

Возможности методов ГИС для изучения трещиноватости

Е.П. Симоненко*, С.С. Долгирев, Ю.В. Кириченко
ООО «Помор-ГЕРС», Тверь, Россия

В данной статье освещены основные методы геофизических исследований скважин, направленные на изучение трещинных зон. Приведены примеры результатов количественной оценки трещинных параметров и примеры их использования при работе с сейсмическими данными и построении гидродинамической моделей. Сделан акцент на необходимости сквозной технологии изучения типа порового пространства по данным сейсмике, геолого-технологических исследований, керна, геофизических исследований скважин, промыслово-геофизических исследований, гидродинамических исследований.

Ключевые слова: трещины, коллектор, ГИС, промыслово-геофизические исследования, проницаемость, обводнение

Для цитирования: Симоненко Е.П., Долгирев С.С., Кириченко Ю.В. (2018). Возможности методов ГИС для изучения трещиноватости. *Георесурсы*, 20(3), Ч.2, с. 267-273. DOI: <https://doi.org/10.18599/grs.2018.3.267-273>

За 25-летнюю историю работы компании ООО «Помор-ГЕРС» накоплен большой опыт в области геофизических исследований скважин в разных регионах: Тимано-Печорская нефтегазоносная провинция (ТПП), Волго-Уральская нефтегазоносная провинция (ВУНП), Сибирь, Казахстан, Узбекистан и др. Основной объем наших работ связан с крайне сложными объектами, к которым не подходят стандартные методики. Каждый регион имеет свои особенности, но проблемы типа порового пространства и тектоники стоят остро во всех регионах. В течение этих лет специалистами компании разрабатывались методики для изучения нестандартных коллекторов с акцентом на тип порового пространства.

Наши методики опробованы на более чем 20-ти месторождениях, на более 500 скважинах. Мы прошли путь от выделения зон трещиноватости на качественном уровне до количественной оценки по ГИС таких сложных параметров как плотность, раскрытость, емкость трещин, их проницаемость и т.д.

Основная мысль, которую мы пытаемся донести до Недропользователей, состоит в следующем: важны не отдельные, даже очень передовые дорогие технологии, а системные работы по изучению типа порового пространства. Необходима сквозная технология, позволяющая проверять и дополнять региональные работы по сейсмике, геологическому моделированию и т.д., что возможно только после бурения скважин.

Основные этапы получения информации, которые не должны «жить» самостоятельно, а постоянно перекликаться и дополнять друг друга: **геолого-технологические исследования (ГТИ), шлам, керна, геофизические исследования (ГИС) открытого ствола, испытания скважин, ГТИ+промыслово-геофизические исследования (ПГИ), ГИС закрытого ствола, результаты эксплуатации промысла.**

Необходим постоянно пополняемый документ, в

котором с первых дней работы должны отмечаться признаки присутствия или отсутствия трещин, каверн. Возможно в каких-то случаях это будет звучать даже странно: «трещины и каверны искали, используя методы (сейсмике, ГТИ, ГИС, ПГИ, ...) – отсутствуют». Это важно, как для возможности получения притока ожидаемых УВ, так и для предотвращения опережающего обводнения. Проблема трещин очень важна и для экологии, т.к. сброс «отработки» может приносить печальные результаты.

При изучении пород, особенно карбонатных, следует исходить из предположений, что трещины есть всегда (или были). Важно знать генезис трещин, какие они и сколько. Фотографии керна с различным типом трещин приведены на рис. 1-5.

В данной статье остановимся только на некоторых моментах в цепочке исследований, основанных на методах ГИС, которые позволяют перейти на новый уровень площадных и региональных исследований, крайне важных для построения гидродинамической модели.

Высокоразрешающие сканирующие методы

Важная группа относительно новых методов исследования сложных разрезов – это высокоразрешающие сканирующие методы, как электрические, так и акустические. Предшественниками этих методов послужили наклонометры, которые используются давно, но из-за ограничения или отсутствия компьютерных технологий не получили должного развития. Современные технологии производства аппаратуры, а главное компьютерные технологии визуализации и возможность многовариантной обработки полученных данных, дали рывок развития этого направления ГИС. Важное достоинство этих методов в возможности визуально и понятно не только для геофизиков соотнести картинку физических свойств породы с реальной породой. Ниже даны примеры такой визуализации (Рис 6, 7).

Фотографическим отображением разреза возможности метода не ограничиваются.

