



УДК 550.8

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ГИДРОРАЗРЫВА В КАРБОНАТНЫХ ПЛАСТАХ: КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

IMPROVING THE EFFECTIVENESS EVALUATION OF HYDRAULIC FRACTURING IN CARBONATE RESERVOIRS: INTEGRATION OF GEOPHYSICAL METHODS

Боровский Михаил Яковлевич

кандидат геолого-минералогических наук,
генеральный директор,
ООО «Геофизсервис»
lilabor@mail.ru

Небрат Александр Григорьевич

кандидат геолого-минералогических наук,
директор,
ООО «Солитон»
nebrat_2004@mail.ru

Богатов Владимир Ильич

ведущий геофизик
ООО «Геофизсервис»
vladbogatoff@gmail.com

Borovskiy Mikhail Yakovlevich

Candidate of Geological and
Mineralogical Sciences,
General Director,
«Geofizservis» Ltd
lilabor@mail.ru

Nebrat Alexandr Grigoryevich

Candidate of Geological and
Mineralogical Sciences,
Director,
«Soliton» Ltd
nebrat_2004@mail.ru

Bogatov Vladimir Ilyich

Leading geophysicist
«Geofizservis» Ltd
vladbogatoff@gmail.com

Аннотация. Для повышения эффективности оценки результатов ГРП предлагается комплексирование геофизических методов. Целесообразно сочетание микросейсмического мониторинга с данными высокоточной гравиразведки и высокоразрешающей электроразведки. Отмечен ряд преимуществ несейсмических методов разведки. Даны рекомендации по их применению.

Annotation. To better assess the results of hydraulic fracturing is proposed the integration of geophysical methods. Appropriate combination of microseismic monitoring data with high-precision gravity and high-resolution survey. There is an advantage of non-seismic exploration methods. Recommendations for their use.

Ключевые слова: гидравлический разрыв пласта, фрекинг, добыча нефти и газа, прогноз техногенной трещиноватости, комплексирование геофизических методов, высокоточная гравиразведка, высокоразрешающая электроразведка.

Keywords: hydraulic fracturing, freking, oil and gas production, forecast of technogenic fracturing, complexation of geophysical methods, high-precision gravity exploration, high-resolution electrical exploration.

Одной из наиболее эффективных технологий интенсификации добычи нефти в карбонатных коллекторах является гидравлический разрыв пласта с пропантом или кислотой, в зависимости от геолого-физических свойств пласта и характеристик скважинного оборудования. После разрыва под воздействием давления жидкости трещина увеличивается, возникает ее связь с системой естественных трещин, не вскрытых скважиной, и с зонами повышенной проницаемости; таким образом, расширяется область пласта, дренируемая скважиной. Отсутствие информации об азимуте распространения трещины при гидроразрыве пласта осложняет оптимизацию разработки месторождений, в частности не удается определить направление потоков жидкости, вытесняющей нефть. Вследствие этого, целесообразно, выяснение причин, препятствующих запланированному росту продукции:

1. Выявление несоответствия дизайна ГРП фактической геометрии и размерам трещины.
2. Прогноз негативного сценария распространения трещины за пределы целевого коллектора, в т.ч. в область водонасыщенных горизонтов и т.д.

Поэтому весьма важной задачей является определение реальных параметров трещины или трещиноватой зоны, полученной в результате проведения гидроразрыва. Оценка размера и характера развития трещины в пласте в процессе производства ГРП с последующим обобщением таких данных по площади обеспечит прогноз техногенной трещиноватости при ГРП на последующих объектах, что позволит уменьшить непроизводительные затраты.

Важные наводящие сведения для определения влияния ГРП на продуктивность трещиноватых карбонатных отложений может дать геофизическая разведка.



Революционные изменения в электронной базе и схемотехнике, совершенствование и появление новых способов интерпретации обуславливают целесообразность широкого внедрения в геологоразведочный процесс наукоемких наиболее информативных геофизических технологий.

