

DOI: <https://doi.org/10.25689/NP.2022.2.150-160>

EDN ХННАВО

УДК 622.276

**Оценка влияния гидравлического разрыва пласта на работу соседних скважин на примере карбонатной залежи месторождения Пермского края**

*Куданов Е.А.*

*Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия*

**Assessing the impact of hydraulic fracturing on the operation of neighboring wells by the example of a carbonate reservoir deposit in Perm region**

*E.A. Kudanov*

*Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia*

**E-mail: [kudanov1992@gmail.com](mailto:kudanov1992@gmail.com)**

**Аннотация.** В статье описан анализ и результаты исследований, проведенных для установления зависимости влияния ГРП на работу соседних скважин на примере одного из объектов разработки месторождения Пермского края. Актуальность исследования обусловлена тем, что гидравлический разрыв пласта (ГРП) является одним из основных методов интенсификации добычи нефти не только в Пермском крае, но и во всей России. Установлено, что проведение ГРП привело к снижению дебитов соседних скважин рассматриваемого объекта разработки. Также у реагирующих добывающих скважин среднее значение дебита равно или меньше после операции ГРП. Данное исследование является лишь первым шагом, и для более глубокого и комплексного анализа необходимо изучать информацию о взаимовлиянии скважин.

**Ключевые слова:** гидравлический разрыв пласта, карбонатный коллектор, влияние скважины, трещина, Пермский край, залежь, дебит нефти, приёмистость, метод увеличения нефтеотдачи

**Для цитирования:** Куданов Е.А. Оценка влияния гидравлического разрыва пласта на работу соседних скважин на примере карбонатной залежи месторождения Пермского края//Нефтяная провинция.- 2022.-№2(30).-С.150-160. - DOI <https://doi.org/10.25689/NP.2022.2.150-160>. - EDN ХННАВО

**Abstract:** The article describes the analysis and results of studies conducted to establish the dependence of the influence of hydraulic fracturing on the work of neighboring wells on the example of one of the objects of the Perm region field development. The relevance of the study is due to the fact that hydraulic fracturing (HF) is one of the main methods of oil production intensification not only in the Perm region, but throughout Russia. It has been established that hydraulic fracturing led to a decrease in the flow rates of neighboring wells of the object of development under consideration. Also responding producing wells have an average flow rate equal or lower after hydraulic fracturing operation. This study is only the first step, and for a more in-depth and comprehensive analysis, it is necessary to study the information about the mutual influence of wells.

**Key words:** *hydraulic fracturing, carbonate reservoir, well impact, fracture, perm, reservoir, oil flow rate, injectivity, enhanced oil recovery method*

**For citation:** E.A. Kudanov Ocenka vlijaniya gidravlicheskogo razryva plasta na rabotu sosejdnih skvazhin na primere karbonatnoj zalezhi mestorozhdenija Permskogo kraja [Assessing the impact of hydraulic fracturing on the operation of neighboring wells by the example of a carbonate reservoir deposit in Perm region]. Neftyanaya Provintsiya, No. 2(30), 2022. pp. 150-160. DOI <https://doi.org/10.25689/NP.2022.2.150-160>. EDN XHHABO (in Russian)

Технология гидравлического разрыва пласта (ГРП) является одним из эффективных способов увеличения добычи нефти. Данная технология представляет собой механический метод воздействия на продуктивный пласт, заключающийся в том, что порода под действием создаваемого закачкой давления разрывается по плоскостям минимальной прочности [1]. После разрыва трещина продолжает увеличиваться под воздействием давления жидкости на горную породу, возникает ее связь с зонами повышенной проницаемости [2,3]. Таким образом, расширяется область пласта, дренируемая скважиной. В образованные жидкостями разрыва трещины транспортируют материал, закрепляющий трещины в раскрытом состоянии после снятия избыточного давления.

На территории Пермского края применение данного метода началось в 1996 г. В то время обработки являлись одиночными, для жидкостей разрыва не применялись сложные химические составы, с минимальным количеством закрепляющего трещину агента, программные продукты для моделирования процесса не использовались. В 2005 г. для месторождений

Пермского края происходит активное развитие комплексного подхода к проведению операций ГРП.