Для анализа строения залежи в целом и трещиноватости в масштабе месторождения большое значение

* Ответственный автор: Елена Петровна Симоненко
E-mail: info@pomorgers.ru

© 2018 Коллектив авторов

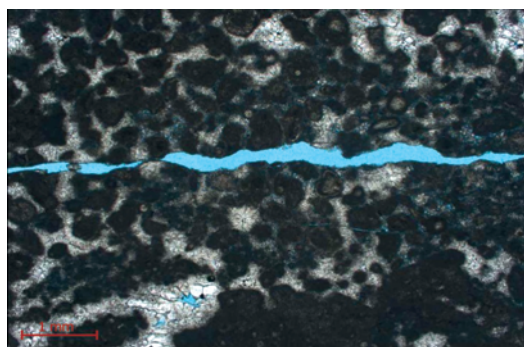


Рис. 1. Микротрещины (шлиф)

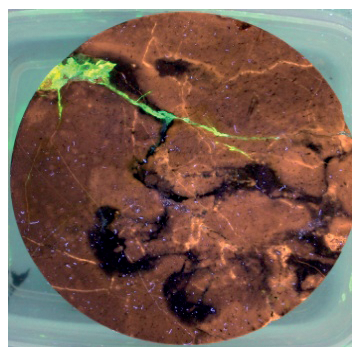


Рис. 2. Каверны вдоль трещин, (залечены битумом)



Рис. 3. Мезотрещины



Рис. 4. Макротрещины



Рис. 5. Тектонические трещины (частично залечены кальцитом)

имеет статистическая обработка результатов сканирующих методов, что позволяет разделить группы трещин по азимуту, углу наклона. Анализ раскрытости трещин, емкости каверн вдоль трещин для каждой системы, дает представление о гидродинамических особенностях изучаемой части разреза на начальных этапах изучения.

Ниже приведены примеры результатов обработки сканеров (Рис. 8), пример построения карты распределения трещин по площади (Рис. 9) и пример комплексного анализа данных сейсмоки и ГИС (Рис. 10).

При изучении трещиноватости большое значение имеет метод волнового акустического каротажа. В последнее время широко используются приборы нового поколения, как отечественного производства (АВАК), так и предлагаемые западными сервисными компаниями (DSI, XMAC, SonicScanner и др.). Применение таких приборов обеспечивает ряд важных преимуществ в сравнении с более простыми приборами предыдущего поколения:

- Надёжную раздельную регистрацию волн разного типа (продольных, поперечных и т.н. волн Лэмба-Стоунли)
- Высокое качество регистрации амплитудных параметров всех волн.
- Регистрация анизотропии кросс-дипольным датчиком.

Это открывает новые возможности изучения параметров трещин (емкость трещин, раскрытость, количество трещин на метр (плотность трещин), проницаемость, ориентация в пространстве) (Рис. 11-14).

Одним из основных параметров при изучении пород является проницаемость. Крайне важно разделять

проницаемость, связанную с традиционным гранулярным коллектором и проницаемость обусловленную системой трещин. Главным методом для определения проницаемости является АК, но при условии получения волны Стоунли из волнового пакета. Следует помнить, что проявление волны Стоунли зависит не только от свойств породы, но и условий проведения каротажа, т.к. влияет состав раствора, состав флюида в прискважинной зоне, кавернозность ствола скважины. Не следует забывать, что одной из задач в процессе бурения является остановка фильтрации бурового раствора в пласт и при этом иногда используются механические примеси, желирующие добавки, что сильно меняет свойства прискважинной зоны, т.е. меняет проницаемость и условия распространения акустических волн. Конечно, есть ограничения, но это единственный метод ГИС, имеющий непосредственную связь с проницаемостью.

На рисунке 13 даны варианты расчета проницаемости по различным методикам:

- традиционный расчет проницаемости в зависимости от пористости, т.е. это проницаемость, связанная в основном с традиционным гранулярным коллектором (рост пористости – рост проницаемости);
- проницаемость, определенная по волне Стоунли, которая значительно выше проницаемости 1, а в кровле разреза имеет самую высокую проницаемость, что следует отнести к проницаемости трещинной, или каверновотрещинной системе (в этом участке общая пористость породы меньше 5%);