На практике реализуется (работы ЗАО «Градиент», пермских геофизиков и др.) микросейсмический мониторинг развития зон трещиноватости при гидроразрыве продуктивного пласта. Имеются определенные сложности при оценке результатов фрекинга. Отмечается (Дягилев Р.А., Шумилов А.В., 2016): «Моделирование уровня полезных сигналов и шумов в окрестностях скважины показывает, что зона уверенного приема (хотя бы части энергии трещины) начинается примерно на удалении 500 м от устья скважины (ближе множество поверхностных источников помех перекрывают сигнал) и заканчивается на удалении, сопоставимом с глубиной интересующего источника. Далее полезный сигнал снова скрывается за естественным фоном микросейсм». Указываются и другие трудности.

Целесообразно комплексирование геофизических методов. Существенна разработка рациональной методики оценки эффективности технологического процесса повышения нефтеотдачи пласта с помощью гидроразрыва. Предлагается образование систем трещин отслеживать комплексом методов с помощью микросейсмических исследований, высокоразрешающей электроразведки и высокоточных гравиметрических измерений. Возможности отдельных геофизических методов рассмотрены в публикациях [1–4, 6, 8, 9, 10, 12, 13] даны физико-геологические предпосылки, изложены критерии выявления интересующих проявлений диастрофизма земной коры, обсуждены технологии измерений.

Применение гравиметрической разведки и электрических методов исследований позволяет (особенно важно для изучения процессов воздействия гидроразрыва на продуктивный пласт) обеспечить [1, 3–8, 12, 13] плотную систему наблюдений в плане, в частности, соответствующую нормативным показателям съемок масштаба 1 : 10 000 – 1 : 5 000 и крупнее для предлагаемых геофизических работ и значительную детальность сведений об особенностях геологического разреза.

Преимущества высокоразрешающей электроразведки и высокоточной гравиразведки [4, 6, 8]:

- высокая разрешающая способность выявления электрических и плотностных неоднородностей;
- многократные геофизические измерения за небольшой промежуток времени: существенно для оценки результатов многостадийного гидравлического разрыва;
- получение непрерывной информации о геологическом разрезе;
- нескважинные, неразрушающие методы исследования геологической среды;
- проведение изысканий на дневной поверхности.

Охват района расположения объекта плотной и равномерной сетью наблюдений, в том числе за пределы области воздействия ГРП, т.е. обеспечивается выход в «нормальное поле».

При решении вопросов определения конфигураций зон растрескивания коллекторов и окружающих пород, происходящих при закачке в пласт жидкости и пропанта под большим давлением целесообразно проведение полевых геофизических измерений в профилно-площадном варианте. Наблюдения осуществляются по прямолинейным профилям, пересекающим в крест простирающиеся объекты прогнозирования.

Работы выполняются в два этапа [4, 6, 8]:

- а) до проведения гидроразрыва пласта – регистрация фоновых геофизических полей;
- б) определение изменений геофизических полей, произошедших после проведения гидроразрыва.

На первой стадии производится геологическое истолкование полученных гравиметрических и электроразведочных материалов для корректировки траектории проходки горизонтальной скважины: наличие разломных нарушений вдоль ствола скважины существенно снижает возможности геонавигации; большое значение имеет прогнозирование зон вероятного поглощения промысловой жидкости.

На этом этапе и в последующем используются технологии, предложенные З.М. Слепаком (высокоточная гравиразведка) [12, 13] и А.Г. Небратом, В.В. Сочельниковым (высокоразрешающая электроразведка) [11].

Цель геофизических работ – диагностика состояния системы естественной и техногенной трещиноватости. Основными задачами являются локализация зон повышенной трещиноватости, определение размеров и азимутов трещин ГРП. Существенным служит формирование геолого-геофизической основы для дальнейших исследований. Важно принимать во внимание негативные последствия освоения нетрадиционных источников углеводородного сырья [2, 7], геофизические методы могут обеспечить прогноз, поиск и детализацию последствий антропогенного вмешательства в геологическую среду.

Современный уровень развития геофизической разведки позволяет [1, 3, 5, 9, 10, 11–13] решать сложные проблемы нефтегеологической направленности.



