совпадут в пределах 10%.

Полученное распределение проницаемостей на модели участка в дальнейших расчетах не меняется.

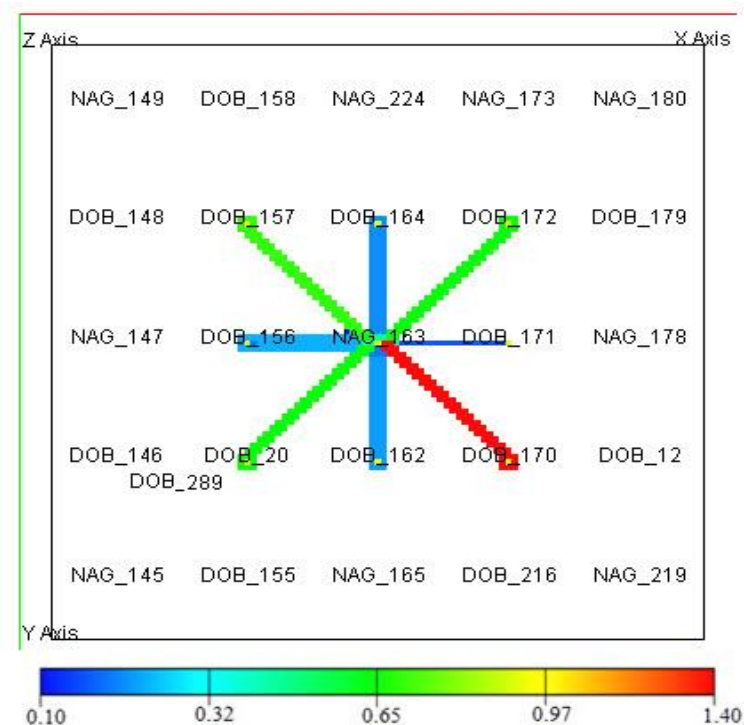
При выбранных значениях весь индикатор должен поступить в добывающие скважины за 120 дней.



Распределение проницаемости основного пласта модели участка

На третьем этапе добавляют в модель участка очень тонкий слой, порядка нескольких сантиметров, в котором строят пути фильтрации, имитирующие высокопроницаемые прослои, в виде набора 1 – 4 ячеек по ширине по прямой между двумя скважинами, обеспечивающие поступление индикатора в количестве равном фактическому. Такие ВП надо рассматривать как используемые для расчетов «эквивалентные» реальным высокопроницаемым прослоем по производительности, а не как уточняющие строение пласта.

В результате реализации трех этапов методики получают модель участка, в которой есть основной пласт, с выделенными геометрически правильными областями вокруг каждой скважины, имеющими свое значение проницаемости и тонкий пласт, в котором построены пути фильтрации, имитирующие высокопроницаемые прослои.



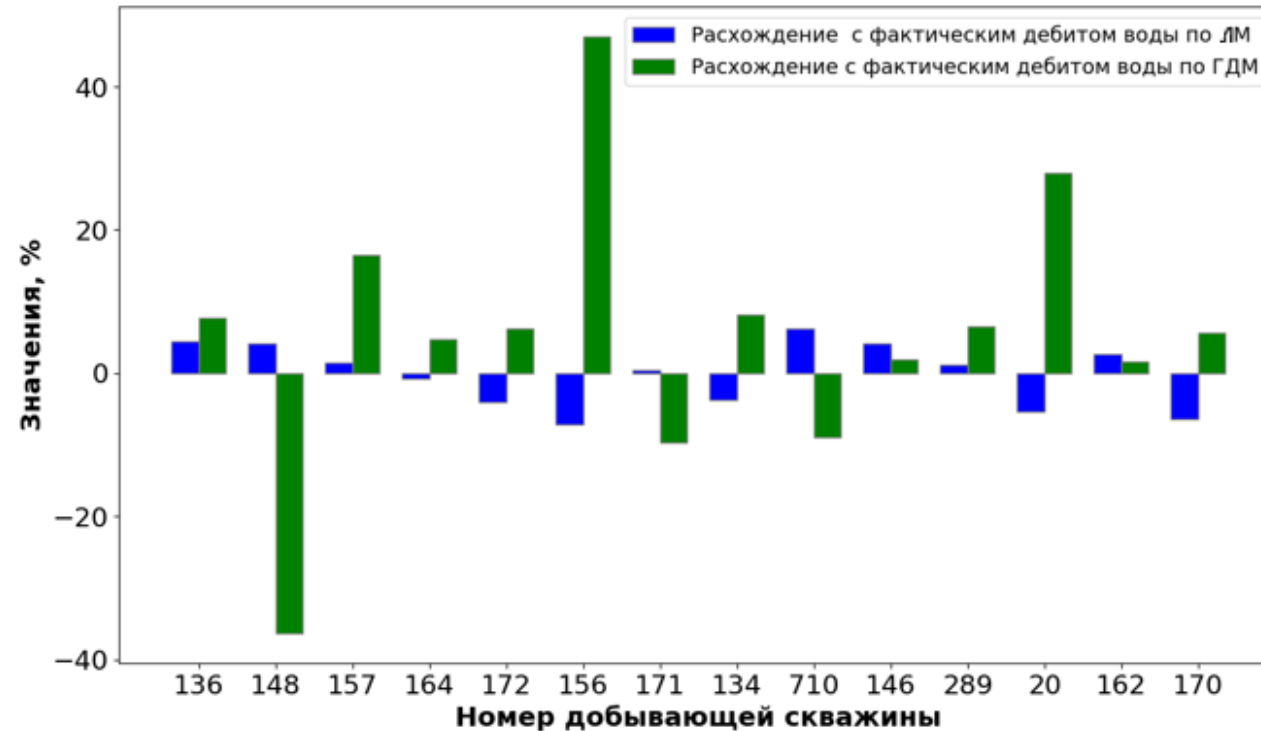
Построенные пути фильтрации,
имитирующие высокопроницаемые прослои