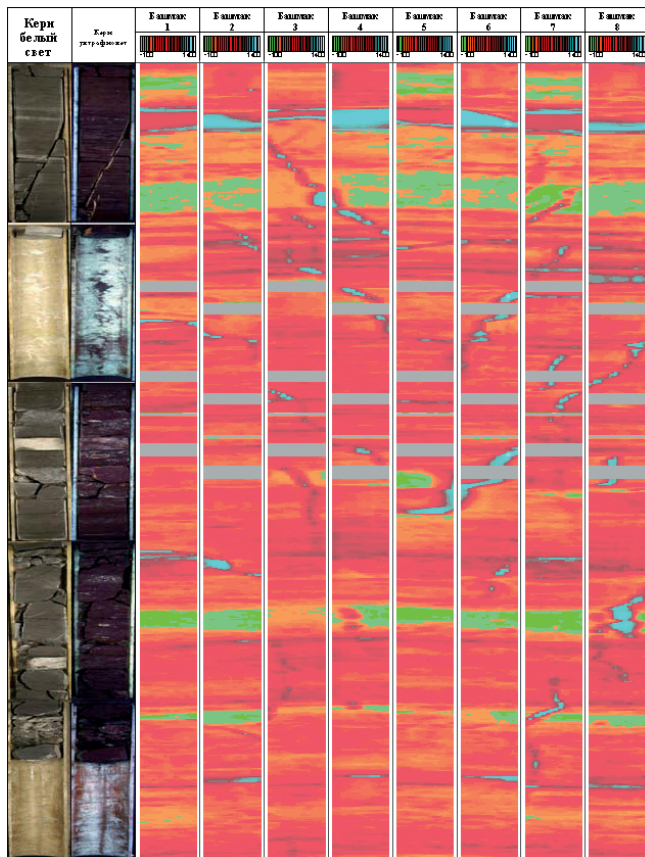


Рис. 6. Фото ядра и обработка первичных данных микросканеров («Помор-ГЕРС») для дальнейшего анализа с высокой доказательной базой

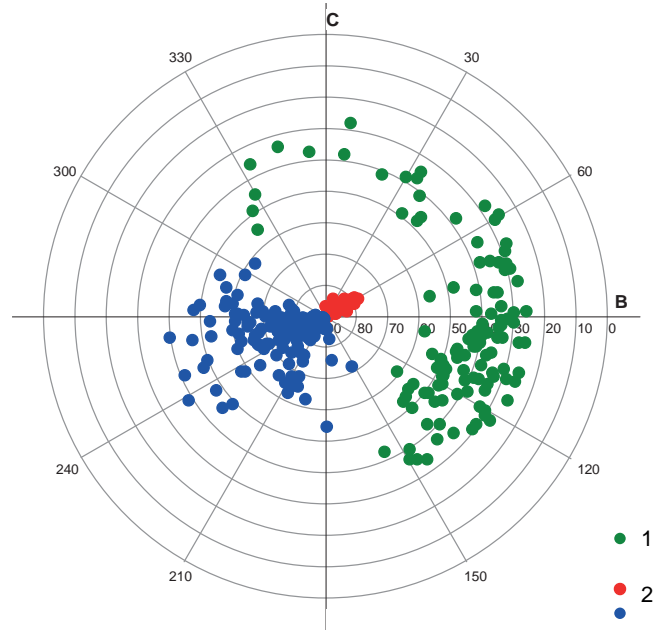


Рис. 8. Пример определения элементов залегания трещин и типизация трещин по особенностям залегания: 1 – группа субвертикальных трещин, 2 – группы наклонных трещин с азимутами простирания в крест друг другу.

- дифференциальная проницаемость, определенная в процессе испытания объекта по данным ПГИ и ГДИ (методика разработана в «Помор-ГЕРС»).

На рисунке 14 дан пример определения проницаемости отложений с отсутствием пород с пористостью более 5%. Притоки получены только в интервалах, где по данным акустики определена каверновая и трещинная емкость, где отмечается повышение проницаемости выше граничного значения по волне Стоунли.

На рисунках 11, 12 приведены примеры расчета трещинной пористости (емкости). Учитывая множество ограничений, которые имеют все методы ГИС, возникает вопрос о достоверности количественной оценки этого параметра, который определяется сотыми долями процента. Сложный вопрос и ответа у нас нет. Конечно, это крайне необходимый параметр, и количественная оценка важна при подсчете запасов залежей УВ, связанных только с трещинами. Однако такой вариант встречается крайне редко, а на фоне гранулярной и даже каверновой емкости трещинная емкость имеет крайне малый вклад. Для основной массы изучаемых месторождений важен сам факт присутствия такой емкости, т.к. именно эта емкость будет контролировать фильтрационные потоки, а возможность дифференциации этой емкости на количественном уровне позволяет встраивать этот параметр в гидродинамическую модель.

Ниже приведены карты распространения трещинной емкости по двум месторождениям. На одной из карт дана детальная градация по трещинной пористости, на другой карте разделение только по трем градациям: >0.01 %, 0.005-0.01 %, <0.005. (Рис.15)

Несмотря на то, что сегодня предпочтительно использовать аппаратуру типа АВАК11, ХМАК и т.п., не стоит отказываться от более распространенных приборов широкополосной акустики типа СПАК-6 и от информации, накопленной за предыдущие годы, если волновые пакеты сохранены только на бумажных носителях. Как правило,