Литература:

1. Боровский М.Я. Использование высокоточной гравиразведки – существенный фактор оптимизации заключительных этапов освоения нефтяных месторождений // Опыт развед. и разраб. Ромашкинского и др. крупн. нефт. м-ний Волго-Камского региона. – Казань : Новое Знание, 1998. – С. 145–147.
2. Боровский М.Я., Газеев Н.Х., Нурғалиев Д.К. Геоэкология недр Республики Татарстан: геофизические аспекты / под ред. Д.К. Нурғалиева. – Казань : Экоцентр, 1996. – 316 с.
3. Боровский М.Я., Либерман В.Б. Геолого-геофизическая подготовка нефтяных месторождений к горизонтальному бурению // Актуальные задачи выявления и реализации потенциальных возможностей горизонтальных технологий нефтеизвлечения: Тез. докл. науч.-практич. конфер., посвященной 10-летию Академии наук Республики Татарстан. – Казань, 2001. – С. 65–66.
4. Боровский М.Я., Небрат А.Г., Богатов В.И. Выделение высокоразрешающей электроразведкой зон растрескивания коллекторов, в карбонатных отложениях, полученных в процессе гидроразрыва пласта // Перспективы увеличения ресурсной базы разрабатываемых месторождений, в том числе из доманиковых отложений. Сборник докладов межрегиональной научно-практической конференции, посвященной 70-летию НГДУ «Ленингорскнефть». Карабаш, 6–7 августа 2015 г. – Альметьевск : ПАО «Татнефть», 2015. – С. 200–206.
5. Боровский М.Я., Успенский Б.В., Валева С.Е. Методические основы подготовки нефтяных месторождений к горизонтальному бурению // Горизонтальные скважины 2017. – Казань, Россия, 15–19 мая 2017 г.
6. Боровский М.Я., Небрат А.Г., Богатов В.И. Повышение эффективности оценки результатов гидроразрыва в карбонатных пластах: высокоразрешающая электроразведка // Горизонтальные скважины и ГРП в повышении эффективности разработки нефтяных месторождений : Материалы научно-практической конференции. – Казань : Изд-во «Слово», 2017. – С. 143–147.
7. Боровский М.Я., Борисов А.С., Фахрутдинов Е.Г. Комплексное геолого-геофизическое изучение верхней части осадочного чехла. – Казань : Изд-во Казан. Ун-т, 2016. – 216 с.
8. Боровский М.Я., Богатов В.И. Высокоточная гравиразведка при сопровождении процессов гидроразрыва продуктивного пласта // Теория и практика разведочной и промысловой геофизики : Материалы Междунар. науч.-прак. конф., посвященной 85-летию Первой Всесоюзной геофизической конференции (г. Пермь, 23–24 ноября 2017 г.) / гл. ред. В.И. Костицын ; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2017. – С. 42–47.
9. Дягилев Р.А., Шумилов А.В. Микросейсмический мониторинг развития зон трещиноватости при гидроразрыве пласта // XXII научно-практическая конференция «Новые геофизическая техника и технологии для решения задач нефтегазовых и сервисных компаний». Тезисы докладов конференции в рамках XXIV Международной специализированной выставки «Газ. Нефть. Технологии – 2016». – Уфа : Изд-во ООО «Новтек Бизнес», 2016. – С. 97–100.
10. Мониторинг ГРП: почему бы не гравиметрия? / А.М. Лобанов [и др.] // Вопросы теории и практики геологической интерпретации геофизических полей : Материалы 44-й сессии Международного семинара им. Д.Г. Успенского, Москва, 23–27 января 2017 г. – М. : ИФЗ РАН, 2017. – С. 229–231.
11. Небрат А.Г., Сочельников В.В. Электроразведка методом становления поля для поляризующихся сред // Геофизика. – 1998. – № 6. – С. 27–30.
12. Слепак З.М. Гравиразведка. Новые технологии прогнозирования нефтяных месторождений. – Казань : Изд-во Казанского университета, 2015, 168 с.
13. Слепак З.М. Геолого-геофизические исследования при решении задач нефтяной геологии с целью повышения результативности бурения горизонтальных скважин // Горизонтальные скважины 2017. – Казань, Россия, 15–19 мая 2017 г.

