

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Анатолий Александрович КИСЛИЦЫН¹
Сергей Викторович КУЗНЕЦОВ²
Александр Владимирович ПОДНЕБЕСНЫХ³
Андрей Михайлович ГРАНОВСКИЙ⁴

УДК 546.212

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДИНАМИКИ ОБВОДНЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИН

¹ доктор физико-математических наук, профессор кафедры прикладной и технической физики, Тюменский государственный университет
akislicyn@utmn.ru

² кандидат физико-математических наук, координатор проекта, Газпромнефть НТЦ (г. Тюмень)
kuznetsov72tmn@gmail.com

³ кандидат геолого-минералогических наук, заместитель управляющего директора по науке, Компания СИАМ, Интегра (г. Томск)
apodnebesnykh@integra.ru

⁴ руководитель направления по геологии, Газпромнефть-ГЕО (г. Санкт-Петербург)
granovskiy.am@gazprom-neft.ru

Цитирование: Кислицын А. А. Использование искусственных нейронных сетей для прогнозирования динамики обводнения горизонтальных скважин / А. А. Кислицын, С. В. Кузнецов, А. В. Поднебесных, А. М. Грановский // Вестник Тюменского государственного университета. Физико-математическое моделирование. Нефть, газ, энергетика. 2019. Том 5. № 4 (20). С. 160-180.

DOI: 10.21684/2411-7978-2019-5-4-160-180

Аннотация

Сформулирована задача определения условий интенсивного обводнения горизонтальных скважин, пробуренных в пластах, имеющих сложное геологическое строение. Такими являются пласты покурских отложений Восточно-Мессояхского месторождения, относящиеся к аллювиальным равнинам континента и прибрежно-морской обстановке осадконакопления. Основной особенностью их геологического строения является высокая латеральная неоднородность, связанная с миграцией русловых комплексов в процессе накопления осадочного материала. С привлечением метода нейронных сетей разработан алгоритм, позволяющий объяснить различную динамику характеристик вытеснения для скважин с идентичными геолого-технологическими показателями для пластов покурской формации континентального генезиса. Исследована динамика и причины обводнения 125 скважин Восточно-Мессояхского месторождения. Показано, что для описания сложнопостроенных объектов континентальных отложений методы геостатистики неприменимы; основной объем информации о межскважинном пространстве дают результаты интерпретации сейсмических данных. Предложен алгоритм полного регрессионного анализа при адаптации гидродинамической модели, включающего в себя методику построения куба песчаности на основе нейросетевого моделирования. Определены основные факторы, влияющие на динамику обводнения: расстояние от ствола скважины до водонефтяного контакта и наличие непроницаемых или полупроницаемых пропластков между стволом Скважины и водонефтяным контактом. С помощью генетического алгоритма нейронных сетей (*genetic inversion*) выполнены тестовые расчеты на скважинах одного из кустов с длительной эксплуатацией. Показано, что предлагаемые подходы при построении распределения коллектора в межскважинном пространстве позволяют добиться лучшей интегральной сходимости динамики обводнения на первых итерациях полномасштабной гидродинамической модели.

Ключевые слова

Нейронные сети, континентальные отложения, обводненность, конусообразование, характеристики вытеснения, акустический импеданс, сейсмическая инверсия, генетическая инверсия.

DOI: 10.21684/2411-7978-2019-5-4-160-180

Введение

Искусственные нейронные сети (ИНС) — это математические модели, алгоритмы и программные комплексы, построенные и работающие по образцу биологических нейронных сетей — сетей нервных клеток живого организма [2]. В настоящее время ИНС считаются одним из наиболее эффективных инструментов для решения многопараметрических задач, в которых требуется выявить сложные зависимости между входными данными и результатами анализа [1]. Наиболее известные примеры успешного применения ИНС: информационные роботы в консультационных центрах, распознавание изображений, поиск отдель-

ного человека в большом скоплении людей, обработка анкет и т. п. [6]. Появляются также публикации о применении ИНС для решения задач разработки нефтяных месторождений [9]. Преимуществом ИНС перед традиционными алгоритмами является возможность получить правильный результат даже в тех случаях, когда входные параметры являются «зашумленными» и частично искаженными.

Целью данной статьи является разработка и доведение до практического применения метода прогнозирования динамики обводнения проектных и фактических горизонтальных скважин для условий континентальных отложений покурской свиты с помощью ИНС.

Постановка задачи

Рассмотрим пример использования ИНС для решения актуальной задачи определения условий интенсивного обводнения горизонтальных скважин. Разработка нефтяных оторочек с подстилающей водой сопровождается активным процессом подтягивания конуса подошвенной воды к стволу работающей горизонтальной скважины. Характерной особенностью формирования конусов воды в условиях континентальных отложений является индивидуальность обводненности от процента отбора от начальных извлекаемых запасов (НИЗ) для каждой горизонтальной скважины. Как показала практика, скважины, пробуренные в среде с близкими фильтрационно-емкостными свойствами (ФЕС) и на одинаковом расстоянии от водонефтяного контакта (ВНК) могут обводняться с разной интенсивностью. Одна группа скважин обводняется в первые недели эксплуатации, другая работает в безводном режиме на протяжении целого года, при этом имея схожие коэффициенты продуктивности по нефти.

Прогноз динамики обводнения проектных и фактических скважин существенным образом влияет на загруженность поверхностной инфраструктуры и тем самым может вызвать снижение добычи нефти ввиду превышения пропускной способности нефтесборных коллекторов. В настоящее время прогнозирование динамики обводнения осуществляется с привлечением характеристик вытеснения и графиков обводненности в зависимости от времени («графиков Чена» [10]). Однако существует достаточно весомое ограничение по применимости данных методик, а именно: необходимо иметь представительную динамику обводнения скважины на момент прогноза. Иными словами, устойчивый прогноз обводнения возможно выполнить только в том случае, если обводненность более 50-60%.

Альтернативным методом прогноза является использование гидродинамических моделей (ГДМ). В модели задается геометрия скважины, распределение ФЕС в объеме продуктивного пласта и т. д. По результатам моделирования определяется базовая модель вытеснения (динамика обводнения проектного фонда скважин). В случае континентальных отложений особую важность приобретает методика прогнозирования обводнения коллектора в межскважинном пространстве. Именно от точности данной методики существенным образом будет зависеть прогноз объема добываемой воды и, как следствие, планируемая мощность наземного обустройства.

Выбор и описание геологической модели

В классическом представлении седиментологии выделяются три основных среды осадконакопления: континентальная, морская и прибрежно-морская (так называемая переходная). Каждая среда характеризуется своими особенностями формирования и включает в себя несколько обстановок (т. е. комплекс условий) отложения осадочных пород [5]. Так, например, для континентальной среды характерны аллювиальные, эоловые, ледниковые, озерные, болотные и другие подобные обстановки осадконакопления. Такие физико-географические условия отложения осадочных пород называются фациями. Фациями называют также пласты или свиты пластов осадочных пород, характеризующиеся определенным составом и одними и теми же органическими остатками. Внутри обстановок осадконакопления принято выделять несколько фациальных комплексов (ассоциации фаций) в зависимости от единых условий седиментации.