В настоящее время на территории Пермского края применяются самые разнообразные технологии: в терригенных коллекторах – проппантный ГРП, в карбонатных - кислотный, азотно-пенный ГРП, кислотный ГРП с закреплением трещин проппантом и др.

Эффективность оценивается по трём основным характеристикам:

- 1) прирост дебита нефти после мероприятия;
- 2) рост обводнённости продукции скважины после мероприятия;
- 3) длительность эффекта прироста дебита нефти после мероприятия.

Зачастую основанием для выбора скважин для проведения ГРП являются показатели работы соседних скважин [4]. При разработке месторождений, на которых применяют операции ГРП, существенно изменяются режимы работы соседних скважин, находящихся в 300-500 м от основной скважины. При хорошей гидродинамической связи между скважинами происходит снижение дебитов в высокопродуктивных соседних скважинах [5]. Объяснением этому может быть то обстоятельство, что при работе некоторых продуктивных скважин на одном участке нагнетательные скважины не успевают создавать необходимый энергетический режим для всех скважин, и происходит перераспределение основных потоков в сторону скважины с ГРП [6].

Поэтому для установления зависимости влияния ГРП на работу соседних скважин в данной работе проведен анализ влияния скважин, на которых были проведены КГРП и ПГРП, на добычу соседних скважин на примере нефтяной залежи месторождения Пермского края, сложенной карбонатами.

Залежь пластово-сводовая, нефтенасыщенная часть больше, чем наполовину образована известняками биоморфными и детритово-биоморфными. Эффективная нефтенасыщенная толщина в среднем по за-

лежи составляет 3,9 м. Краткие сведения о геолого-физической характеристике залежи представлены в табл. 1.

Таблица 1

*Краткая информация об объекте разработки*

№ п/п	Наименование показателя, ед. изм.	Значение
1	Эффективная нефтенасыщенная толщина	3,9
2	Пористость, %	16%
3	Проницаемость, мкм <sup>2</sup>	0,154
4	Газосодержание, м <sup>3</sup> /т	23,1
5	Давление насыщения, МПа	8,3
6	Вязкость пластовой нефти, мПа·с	8,17

Для проведения анализа на залежи необходимо выделить несколько зон, которые должны соответствовать следующим критериям:

- должна(-ы) присутствовать 1-2 скважины, на которых была проведена операция по гидроразрыву пласта;
- рядом должна присутствовать группа скважин, на которых не применяли методы увеличения нефтеотдачи (МУН).

Для более подробного исследования были выбраны:

- восточный участок залежи со скважинами №657 и №2142. Данный участок обладает большим количеством добывающих и нагнетательных скважин, находящихся рядом друг с другом, поэтому легко оценить их совместное влияние друг на друга. Данный участок представляет поровый тип коллектора (Рис. 1);
- центральная часть залежи вокруг скважины №3017. Данный участок обладает скважинами, находящихся рядом друг с другом, и совместное влияние которых легко оценить. Также по сравнению с другими выделенными участками залежи, на данном участке сосредоточена наибольшая плотность запасов. Данный участок представляет трещиноватый тип коллектора (Рис. 2).

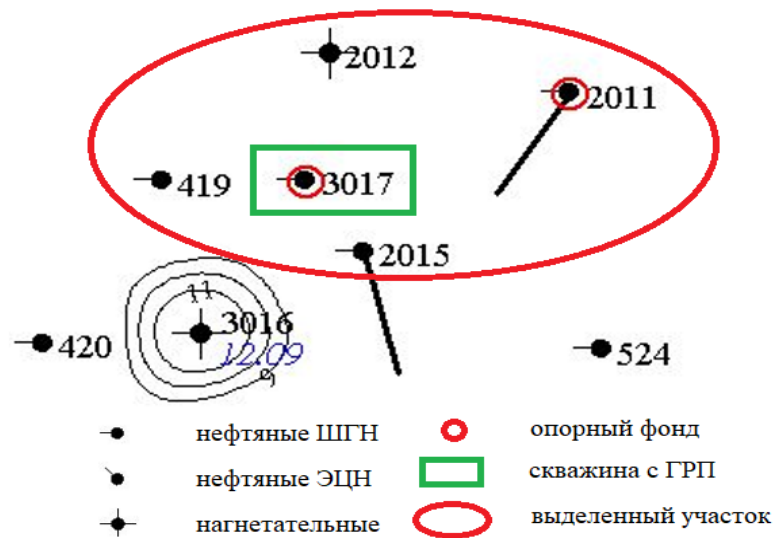


Рис. 1. Восточный участок залежи.