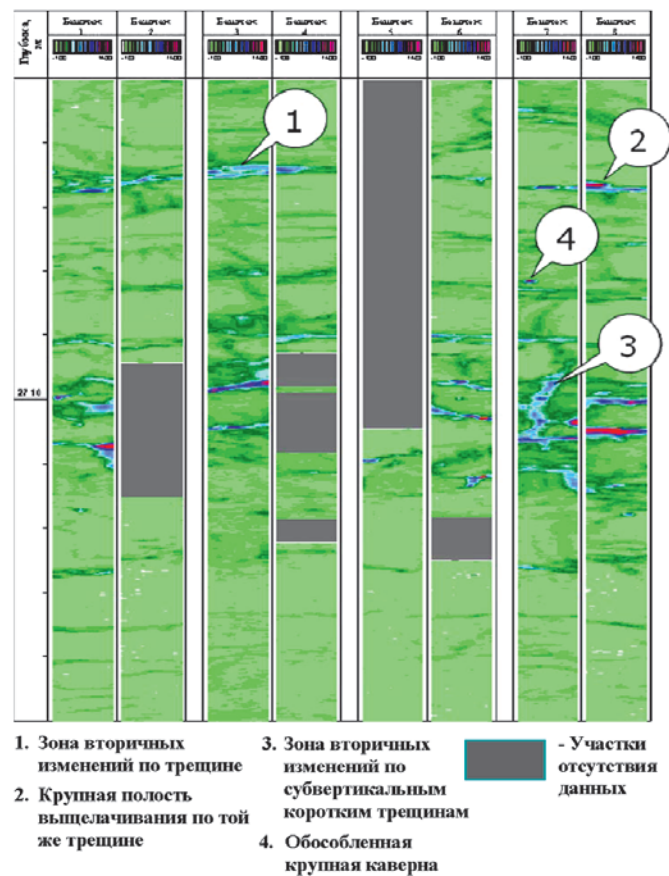


Рис. 7. Выделение объектов на микроимиджах

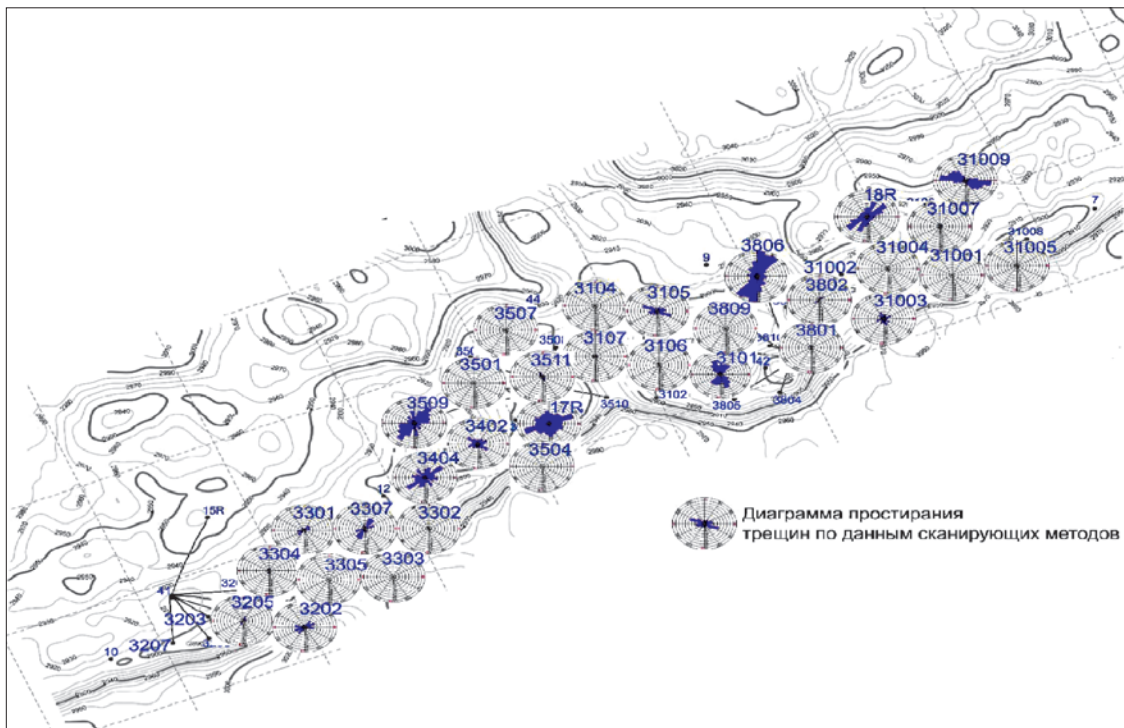


Рис. 9. Оценка доминирующего направления простирания трещин в изучаемом пласте по площади