В данной работе рассмотрены пласты покурских отложений (ПК₁₋₃) Восточно-Мессояхского месторождения, относящиеся к аллювиальным равнинам континента и прибрежно-морской обстановке осадконакопления. Основной особенностью концептуального геологического строения ПК₁₋₃ является высокая латеральная неоднородность, связанная с миграцией русловых комплексов в процессе накопления обломочного материала. В результате этого появляются области с высокими ФЕС и связанными объемами (русловая фация) и области с низкими ФЕС, высокой расчлененностью и низкой латеральной связанностью (пойменная фация). В седиментологии отложения такого типа принято называть отложениями меандрирующих рек [5]. Меандрирующие реки текут по одному руслу, но имеют сильную извилистость и хорошо развитую пойму. При описании такого типа отложений принято выделять пояс меандрирования, который представляет собой сложную систему активных и отмерших русел и разделяющих их пойменных участков. Концептуальное геологическое строение пласта ПК₁₋₃ приведено на рис. 1, а более подробное описание — в статье [7].

Очевидно, что при таком сложном геологическом строении особую важность при проектировании бурения скважин имеет прогноз распространения русловых комплексов по разрезу и латерали. При различном пространственном распространении русловых комплексов возможно получение различных стартовых и накопленных показателей по проектным скважинам как в сторону снижения, так и в сторону увеличения. С точки зрения максимизации добычи нефти и минимизации рисков по неподтверждению продуктивности бурения необходимо привлечение дополнительных исходных данных при построении геологической модели (ГМ).

При стандартных подходах к построению ГМ широко применяется метод геостатистики. В его основе лежит вариограммный анализ фактических данных [3, 4]. Однако методы вариограммного анализа не позволяют отразить геометрическую форму геологических объектов и определить их связанность или прерывистость. Можно утверждать, что зона применимости методов геостатистики ограничена определением статистической модели пласта. Основным условием

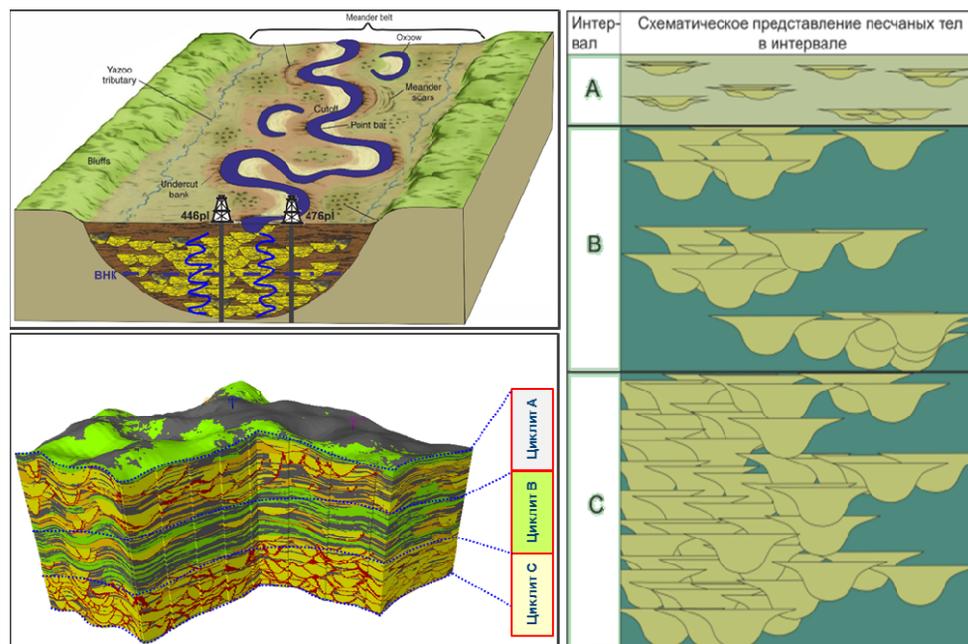


Рис. 1. Концептуальное геологическое строение пласта ПК_{1,3}

Fig. 1. Conceptual geological structure of reservoir PK_{1,3}

применимости подходов геостатистики является статистически однородная моделируемая среда. Иными словами, должно выполняться следующее условие: существует определенная по объему выборка из всего массива данных, которая способна полностью статистически описать исходный массив. При этом размер и представительность выборки данных не зависит от ее положения в пространстве.

Из всего вышеописанного следует, что методы геостатистики совершенно неприменимы для описания сложнопостроенных объектов континентальных отложений. Наиболее верным способом прогнозирования распространения различного рода фаций в пространстве является использование 3D-трендов. Основной объем информации о межскважинном пространстве принято получать по результатам интерпретации сейсмических данных. При этом качество интерпретации сейсмических данных, а как следствие, и качество прогноза коллекторских свойств пласта напрямую зависит от разрешающей способности сеймики.

Описание объекта исследования

На момент анализа и проведения работ по определению причин разноскоростного обводнения в эксплуатации находится 125 скважин. Текущие значения обводненности находятся в диапазоне от 0 до 90%. Средняя обводненность действующего фонда скважин — 36%. Обводнившийся фонд скважин расположен по площади хаотично и не группируется по площади в зависимости от значения обводненности (рис. 2). В классическом представлении динамика обводнения скважины должна зависеть от: а) расстояния скважины от ВНК,

б) текущего значения накопленных отборов. Здесь же стоит отметить, что в первом приближении режим эксплуатации скважин на характеристики вытеснения не влияет.

По результатам стандартного анализа данных (рис. 3) было выявлено:

- 1) ввиду отсутствия в указанный период системы поддержания пластового давления (ППД) источником обводнения является подтягивание конуса воды;
- 2) различие в динамике обводнения не объясняется абсолютными отметками проводки ствола и режимом эксплуатации скважин;
- 3) по логике, интенсивность обводнения должна зависеть от:
 - а) качества связанности всего ствола скважины с ВНК,
 - б) активности подстилающего горизонта (аквифер).

Описание методики исследования

Для обоснования физически объяснимой модели концепции качества связи ствола скважины с ВНК был просчитан набор синтетических мелкоразмерных моделей с фактическими траекториями всех скважин и фактическим ВНК. В моделях заданы средние ФЕС (коэффициент пористости — K_p , коэффициент проницаемости — $K_{пр}$) ствола каждой скважины и фактический режим работы.