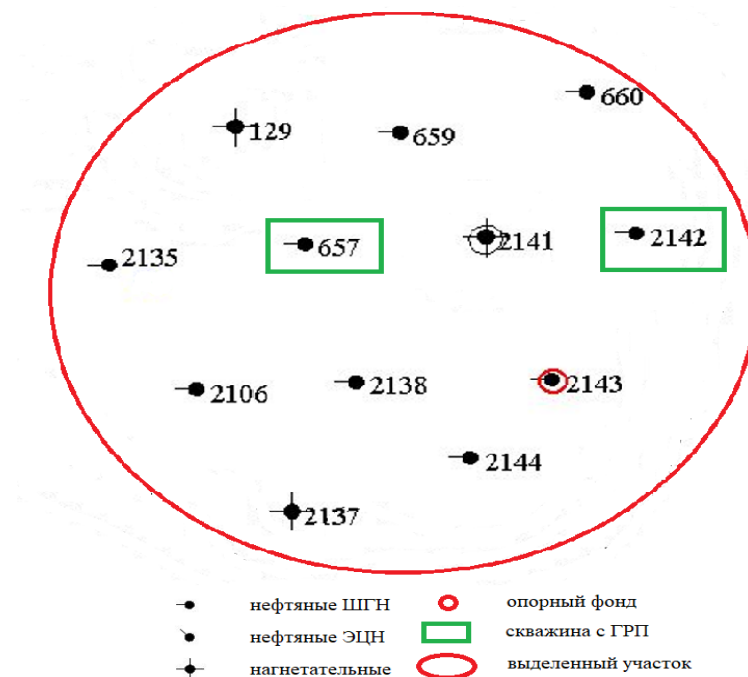
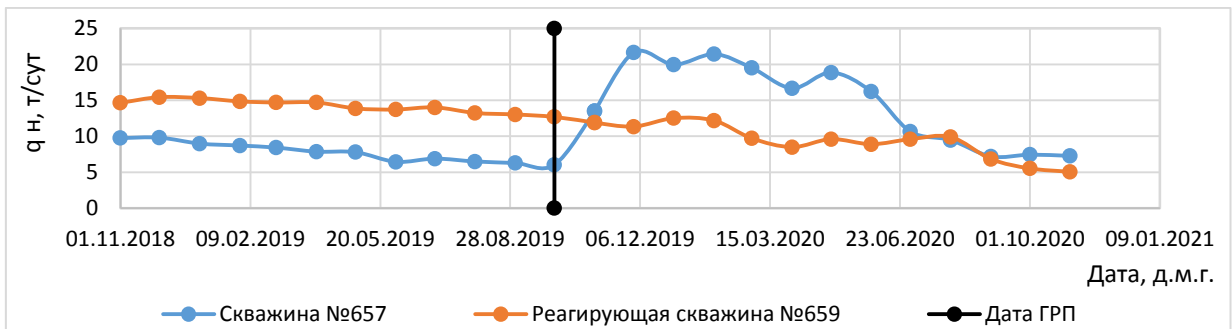


Рис. 2. Центральный участок залежи.

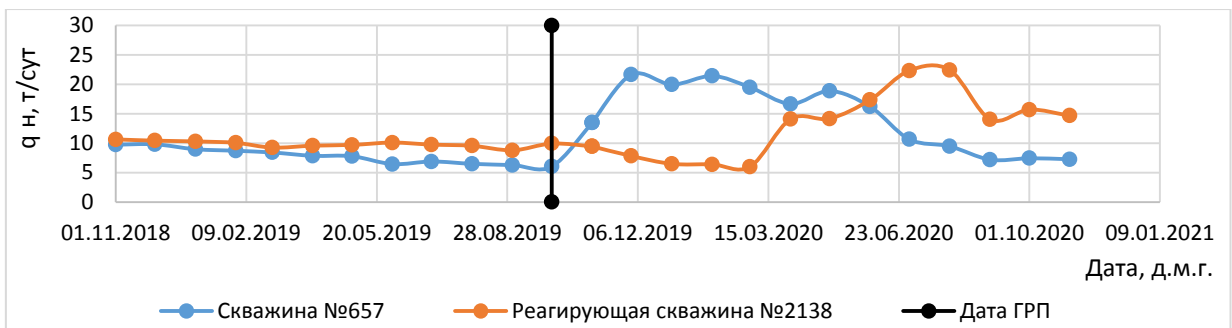
По результатам анализа были построены графики зависимости значения ежемесячного дебита нефти за год до ГРП и в течении года после ГРП от времени по каждой скважине.