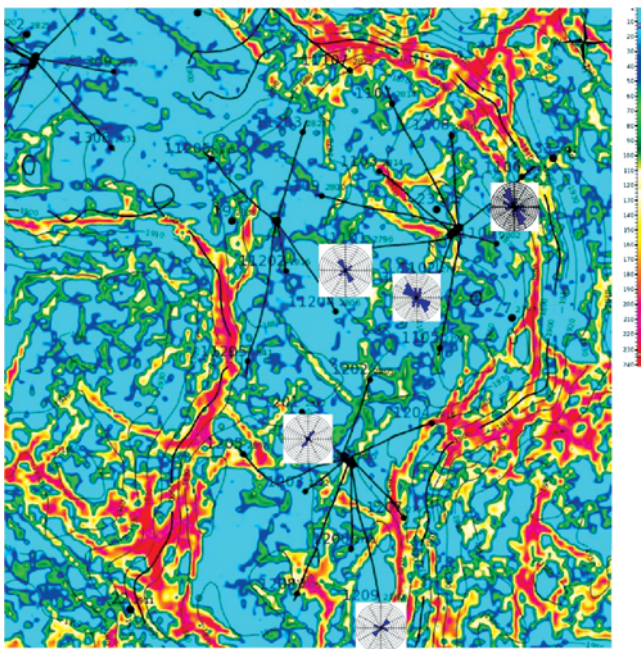


Рис. 10. Азимуты простирания трещин на фоне фильтрованной когерентности (ООО «ПетроТрейс Глобал»). Широкополосный акустический каротаж (возможности)

массовые исследования дают более ценную информацию, чем единственная запись высокого уровня. Хороший результат можно получить только при соединении всего спектра информации.

Опыт показывает, что акустический каротаж – наиболее информационный метод на сегодняшний день, и весь спектр его возможностей нам предстоит еще открыть.

Проверка теории практикой

Сложно сказать, где в нашей работе кончается теория и начинается практика, которая должна проверить теорию. Для методов ГИС, записанных в открытом стволе, практикой является работа скважины, которая контролируется

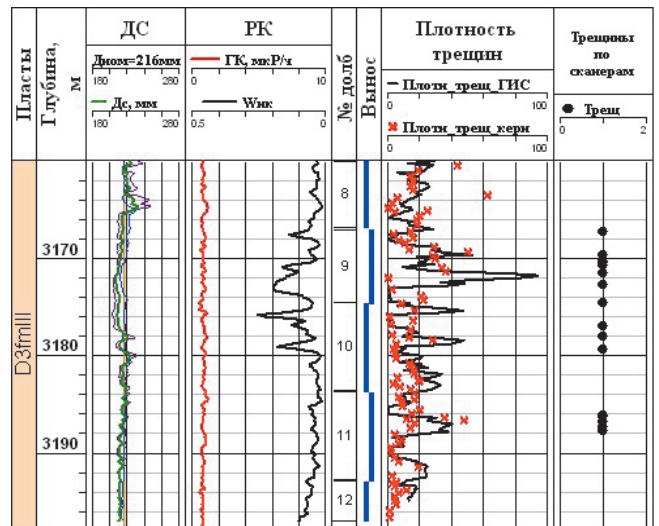


Рис. 11. Сравнение плотности трещин, определенных по данным АК и на колонке керна

другим набором методов ГИС – комплексом методов ПГИ и ГДИ. На рисунках 13, 14 дан пример расчета интенсивности притока и проницаемости по комплексу ПГИ и ГДИ в сравнении с методами ГИС открытого ствола. Не всегда комплекс ГИС открытого ствола соответствует нашим пожеланиям, как правило, волновой пакет отсутствует, или позволяет выделять зоны развития трещин только визуально на уровне «много-мало». На рисунке 16 дан пример такой скважины, где обозначены только зоны трещиноватости. Проницаемость рассчитана по результатам исследования керна и стандартным методам ГИС в зависимости от пористости (средняя, минимальная, максимальная). Минимальная проницаемость, как правило, соответствует преимущественно гранулярному коллектору, что мы видим по результатам промыслово-геофизических исследований в центральной части разреза на участке самой высокой пористости ($K_{п} = 25\%$). Несмотря