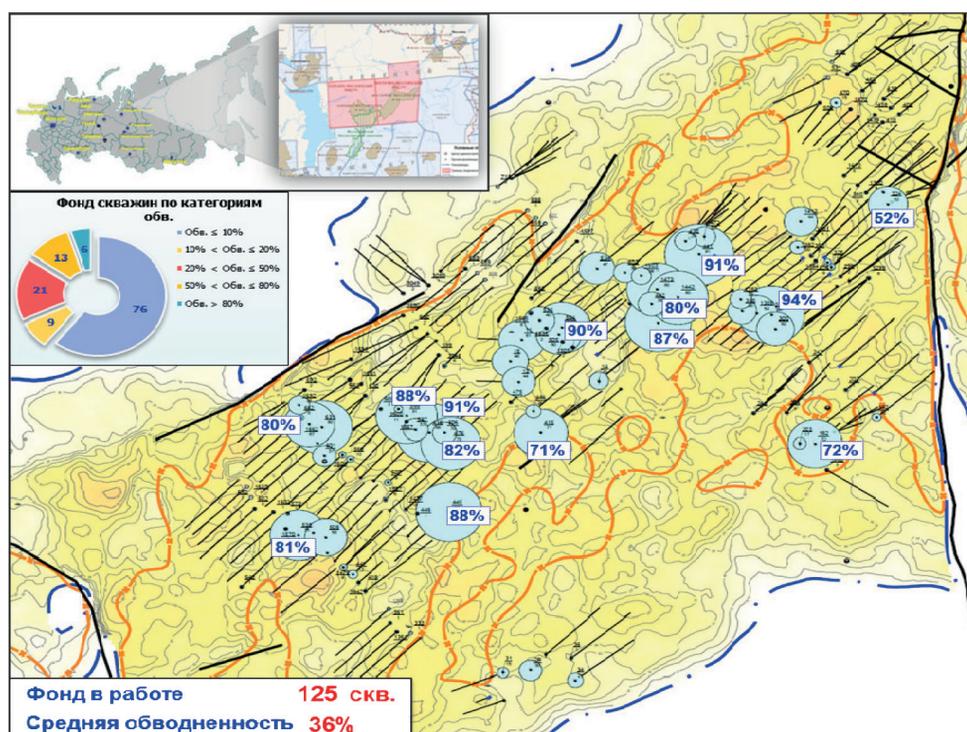


Рис. 2. Карта текущей обводненности пласта ПК₁₋₃

Fig. 2. Current watercut map of reservoir PK₁₋₃

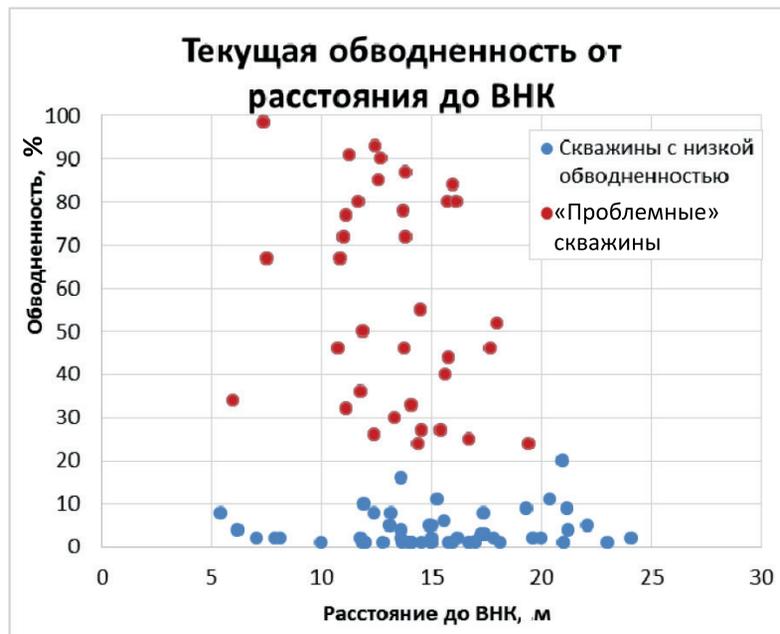
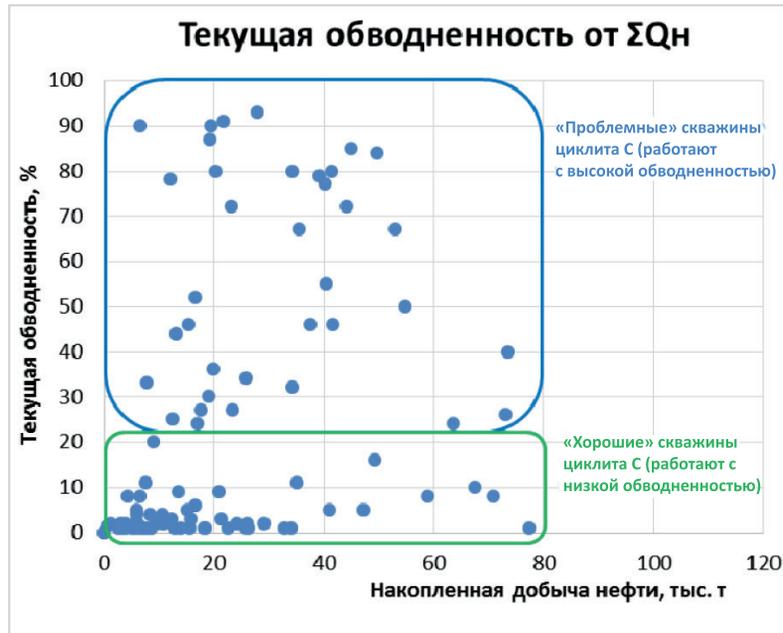


Рис. 3. Результаты анализа динамики обводнения пласта ПК₁₋₃

Fig. 3. Results of the analysis water cut dynamics of reservoir PK₁₋₃

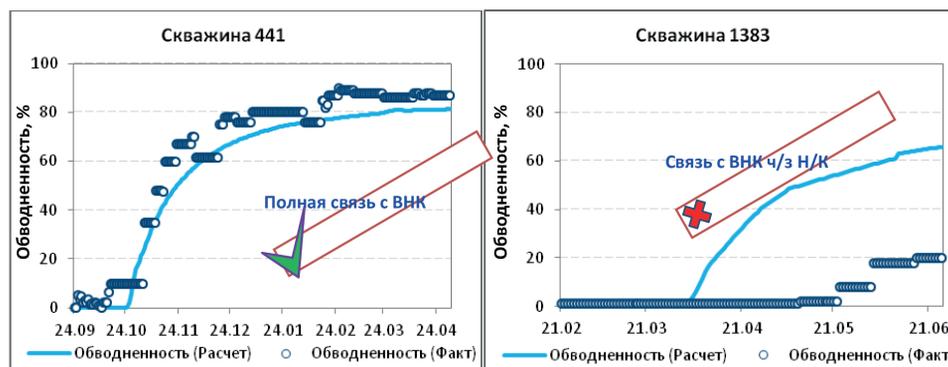


Рис. 4. Пример определения качества гидродинамической связности

Fig. 4. An example of determining the quality of a hydrodynamic connection

По результатам расчетов оценивалось качество и полнота гидродинамической связности всего ствола скважины с ВНК (рис. 4) путем сравнения фактической и расчетной динамики обводнения. Если модельная динамика обводненности на полностью связанной модели полностью повторяет фактическую динамику, следовательно, весь ствол скважины напрямую связан с ВНК. Если же расчетная динамика выше факта, значит, ствол скважины отделен от ВНК полупроницаемой или непроницаемой перемычкой. Результаты расчетов по обводненному фонду скважин приведены на рис. 5.

Далее по группе скважин с прямой связью от ВНК был повторно выполнен стандартный анализ динамики обводнения (рис. 6).

Оказалось, что характеристики обводнения скважины с прямой связью с ВНК расположены в верхней части графика (наиболее агрессивная часть). Кроме того, по рассматриваемым скважинам существует уверенная зависимость отбора от НИЗ от расстояния до ВНК. Динамика обводнения по остальным скважинам менее агрессивна по причине модификации формы и размера конуса включения неколектора. Таким образом, определены основные факторы, влияющие на динамику обводнения: расстояние до ВНК — минимальный отбор от НИЗ до прорыва воды, наличие непроницаемых/полупроницаемых пропластков между стволом и ВНК — интенсивность роста характеристики обводнения скважины. Кроме того, следует отметить, что обводненность по скважинам с «прямым» обводнением от ВНК стабилизируется на значении 80-85% и далее не растет, что характерно для месторождений с таким отношением подвижностей нефти и воды.

Динамику обводненности от отбора от НИЗ по каждой скважине можно описать гармонической функцией вида (рис. 7): $y = 98\% \cdot (0,5 \cdot \cos(\pi(x^a - 1)) + 0,5)$.

По сути, динамический процесс можно описать тремя параметрами:

- 1) наклоном кривой (параметр a),
- 2) значением максимального отбора при нулевой обводненности,
- 3) максимальным значением обводненности (98%).