На восточном участке находятся две скважины, на которых была проведена операция по гидроразрыву пласта: №657 и №2142. Для скважи-

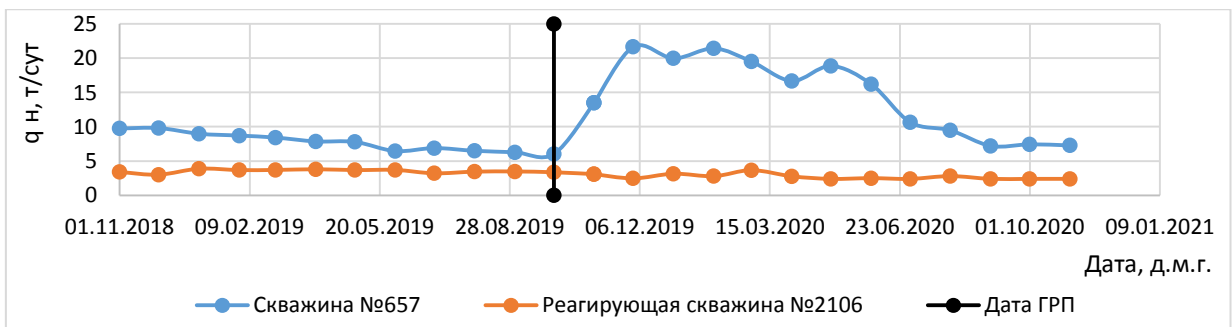
ны №657 соседними (реагирующими) являются добывающие скважины №659, 2138, 2106, 2135 и нагнетательные скважины №129, 2141 (Рис. 3-8).



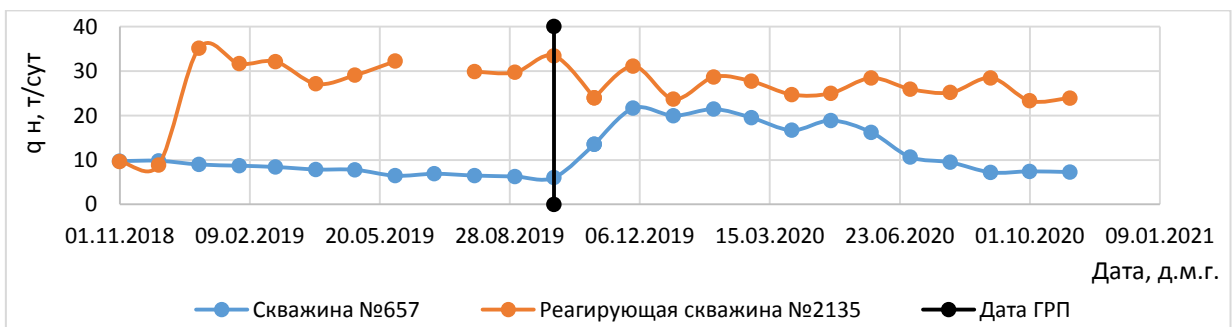
**Рис. 3. Влияние скважины №657 на скважину №659**