Сравнение результатов расчета фильтрации воды по построенной локальной модели с фактическими дебетами по каждой скважине приведены в таблице.

Фактическая суммарная добыча нефти на участке составила 141 м³/сут, а расчетная 141.7 м³/сут.

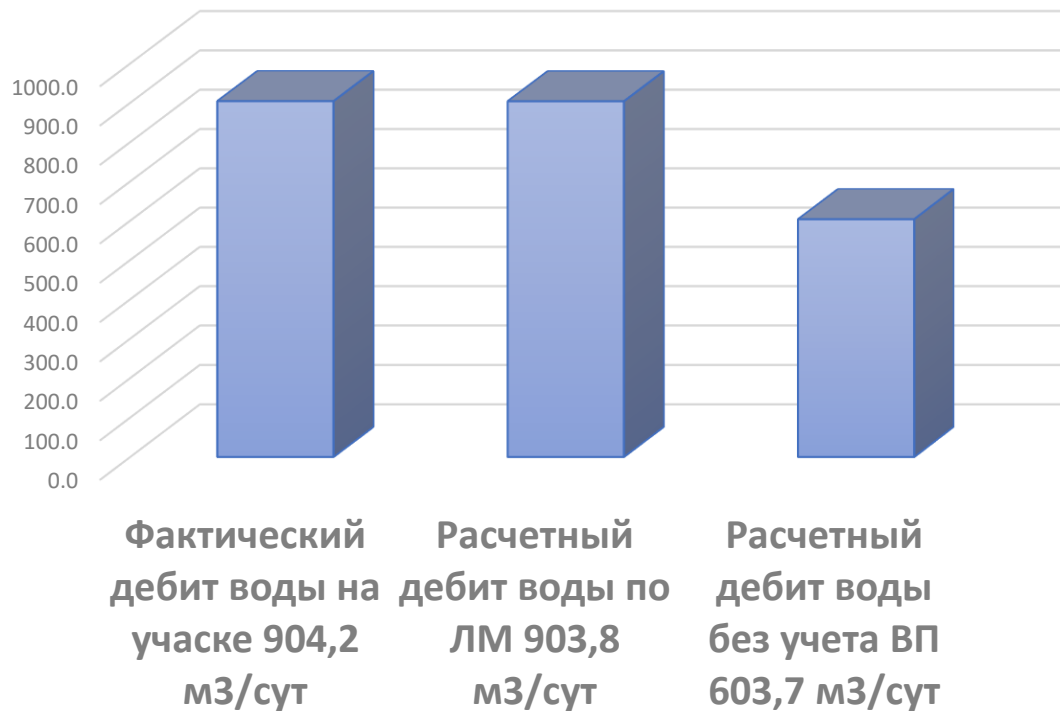
Добывающие скважины	157	164	172	156	171	20	162	170
Фактический дебит воды, м³/сут	83.8	71.1	155.7	20.2	76.6	42.2	19.0	75.5
Расчетный дебит воды, м³/сут	83.2	71.9	151.9	18.6	77.4	44.1	20.4	72.1
Расхождение с фактическим дебитом воды, %	-0.7	1.1	-2.5	-8.0	1.0	4.4	7.3	-4.7

Аналогично была построена локальная объединенная модель (ЛМ) двух соседних участков. Проведено сравнение результатов расчетов по локальной объединенной модели этих двух участков и результатов, полученных по действующей модели месторождения, с фактическими данными на момент проведения индикаторных исследований. Отношение среднеквадратичных отклонений дебитов воды по ЛМ к действующей модели по всем добывающим скважинам отличается в 2,8 раз.



Расхождение с фактическими дебитами воды по каждой скважине по локальной модели составляет 0.8-7.3%, а рассчитанные дебиты воды по действующей модели месторождения расходятся с фактическими в пределах 1.9-47%. Суммарный дебит нефти, рассчитанный по локальной модели, отличается от реального фактического значения на 3 %, а рассчитанный по действующей модели месторождения на 18 %.

Для оценки влияния высокопроницаемых прослоев на неэффективное заводнение были проведены расчеты на локальной гидродинамической модели объединенных двух участков в двух вариантах: модель учитывает выделенные по индикаторным данным высокопроницаемые прослои и в модели отсутствуют высокопроницаемые прослои (имитация их герметизации).