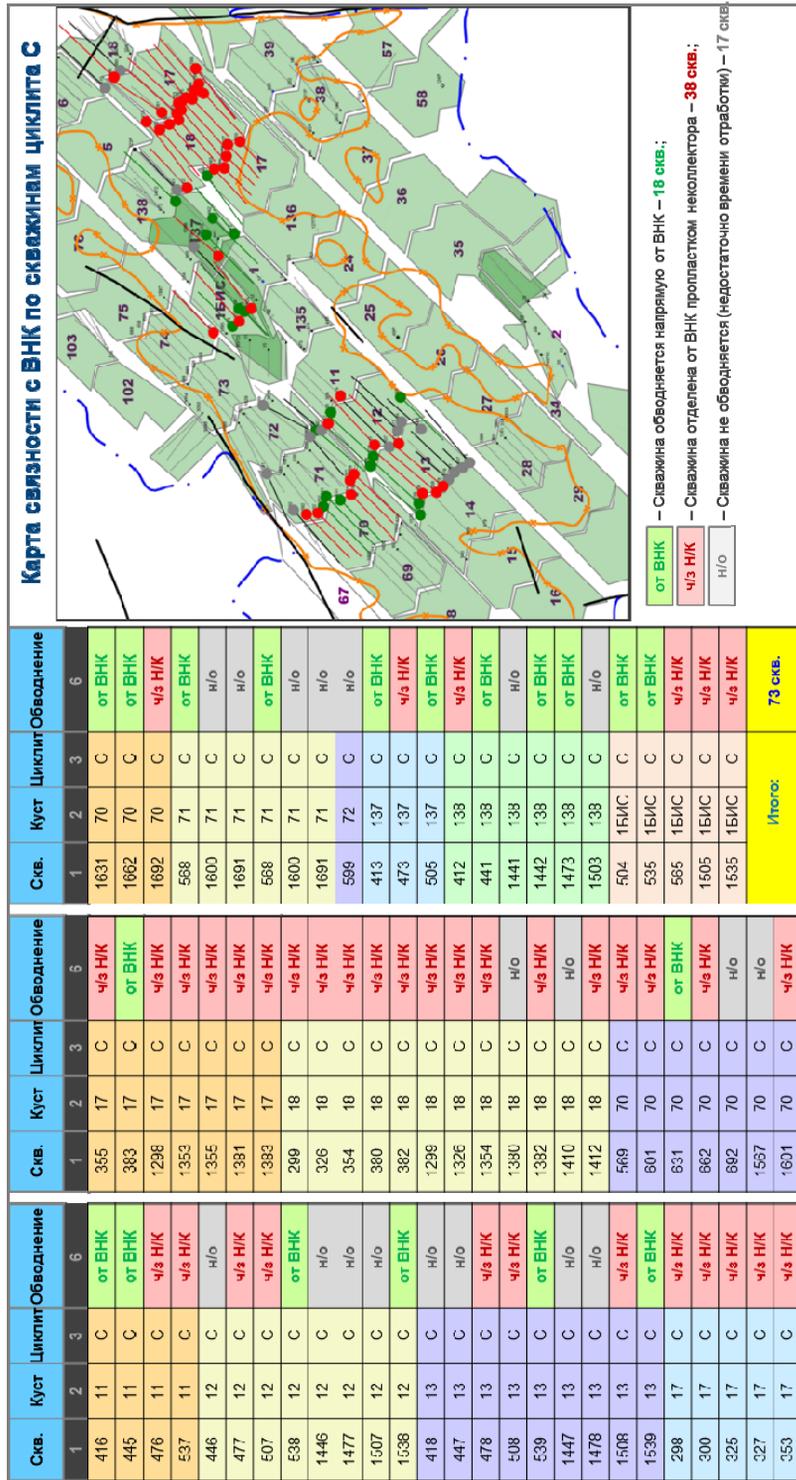


Fig. 5. Results of simulation modeling

Рис. 5. Результаты имитационного моделирования

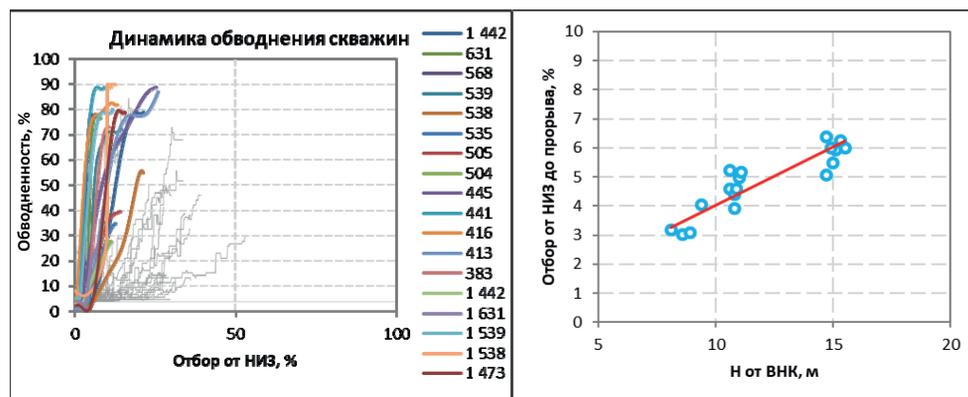


Рис. 6. Анализ динамики обводненности скважин

Fig. 6. Analysis of the dynamics of water cut wells

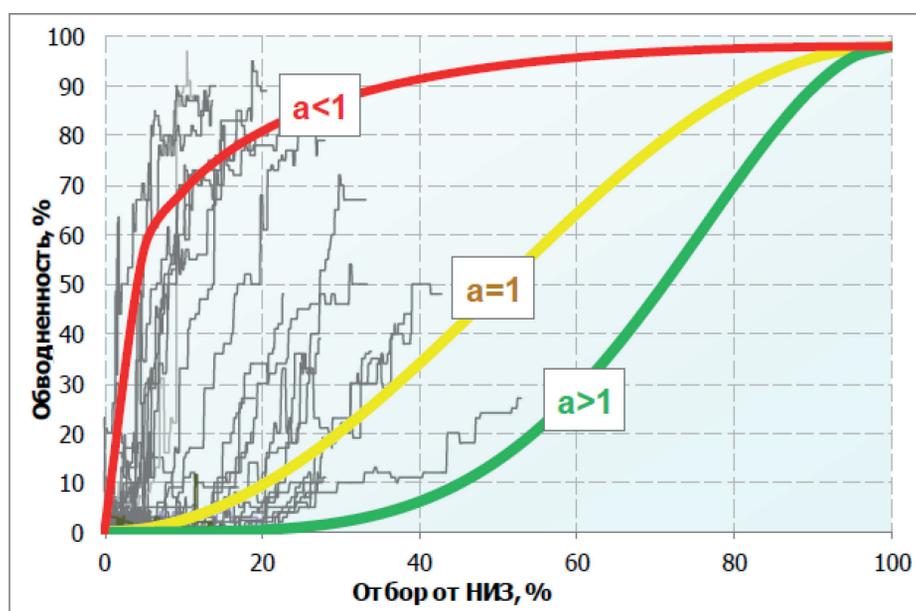


Рис. 7. Аппроксимация динамики обводненности

Fig. 7. Approximation of water cut dynamics

Поскольку процент отбора от начальных извлекаемых запасов напрямую зависит от расстояния до ВНК (рис. 6), а конечная «полка» обводненности выбрана 98% (соответствует рентабельной обводненности по скважинам), то единственным параметром для настройки характеристики обводнения является параметр a , характеризующий наклон кривой (рис. 7).

Результаты исследования

По результатам анализа фактических данных определено, что скважины с «прямым» обводнением от ВНК (прямое формирование конуса воды без флюидоупора между ВНК и стволом скважины) соответствуют коэффициенту $a < 1$. Скважины с продолжительным периодом безводной эксплуатации соответствуют параметру $a > 1$. Таким образом, варьируемый для настройки динамики обводненности параметр a отвечает за качество вертикальной сообщаемости ствола скважины с поверхностью ВНК в условиях формирования конуса подошвенной воды. Для проверки этих утверждений был проведен цикл имитационных расчетов на синтетических гидродинамических моделях. Рассчитаны различные варианты ограничения развития конуса подстилающей воды и составлена матрица влияния геологических параметров на динамику обводненности (рис. 8).