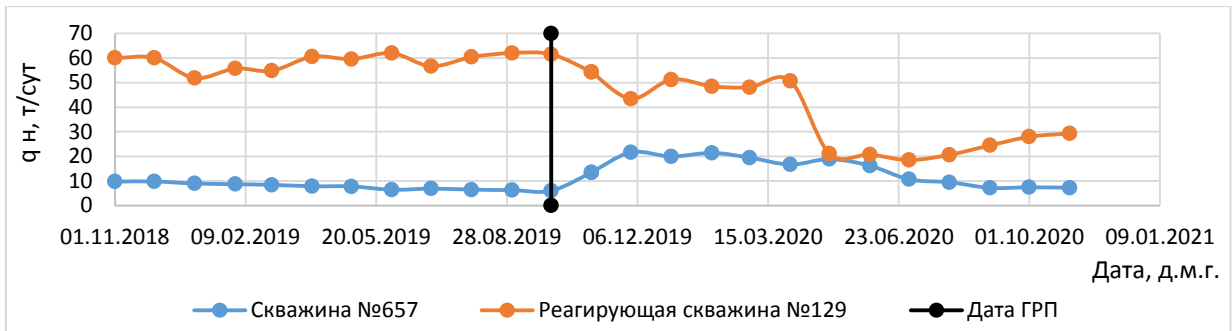
**Рис. 4. Влияние скважины №657 на скважину №2138**



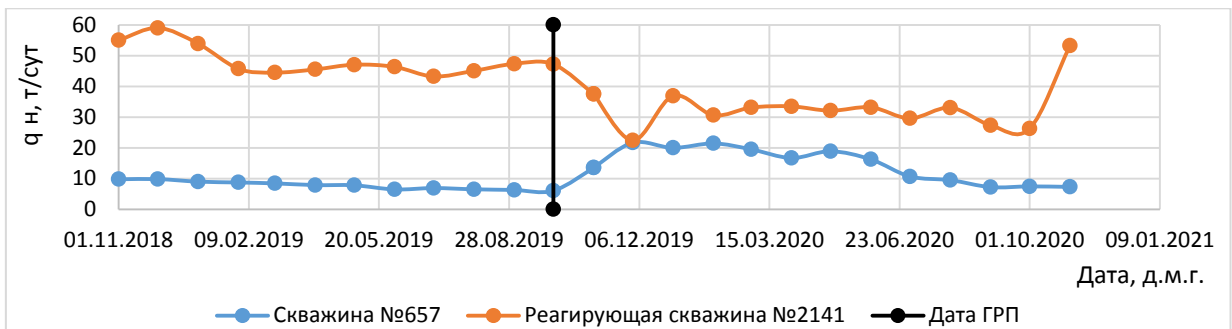
**Рис. 5. Влияние скважины №657 на скважину №2106**