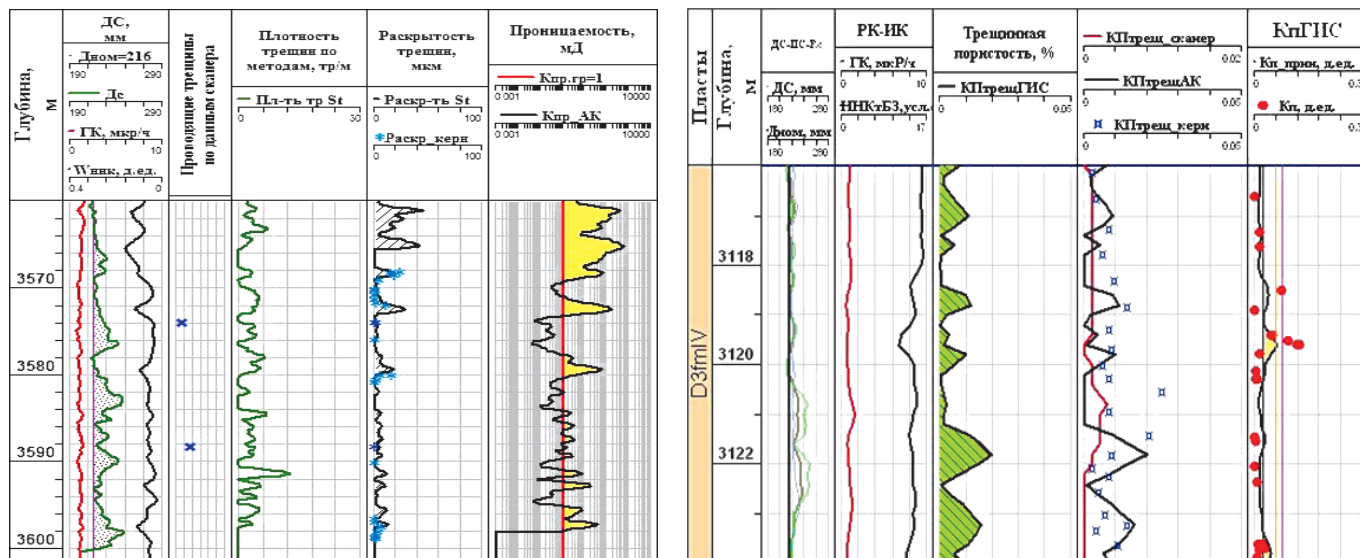


Рис. 12 Сравнение раскрытости и плотности трещин, определенных по данным АК и на колонке керна

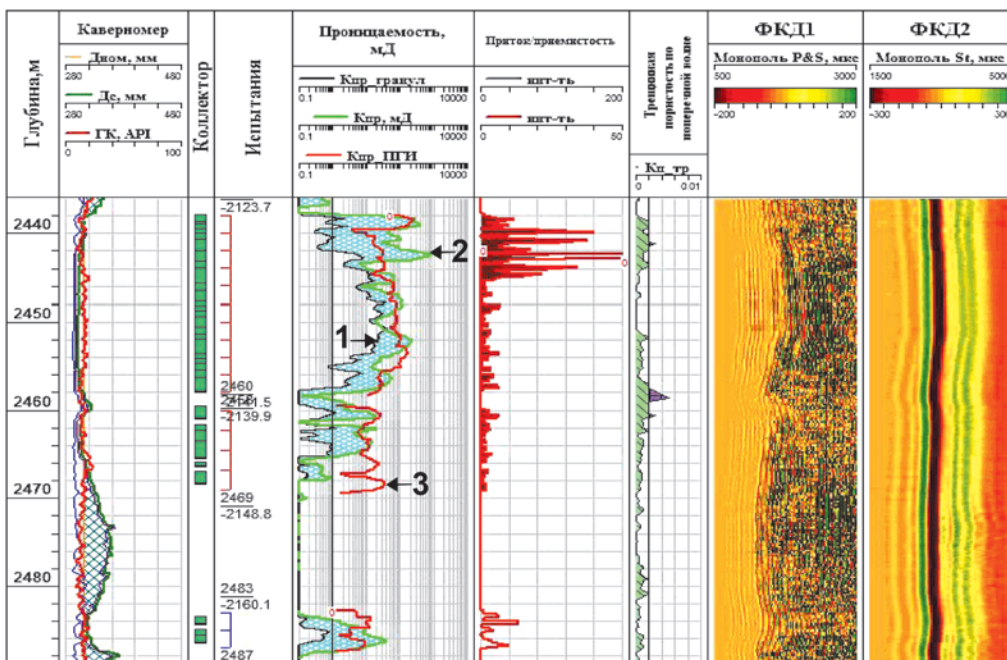


Рис. 13. Примеры определения емкости и проницаемости, связанных с трещинной системой, сравнение расчета пористости разными методиками