По результатам имитационного моделирования сделаны следующие выводы:

1. Уменьшение параметра анизотропии Kh/Kv увеличивает ОНИЗ (отбор от НИЗ) до прорыва и выполаживает характеристику вытеснения (ХВ) по обводненности. (Параметром анизотропии называется отношение проницаемости в горизонтальном направлении Kh к проницаемости в вертикальном направлении Kv .)
2. Фактические скважины с менее интенсивным ростом ХВ, чем у скважин с прямой связью с ВНК, отделены от ВНК коллектором с большей анизотропией Kh/Kv .
3. Для определения качества связи скважин с ВНК необходимо привлечение площадных сейсмических методов прогнозирования межскважинного пространства.

Для расчетного примера выбран один куст скважин с длительной эксплуатацией (рис. 9).

Рассматриваемые скважины № 412 и 442 пробурены на идентичных абсолютных отметках и в схожих геологических условиях (имеют идентичные ФЕС), при этом у них существенно разная характеристика вытеснения — скважина № 441 имеет более интенсивную динамику обводнения (меньший параметр a).

Для выявления качества «связи» ствола скважины с ВНК был предложен метод генетической инверсии [8], позволяющий увязать между собой результаты геофизического исследования скважин (ГИС). Стандартные методы инверсии, в частности акустической, не позволяют дифференцировать качество коллектора в области между стволом скважины и ВНК (рис. 10).

Преимуществом методов генетической инверсии (перед сейсмической) является тот факт, что применение сейсмической инверсии сопровождается большой накопленной ошибкой, связанной с моделью математического преобразования и однозначностью восприятия теоретического импульса (рис. 11), тогда как в случае генетической инверсии производится математическая привязка, основанная на решении задач оптимизации методом нейронных сетей, что позволяет существенно сократить ошибки преобразования. Кроме того, сейсмическая инверсия

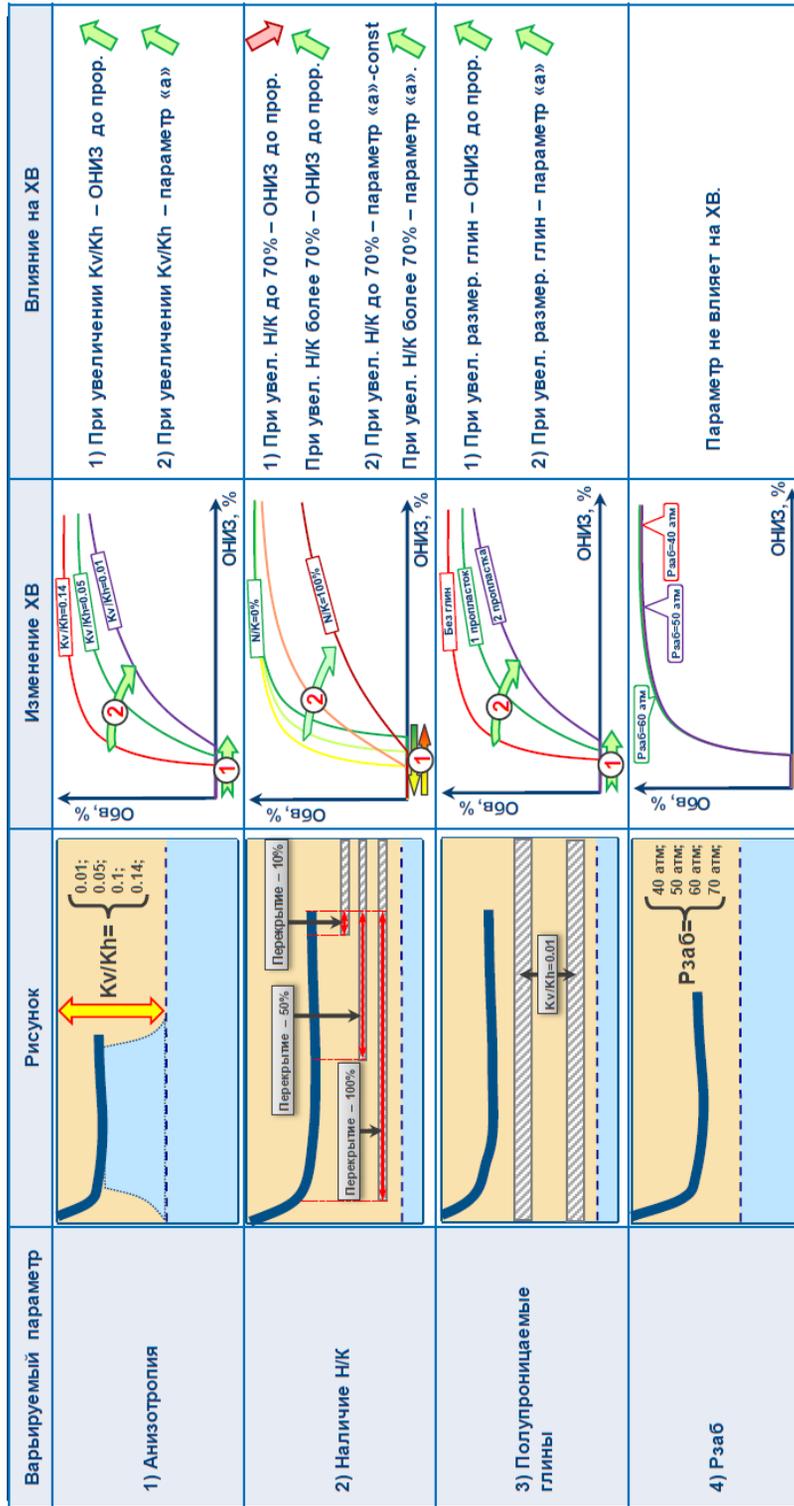


Fig. 8. Matrix of the influence of geological parameters on the dynamics of water cut in the formation of a bottom water cone

Рис. 8. Матрица влияния геологических параметров на динамику обводненности при формировании конуса подошвенной воды