**Рис. 6. Влияние скважины №657 на скважину №2135**

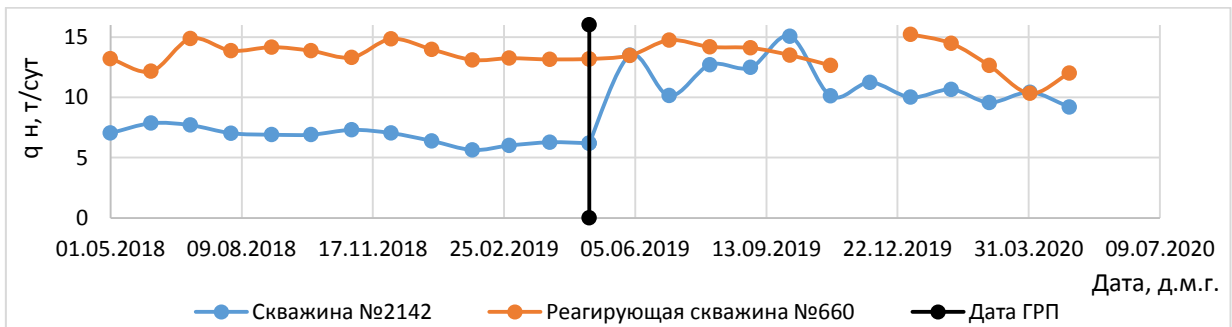


**Рис. 7. Влияние скважины №657 на скважину №129.**

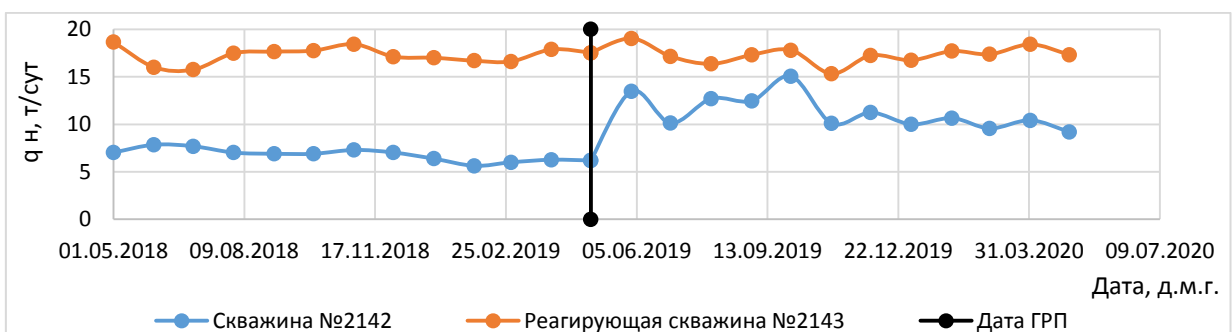


**Рис. 8. Влияние скважины №657 на скважину №2141.**

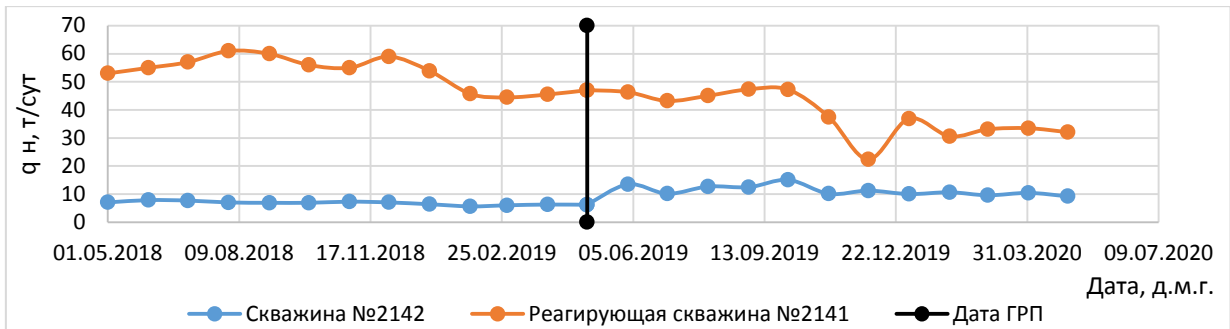
Для скважины №2142 соседними (реагирующими) являются добывающие скважины №660, 2143 и нагнетательная скважина №2141 (Рис. 9-11).