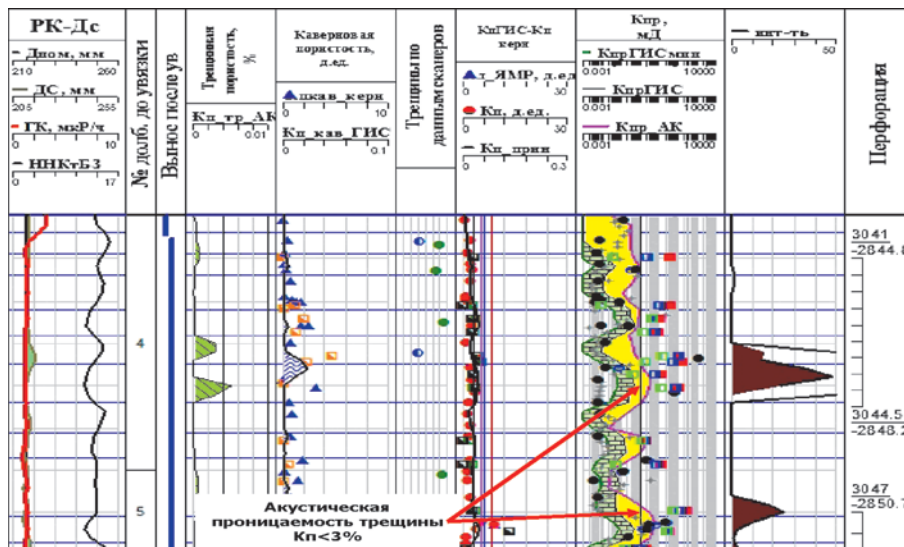


Рис. 14. Примеры определения емкости и проницаемости, связанных с каверново-трещинной системой

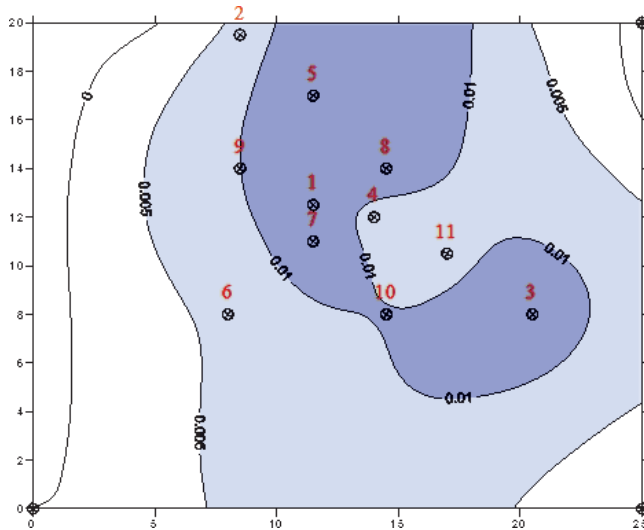
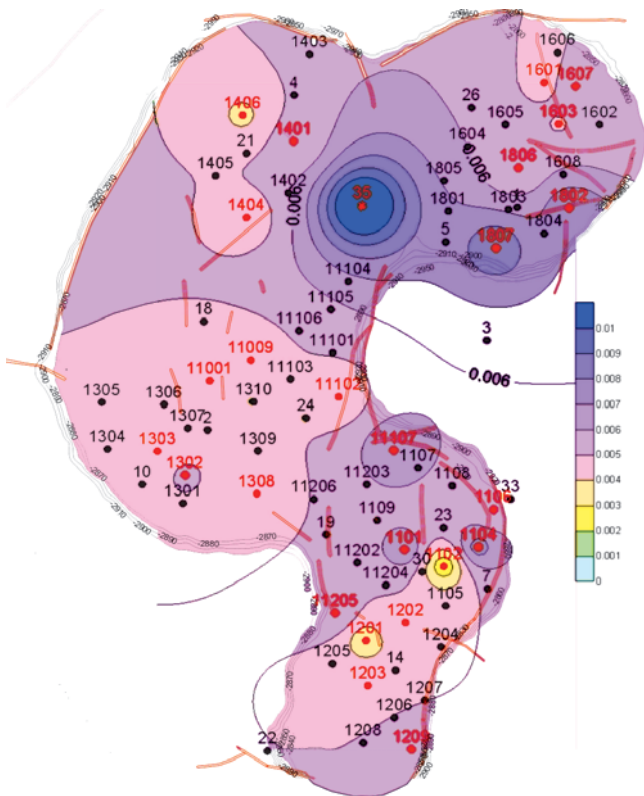


Рис. 15. Карты-схемы распределения трещинной емкости

на очень высокую пористость, основной приток нефти наблюдается в кровле из интервалов с признаками высокой трещиноватости по АК, и именно из этого интервала получено стремительное обводнение с резким снижением дебита нефти. Таких примеров можно привести множество и это основная причина, по которой необходим регламент, контролирующий объем исследований.