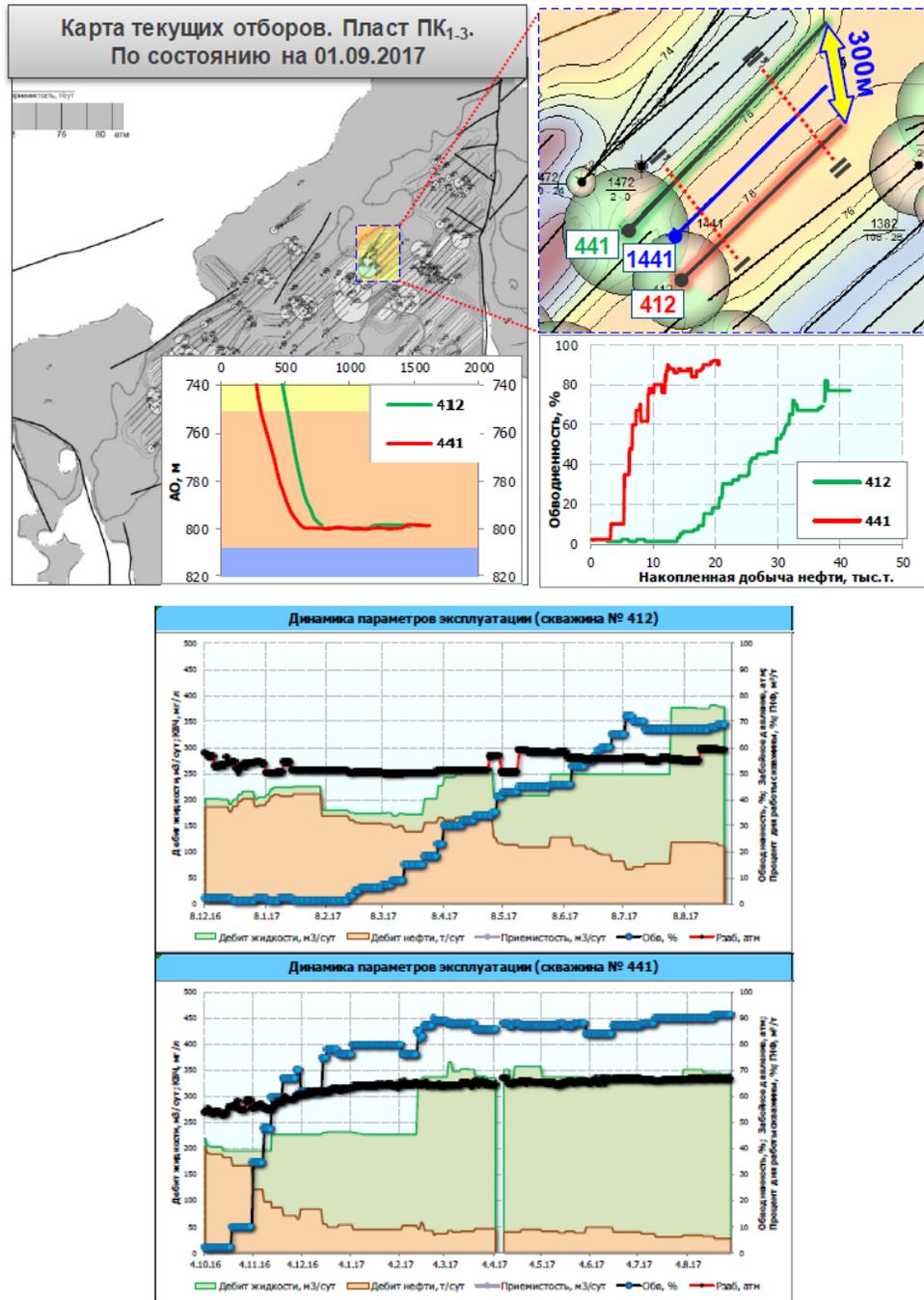


Рис. 9. Пример скважин с различной динамикой обводненности в схожих геологических условиях

Fig. 9. An example of wells with different dynamics of water cut in similar geological conditions

основана на линейных алгоритмах обработки данных, т. е. выходная информация предыдущего этапа является входной информацией следующего, тогда как в генетической инверсии задача решается многопараметрически.

Для генетической инверсии выбран параметр глинистости по ГИС как наиболее показательный для акустических свойств горной породы. При этом используемые скважины должны располагаться равномерно по площади и зенитный угол проходки по пласту должен составлять менее 45° (разведочные скважины и пилотные стволы). Для проверки качества привязки сравнены исходный лог глинистости и синтетический лог, полученный в результате генетической инверсии (рис 12). По результатам проверки получен коэффициент корреляции 0,78.

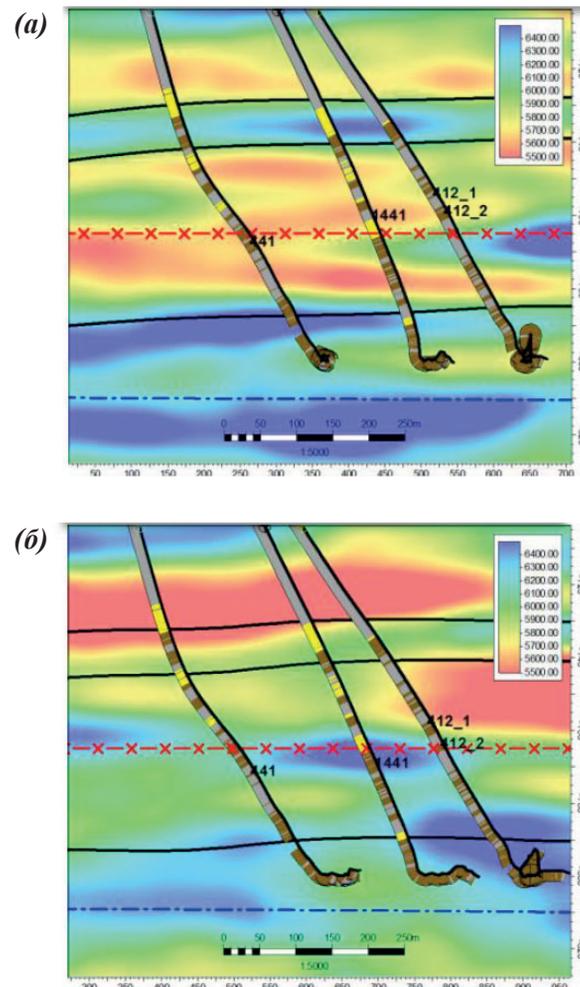
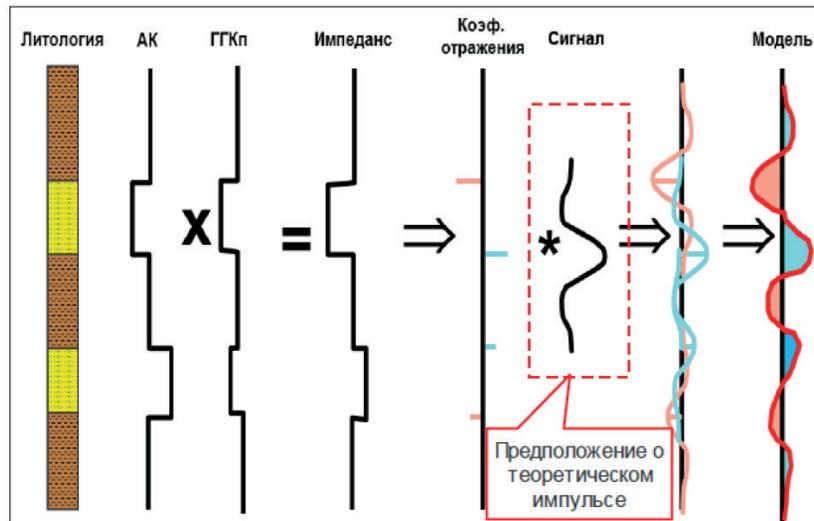


Рис. 10. Разрез по кубу акустического импеданса в «пяточной» (а) и «носочной» (б) части скважин

Fig. 10. The section of the cube of acoustic impedance in the “heel” chat (a) and “charge” (б) of the wells