**Рис. 9. Влияние скважины №2142 на скважину №660.**

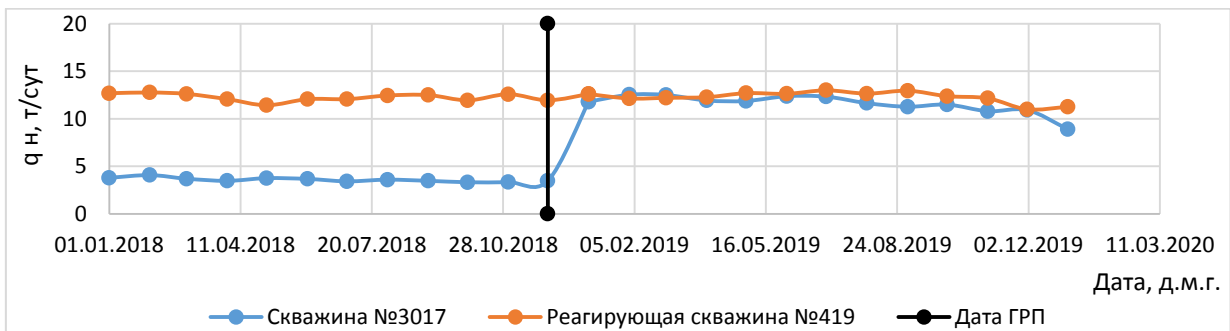


**Рис. 10. Влияние скважины №2142 на скважину №2143.**

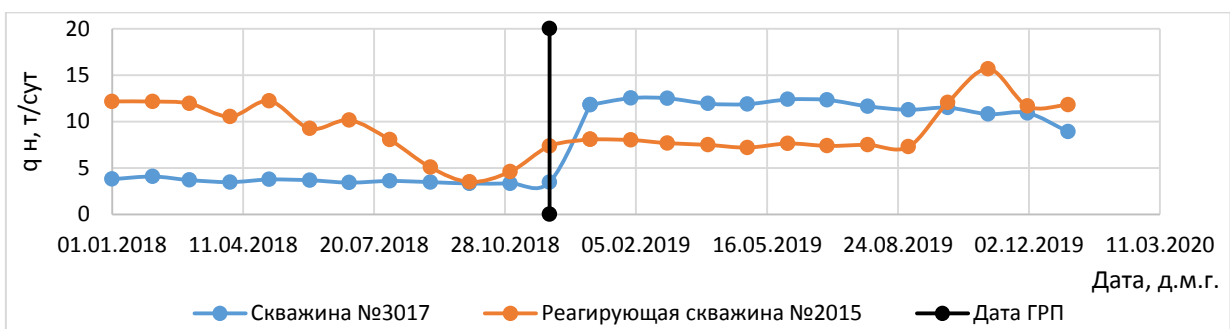


**Рис. 11. Влияние скважины №2142 на скважину №2141.**

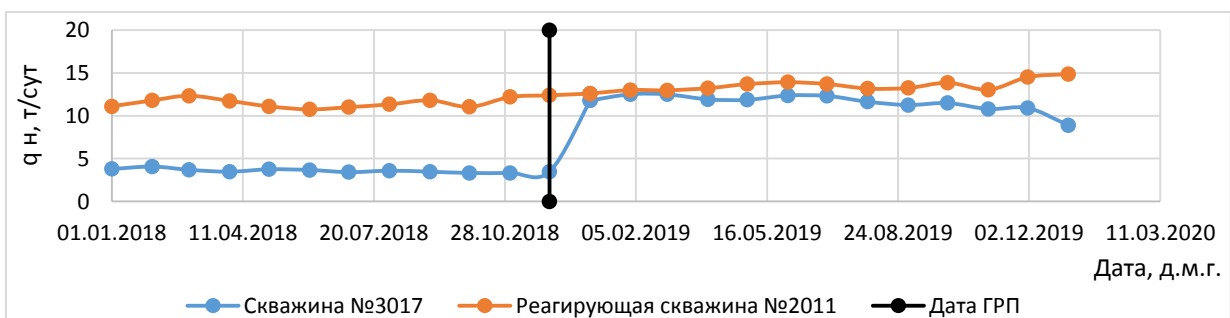
На центральном участке находится скважина, на которой была проведена операция по гидроразрыву пласта: №3017. Для нее соседними (реагирующими) являются добывающие скважины №419, 2015, 2011 и нагнетательная скважина №2012 (Рис. 12-14).



**Рис. 12. Влияние скважины №3017 на скважину №419.**



**Рис. 13. Влияние скважины №3017 на скважину №2015.**



**Рис. 14. Влияние скважины №3017 на скважину №2011.**



По результатам подробного анализа двух выделенных участков, практически у всех реагирующих скважин наблюдается общая тенденция: происходит снижение дебита, при его увеличении на основной, где был проведен ГРП. Также у всех реагирующих добывающих скважин среднее значение дебита после ГРП меньше или примерно равно дебиту до ГРП, но никак не больше. Объяснением этому может быть то обстоятельство, что при работе нескольких продуктивных скважин на одном участке нагнетательные скважины не успевают создавать необходимый энергетический режим для всех скважин, и происходит перераспределение основных потоков в сторону скважины с ГРП. Для реагирующих нагнетательных скважин установлена зависимость снижения средней приемистости после ГРП. Возможно, снижение приемистости нагнетательных скважин № 129 и № 2141 связано с технологическим регулированием закачки, в связи с ростом обводненности продукции скважины № 657 (до 42-52 % в течение 3-х месяцев) после проведения ГРП.

Очевидно, в рамках локально проведенного исследования невозможно сделать точный вывод о характере влияния скважин друг на друга. Необходимо при последующих исследованиях привлекать дополнительные данные, такие как пространственное положение трещин и их размеры, а также технологические параметры при операциях ГРП. Целесообразно повторение исследований на других скважинах этого и других регионов.