References:

1. Borovskiy M.Ya. Using high-precision gravity is a significant factor in optimizing the final stages of development of oil deposits // Experience of investigation and development of Romashkinskoye oil deposits of the Volga-Kama region. – Kazan : New Knowledge, 1998. – P. 145–147.
2. Borovskiy M.Ya., Guzeev N.X., Nurgaliev D.K. Geoecology of the mineral resources of the Republic of Tatarstan: geophysical aspects / ed. by D.K. Nurgaliev. – Kazan : Ekotsentr, 1996. – 316 p.
3. Borovskiy M.Ya., Liberman V.B. Geological and geophysical training for the oil fields to horizontal drilling // Actual problems of identifying and fulfilling the potential of horizontal oil recovery technologies: proc. Dokl. scientific.-practical. confer. dedicated to the 10th anniversary of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan. – Kazan, 2001. – P. 65–66.
4. Borovskiy M.Ya., Nebrat A.G., Bogatov V.I. Accordance with the Allocation of prospecting areas of cracking reservoirs, in carbonate sediments, obtained in the process of hydraulic fracturing // Prospects of increasing the resource base producing fields, including of domanik formations. Collection of reports of interregional scientific and practical conference dedicated to the 70th anniversary of «Leninogorskneft. Karabash, August 6–7, 2015. – Almetjevsk : PJSC «Tatneft», 2015. – P. 200–206.
5. Borovskiy M.Ya., Uspenskiy B.V., Valeeva E.S. Methodical bases of preparation of oil deposits by horizontal drilling / Horizontal wells 2017. – Kazan, Russia, may 15–19, 2017.
6. Borovsky M.Ya., Nebrat A.G., Bogatov V.I. Improving the efficiency of the assessment of the results of hydraulic fracturing in carbonate reservoirs: high-resolution electrical exploration // Horizontal wells and hydraulic fracturing in improving the efficiency of oil field development: Proceedings of the scientific-practical conference. – Kazan : publishing House «Word», 2017. – P. 143–147.



7. Borovskiy M.Ya., Borisov S.A. Fakhruddinov eg Integrated geological and geophysical study of upper part of sedimentary cover. – Kazan : publishing house of Kazan. Un-t, 2016. – 216 p.
8. Borovsky M.Ya., Bogatov V.I. High-Precision gravity prospecting accompanied by the processes of hydraulic fracturing of the productive formation // Theory and practice of exploration and field Geophysics: materials mezhdunar. science.-prak. conf. dedicated to the 85th anniversary of the first all-Union geophysical conference (Perm, November 23–24, 2017) / editor-in-chief V.I. Kostitsyn ; Perm. state's. research. Univ. of Illinois. – Perm, 2017. – P. 42–47.
9. Dyagilev R.A., Shumilov A.V. Microseismic monitoring of the development of fracture zones during hydraulic fracturing // XXII scientific-practical conference «New geophysical techniques and technologies for solving problems of oil and gas and service companies» : Abstracts of the conference in the framework of the XXIV International specialized exhibition «Gas. Oil. Technologies – 2016». – Ufa : Izd-vo «Novtek Business», 2016. – P. 97–100.
10. The Monitoring of hydraulic fracturing: why not gravity? / A.M. Lobanov [etc.] // Questions of the theory and practice of geological interpretation of geophysical fields: Proceedings of the 44th session of the international seminar. D.G. Uspensky, Moscow, January 23 27, 2017. – M. : IFZ RAS, 2017. – P. 229–231.
11. Nebrat A.G., Sochelnikov V.V. Geoelectric Prospecting method of formation field for polarizing environments // Geophysics. – 1998. – № 6. – P. 27–30.
12. Slepak Z.M. Gravimetric. The new technology of forecasting oil deposits. – Kazan : Publishing house of Kazan University, 2015. – 168 p.
13. Slepak Z.M. Geological and geophysical studies in solving the problems of oil Geology in order to improve the efficiency of horizontal wells drilling // Horizontal wells 2017. – Kazan, Russia, may 15–19, 2017.