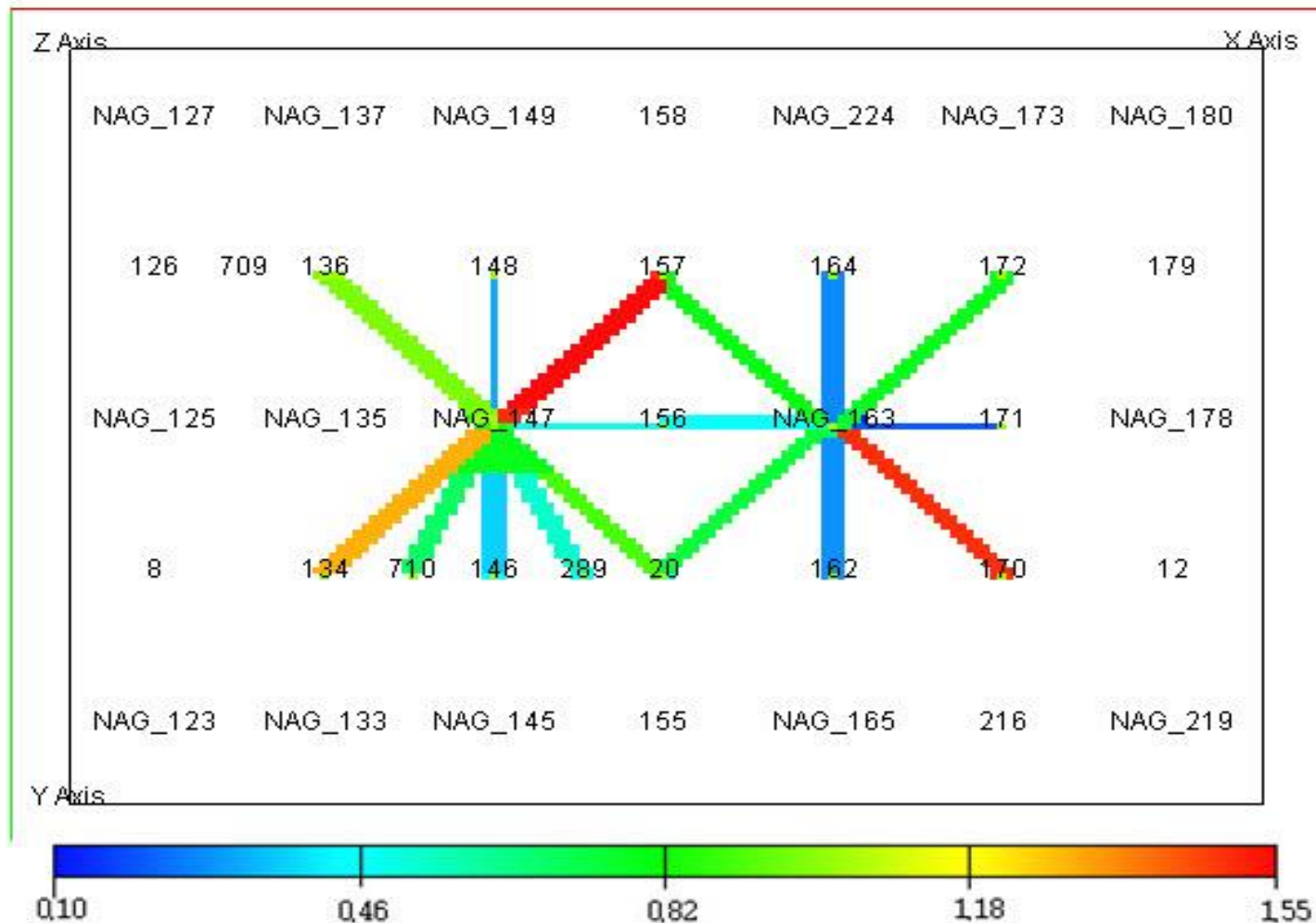


Таким образом, своевременное обнаружение и изоляция высокопроницаемых прослоев могли бы привести к уменьшению закачанной воды на 39.8%, при сохранении той же добычи нефти.

Основные результаты

- Разработана методика построения локальной гидродинамической модели участка нефтяного месторождения для расчета фильтрации закачанной воды по результатам индикаторных исследований;
- Показана возможность использования данной методики для прогноза динамики фильтрации закачанной воды по высокопроницаемым прослоям.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ



- Выделенный слой с «эквивалентными» ВП между нагнетательной и добывающими скважинами. В направлении 157 – 0,75 мкм², 164 – 0,18 мкм², 172 – 0,70 мкм², 156 – 0,23 мкм², 171 – 0,10 мкм², 20 – 0,70 мкм², 162 – 0,20 мкм², 170 – 1,40 мкм². добывающие скважины. В направлении 136 – 0,85 мкм², 148 – 0,15 мкм², 157 – 1,55 мкм², 156 – 0,50 мкм², 134 – 1,2 мкм², 710 – 0,60 мкм², 146 – 0,55 мкм², 20 – 0,60 мкм². Размер участка 3700 × 2625 м.