### Список литературы

1. Кудинов В.И., Сучков Б.М. Методы повышения производительности скважин. – Самара : Кн. изд-во, 1996. – 414 с.
2. Кашников Ю.А., Ашихмин С.Г., Якимов С.Ю., Кухтинский А.Э. (2018). Влияние геомеханических параметров горного массива на эффективность гидроразрыва пласта. Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений, 1, с. 46-50.
3. Тиаб Джеббар, Доналдсон Эрл Ч. Петрофизика: теория и практика изучения коллекторских свойств горных пород и движения пластовых флюидов. – М.: ООО "Премиум Инжиниринг", 2009. – 868 с.

4. Пономарева И.Н., Мартюшев Д.А. (2020). Оценка результатов гидравлического разрыва пласта на основе анализа геолого-промысловых данных. Георесурсы, 22(2), с. 8-14. DOI: <https://doi.org/10.18599/grs.2020.2.8-14>
5. Черепанов С.С., Чумаков Г.Н., Пономарева И.Н. (2015). Результаты проведения кислотного гидроразрыва пласта с проппантом на турнейско-фаменской залежи Озерного месторождения. Вестник ПНИПУ. Геология. Нефтегазовое и горное дело, 14(16), с. 70-76. <https://doi.org/10.15593/2224-9923/2015.16.8>
6. Давлетова А.Р., Колонских А.В., Федоров А.И. Направление трещины повторного гидроразрыва пласта // Нефтяное хозяйство. – № 11. – 2017. – С. 110–113.

#### References

1. Kudinov V.I., Suchkov B.M. *Metody povysheniya proizvoditelnosti skvazhin* [Methods to improve well productivity]. Samara: 1996. 414 p. (in Russian)
2. Kashnikov Yu.A., Ashikhmin S.G., Yakimov S.Yu., Kukhtinsky A.E. *Vliyanie geometricheskikh parametrov gornogo massiva na effektivnost gidrorazryva plasta* [Influence of a rock mass geo-mechanical parameters on the efficiency of a formation hydraulic fracturing]. *Geologiya, Geofizika i Razrabotka Neftyanykh i Gazovykh Mestorozhdeniy* [Geology, Geophysics and Development of Oil and Gas Fields]. 2018, No. 1, pp. 46-50. (in Russian)
3. Tiab Djebbar, Donaldson Erle C. *Petrophysics: Theory and practice of measuring reservoir rock and fluid transport properties*. Moscow: OOO Premium Engineering Publ. 2009. 868 p. (translated from English)
4. Ponomareva I.N., Martyushev D.A. (2020). *Otsenka rezultatov gidravlicheskogo razryva plasta na osnove analiza geologo-promyslovykh dannykh* [Evaluation of hydraulic fracturing results based on the analysis of geological field]. *Georesursy* [Georesources]. 2020, No. 22(2), pp. 8-14. DOI: <https://doi.org/10.18599/grs.2020.2.8-14> (in Russian)
5. Cherepanov S.S., Chumakov G.N., Ponomareva I.N. *Rezultaty provedeniya kislotnogo gidrorazryva plasta s proppantom na turneisko-famenskoi zalezhi Ozernogo mestorozhdeniya* [Results of proppant acid fracturing of Ozernoye field Tournaisian-Famennian formation]. *Vestnik PNIU. Geologiya. Neftegazovoe i Gornoe Delo* [Perm Journal of Petroleum and Mining Engineering]. 2015, No. 14(16), pp. 70-76. <https://doi.org/10.15593/2224-9923/2015.16.8> (in Russian)
6. Davletova A.R., Kolonskikh A.V., Fedorov A.I. *Napravlenie treshchiny povtornogo gidrorazryva plasta* [Fracture reorientation of secondary hydraulic fracturing operation]. *Neftyanoe Khozyaistvo* [Oil Industry]. 2017, No. 11. pp. 110–113. (in Russian)

**Сведения об авторах**

*Куданов Евгений Андреевич*, магистр, ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»  
Россия, 614990, Пермь, Комсомольский проспект, 29  
E-mail: kudanov1992@gmail.com

**Authors**

*E.A. Kudanov*, Master's Degree, Perm National Research Polytechnic University  
29, Komsomolsky Prospekt, Perm, 614990, Russian Federation  
E-mail: kudanov1992@gmail.com

*Статья поступила в редакцию 18.05.2022*

*Принята к публикации 18.06.2022*

*Опубликована 30.06.2022*