Сейсмическая инверсия



Genetic inversion

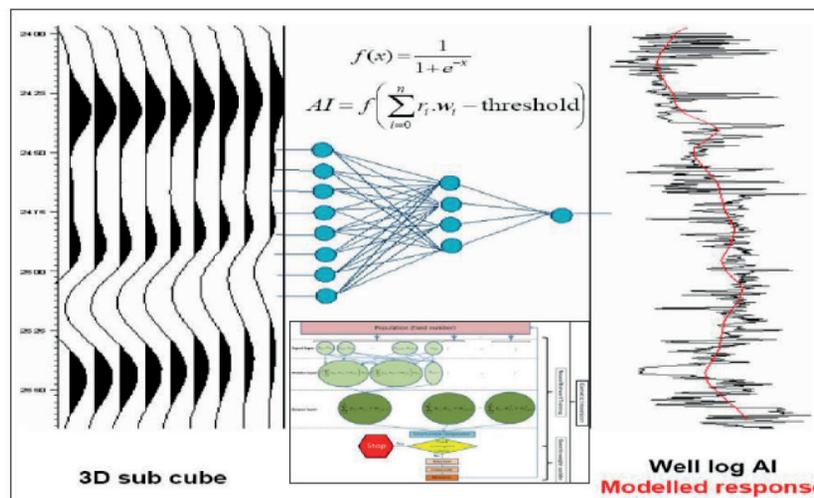


Рис. 11. Сравнение методов сейсмической и генетической инверсии

Fig. 11. Comparison of seismic and genetic inversion methods

Результатом инверсии также стал куб глинистости, на основании которого путем подбора отсечки по параметру строится трендовый куб песчаности для ГМ. Сравнение кубов песчаности приведено на рис. 13. Далее по ГДМ сравнивалась динамика обводненности по скважинам. Интегральная оценка приведена на рис. 14. Стоит отметить, что уже в первых итерациях ГДМ модельная динамика обводненности лучше совпадает с фактической.

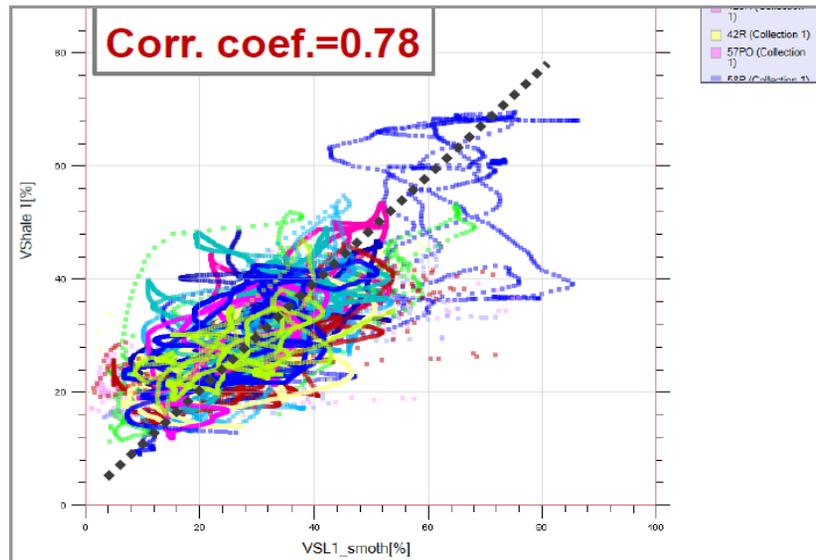


Рис. 12. Сравнение фактического ГИС глинистости и синтетического, полученного методом генетической инверсии (модуль Quantitative Interpretation)

Fig. 12. Comparison of the actual GIS clay content and the synthetic GIS obtained by genetic inversion (Quantitative Interpretation module)

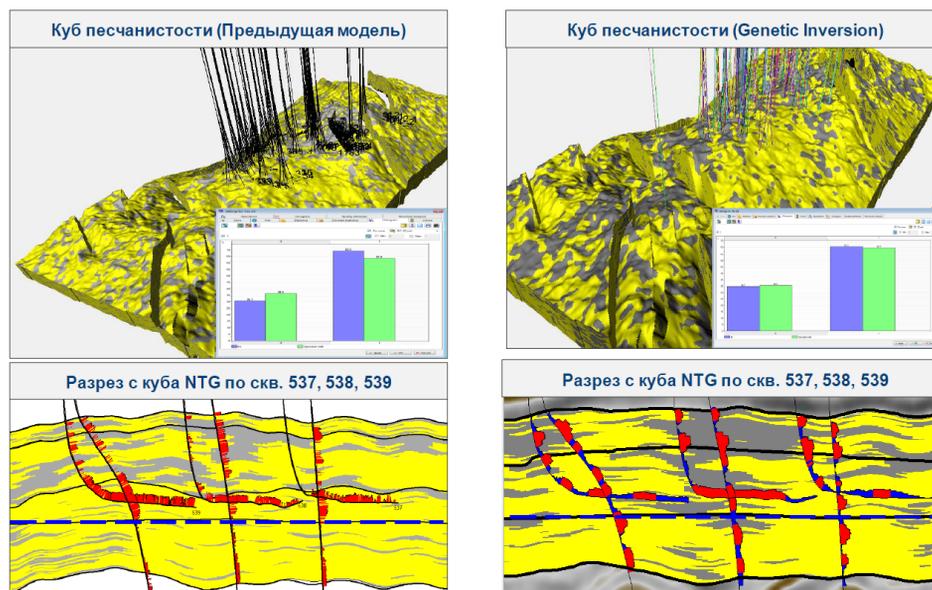


Рис. 13. Сравнение кубов песчаности в геологической модели

Fig. 13. Comparison of sandiness cubes in a geological model

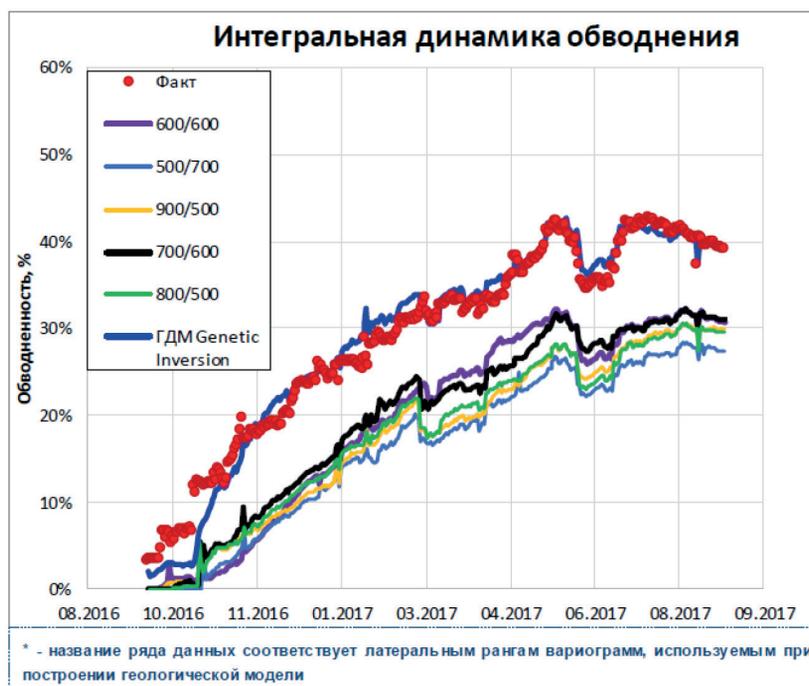


Рис. 14. Результаты интегральной адаптации ГДМ

Fig. 14. Results of integrated adaptation of hydrodynamic models (HDM)