Заключение

В данной статье охвачен только малый спектр возможных исследований. Не затронут мощный блок исследований, проводимый при вскрытии пластов (ГТИ), гидродинамические исследования, трассирование. Важным этапом может служить совместная работа с сейсмиками по изучению зон напряжения, сдвиговых зон. Не следует забывать и старые проверенные методики выделения трещинных зон по таким широко распространенным

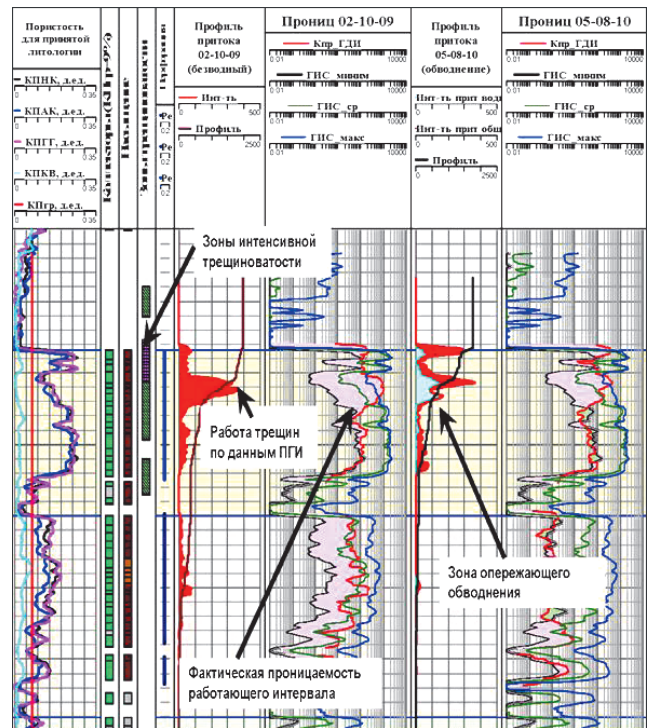


Рис. 16. Пример работы трещин

комплексам, как радиоактивный каротаж (РК), боковой каротаж (БК), микробоковой каротаж (МБК).

Можно привести множество примеров стремительного обводнения, примеров финансовых потерь из-за недостаточной изученности типа порового пространства. Изучать проблемы влияния трещин на месторождении начинают, как правило, после получения крайне негативных последствий (политика «страусов») и это основная причина, по которой необходим регламент, контролирующий объем исследований.

Необходим документ по результатам исследований, обязательный для передачи в контролирующую структуру, и главное – обязательный для передачи при смене Недропользователя. Возможно необходимо создавать полигоны, где будут отработываться методики работы с такими породами, в том числе и методики ГИС. Как минимум, полезно иметь три полигона с присутствием трещин, условно делящиеся на типы: 1 – низкая пористость; 2 – переменная пористость; 3 – битуминозность, органика.

Сведения об авторах

Елена Петровна Симоненко – Директор, ООО «Помор-ГЕРС»

Россия, 170100, Тверь, б-р Радищева, 40
E-mail: info@pomorgers.ru

Сергей Сергеевич Долгирев – Главный геофизик, ООО «Помор-ГЕРС»

Россия, 170100, Тверь, б-р Радищева, 40

Юлия Валерьевна Кириченко – Ведущий специалист, ООО «Помор-ГЕРС»

Россия, 170100, Тверь, б-р Радищева, 40

Статья поступила в редакцию 11.07.2018;
Принята к публикации 09.08.2018; Опубликовано 30.08.2018

The possibilities of well logging data methods for studying fracturing

*E.P. Simonenko**, *S.S. Dolgirev*, *YU.V. Kirichenko*

Pomor-GERS LLC, Tver, Russian Federation

**Corresponding author: Elena P. Simonenko, e-mail: info@pomorgers.ru*

Abstract. This article covers the main methods of geophysical well studies aimed at studying fractured zones. Examples of the results of a quantitative evaluation of fracture parameters and examples of their use when working with seismic data and constructing hydrodynamic models are given. The emphasis is made on the need for a cross-cutting technology to study the type of pore space from seismic data, geological and technological studies, core, geophysical studies of wells, field geophysical studies, hydrodynamic studies.

Keywords: fractures, reservoir, well logging, field geophysical studies, permeability, watering

Recommended citation: Simonenko E.P., Dolgirev S.S., Kirichenko YU.V. (2018). The possibilities of well logging data methods for studying fracturing. *Georesursy = Georesources*, 20(3), Part 2, pp. 267-273. DOI: <https://doi.org/10.18599/grs.2018.3.267-273>

About the Authors

Elena P. Simonenko – Director

Pomor-GERS LLC

Radishchev ave., 40, Tver, 170100, Russian Federation

Sergey S. Dolgirev – Chief Geophysicist

Pomor-GERS LLC

Radishchev ave., 40, Tver, 170100, Russian Federation

Julia V. Kirichenko – Leading Researcher

Pomor-GERS LLC

Radishchev ave., 40, Tver, 170100, Russian Federation

Manuscript received 11 July 2018;

Accepted 09 August 2018;

Published 30 August 2018