Выводы

1. Выполнен анализ динамики обводненности от процента отбора от начальных извлекаемых запасов нефти. Установлен факт наличия разноскоростного обводнения горизонтальных скважин от конуса подошвенной воды.
2. По результатам имитационного гидродинамического моделирования выявлены скважины с отсутствием пропластков неколлектора между стволом скважины и поверхностью ВНК. Данные скважины имеют наиболее агрессивную динамику обводнения.
3. На основании синтетических мелкоячеистых гидродинамических моделей установлен характер влияния наличия неколлектора в области между стволом скважины и ВНК на характеристику обводнения.
4. С целью более корректного воспроизведения динамики обводненности по фактическим скважинам применен метод создания трендового куба песчаности с помощью генетического алгоритма нейронных сетей (genetic inversion).
5. По результатам тестовых расчетов на ГДМ предложенная методика существенно повысила уверенность прогноза распространения ФЭС в межскважинном пространстве, в частности в области между забоем скважины и ВНК.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барский А. Б. Нейронные сети: распознавание, управление, принятие решений / А. Б. Барский. М.: Финансы и статистика, 2004. 176 с.
2. Боровикова В. П. Нейронные сети STATISTICA Neural Networks: методология и технология современного анализа данных / В. П. Боровикова. М.: Горячая линия — Телеком, 2008. 392 с.
3. Демьянов В. В. Геостатистика: теория и практика / В. В. Демьянов, Е. А. Савельева. М.: Наука, 2010. 327 с.
4. Динариев О. Ю. Геостатистический анализ микротомограмм горных пород: некоторые новые подходы и результаты / О. Ю. Динариев, В. С. Свительман // Известия вузов. Нефть и газ. 2013. № 2. С. 16-21.
5. Жемчугова В. А. Резервуарная седиментология: курс лекций / В. А. Жемчугова. М.: ЕАГЕ Геомодель, 2012. 383 с.
6. Писарев А. Д. Энергоэффективное биоморфное импульсное кодирование информации в электронных нейронах для входного блока нейропроцессора / А. Д. Писарев // Вестник Тюменского государственного университета. Физико-математическое моделирование. Нефть, газ, энергетика. 2019. Том 5. № 3. С. 186-212. DOI: 10.21684/2411-7978-2019-5-3-186-212
7. Поднебесных А. В. Комплексный подход к изучению газовой шапки в пласте ПК₁₋₃ / А. В. Поднебесных, К. А. Малышевская, Т. С. Малышевская, В. П. Овчинников // Известия вузов. Нефть и газ. 2014. № 6. С. 13-18.
8. Приезжев И. И. Методика сейсмической инверсии с помощью генетического алгоритма с последующим использованием результатов инверсии при моделировании коллекторских свойств резервуара / И. И. Приезжев // Технологии сейсморазведки. 2009. № 2. С. 18-23.
9. Хусаинов А. Т. Инновационный аналитический метод для расчета показателей нефтедобычи // Известия вузов. Нефть и газ. 2013. № 3. С. 61-63.
10. Chan K. S. Water control diagnostic plots / K. S. Chan // SPE Annual Technical Conference and Exhibition (22-25 October, Dallas, Texas). 1995. Article № SPE-30775-MS. DOI: 10.2118/30775-MS

Anatolii A. KISLITSYN¹
Sergey V. KUZNETSOV²
Aleksandr A. PODNEBESNYKH³
Andrey M. GRANOVSKY⁴

UDC 546.212

USING NEURAL NETWORKS FOR PREDICTING THE DYNAMICS OF WATER CUT OF HORIZONTAL WELLS

¹ Dr. Sci. (Phys.-Math.), Professor, Department of Applied and Engineering Physics, University of Tyumen
akislicyn@utmn.ru

² Cand. Sci. (Phys.-Math.), Project Coordinator, Gazprom Neft Science and Technology Center (Tyumen)
kuznetsov72tmn@gmail.com

³ Cand. Sci. (Geol.-Mineral.), Deputy Academic Director, SIAM Company, Integra (Tomsk)
apodnebesnykh@integra.ru

⁴ Senior Geologist, Project Manager, Gazpromneft-GEO (Saint Petersburg)
granovskiy.am@gazprom-neft.ru

Abstract

This article presents the problem of determining the conditions of intensive flooding of horizontal wells for complicated geological structure strata, such as the Pokur formation at the Vostochno-Messoyakhskoye oil field. It corresponds to alluvial continental planes or to coastal-sea conditions of sedimentary rocks accumulation. The principal peculiarity of the geological structure of these strata is the high lateral heterogeneity, which is connected with riverbed migration by sedimentary rocks accumulation. Using the neural network method, the authors have developed an algorithm that allows explaining the different dynamics of displacement characteristics for the wells with identical geological and technological

Citation: Kislitsyn A. A., Kuznetsov S. V., Podnebesnykh A. A., Granovsky A. M. 2019. "Using neural networks for predicting the dynamics of water cut of horizontal wells". Tyumen State University Herald. Physical and Mathematical Modeling. Oil, Gas, Energy, vol. 5, no 4 (20), pp. 160-180.

DOI: 10.21684/2411-7978-2019-5-4-160-180

indicators. Having analyzed the dynamics and causes of water cut of 125 wells at East-Messoyahskoe oil field, the authors show that the geo-statistical methods do not apply to the task of describing continental accumulation objects with compound construction. However, the results of seismic data interpretation provide the basic volume of information about the inter-well space. The authors have developed an algorithm for complete regression analysis for the adaptation of the hydrodynamic model, which includes the method for constructing a cube of sandiness based on neural network modeling. It follows the basic factors, those exert influence on dynamics of water cut. They include distance at well's tube to water-oil contact, and presence of impenetrable or semi penetrable interlayer between tube and water-oil contact. The neural network algorithm (Genetic Inversion) allowed performing the test calculations on one of group wells most operated. The suggested approaches in the construction of the reservoir distribution in the inter-well space allow achieving better integral convergence of the dynamics of water cut at the first iterations of the full-scale hydrodynamic model.

Keywords

Neural networks, continental sediments, water cut, water coning, displacement characteristics, acoustic impedance, seismic inversion, genetic inversion.

DOI: 10.21684/2411-7978-2019-5-4-160-180

REFERENCES

1. Barsky A. B. 2004. Neural Networks: Recognition, Management, Decision Making. Moscow: Finance and Statistics. [In Russian]
2. Borovikova V. P. 2008. Neural Networks STATISTICA Neural Networks: Methodology and technology of present-day analyses of data. Moscow: Goryachaya liniya — Telecom. [In Russian]
3. Demyanov V. V., Savelyeva E. A. 2010. Geo-Statistics: Theory and Practice. Moscow: Nauka. [In Russian]
4. Dinariyev O. Yu., Svitelman V. S. 2013. "Geostatistical analysis of rocks microtomograms: some new approaches and results". *Izvestiya Vuzov. Oil and Gas*, no 2, pp. 16-21. [In Russian]
5. Zhemchugova V. A. 2012. Reservoir Sedimentology. Lecture Course. Moscow: EAGE Geomodel. (In Russian)
6. Pisarev A. D. 2019. "Energy efficient biomorphic pulse information coding in electronic neurons for the entrance unit of the neuroprocessor". *Tyumen State University Herald. Physical and Mathematical Modeling. Oil, Gas, Energy*, vol. 5, no 3, pp. 186-212. DOI: 10.21684/2411-7978-2019-5-3-186-212 [In Russian]
7. Podnebesnykh A. V., Malyshevskaya K. A., Malyshevskaya T. S., Ovchinnikov V. P. 2014. "Integrated approach to investigation of gas cap in the formation PK₁₋₃". *Izvestiya Vuzov. Oil and Gas*, no 6, pp. 13-18. [In Russian]

8. Priezhev I. I. 2009. "The method of seismic inversion using a genetic algorithm with the subsequent use of the inversion results in modeling reservoir properties of the reservoir". *Seismic technology*, no 2, pp. 18-23. [In Russian]
9. Khusainov A. T. 2013. "Innovative analytical method for operation estimation of oil fluids". *Izvestiya vuzov. Oil and Gas*, no 3, pp. 61-63. [In Russian]
10. Chan K. S. 1995. "Water control diagnostic plots". *SPE Annual Technical Conference and Exhibition (22-25 October, Dallas, Texas)*. Article No SPE-30775-M
DOI: 10.2118/30775-MS