DOI: 10.24412/2076-6785-2021-5-**-**
УДК 622.276 I Научная статья

Выявление направления естественной трещиноватости и кавернозности с целью оптимизации параметров разработки месторождения

Пономарев М.Д. [1, 2], **Борхович С.Ю.** [1], **Мавлиев А.Р.** [2], **Полозов М.Б.** [1], **Трубицына Н.Г.** [1]
[1] Институт нефти и газа им. М.С. Гуцериева, Удмуртский государственный университет, Ижевск, Россия, [2] ЗАО «ИННЦ», Ижевск, Россия
michael999@inbox.ru

Аннотация
В статье проведено изучение направления распространения естественной трещиноватости и преимущественное направление распространения кавернозности карбонатного коллектора подоло-каширо-верейского объекта Ельниковского нефтяного месторождения. Исследования базируются на анализе информации по отобранному керну, трассерных исследований, метода FMI и взаимовлияния добывающих/нагнетательных скважин. При исследовании определены основные направления трещин и каверн. Данные параметры необходимо учитывать при планировании сетки скважин, в частности корректировании расположения добывающих/нагнетательных с целью предотвращения опережающего обводнения, а также при подборе кандидатов на геолого-техническое мероприятие для увеличения конечного коэффициента нефтеотдачи.

Материалы и методы
На основе анализа практического материала по оптимизации условий разрабатываемых месторождений на территории Удмуртской Республики.

Ключевые слова
естественная трещиноватость, естественная кавернозность, разработка, нефтяное месторождение, карбонатный коллектор, геолого-техническое мероприятие (ГТМ), взаимовлияние скважин

Для цитирования
Пономарев М.Д., Борхович С.Ю., Мавлиев А.Р., Полозов М.Б., Трубицына Н.Г. Выявление направления естественной трещиноватости и кавернозности с целью оптимизации параметров разработки месторождения // Экспозиция Нефть Газ. 2021. № 4. С. **–**.
DOI: 10.24412/2076-6785-2021-4-**-**

Поступила в редакцию: 07.06.2021

OIL PRODUCTION
UDC 622.276 I Original paper

Revealing the direction of natural fracturing and cavernousness in order to optimize the field development parameters

Ponomarev M.D. [1, 2], **Borkhovich S.Yu.** [1], **Mavliev A.R.** [2], **Polozov M.B.** [1], **Trubitsyna N.G.** [1]
[1] Gutsyriev oil and gas institute, Udmurt State University, Izhevsk, Russia, [2] "INNC" CJSC, Izhevsk, Russia
michael999@inbox.ru

Abstract
This article evaluates the study of the direction of spread of natural fracturing and predominant direction of propagation of cavernousness of the carbonate reservoir of the Podol-Kashiro-Vereiskian object of the Elnikovskoye oil field. The studies are based on the analysis of information on the sampled core, tracer studies, the FMI method and the mutual influence of production/injection wells. The study identified the main directions of natural fractures and vugginess. These parameters must be taken for well coverage, in particular, adjusting the location of production/injection wells in order to prevent anticipatory water invasion, as well as when selecting candidates for geological and technical measures to increase the final oil recovery factor.

Materials and methods
Based on the analysis of practical material on optimizing the conditions of the fields being developed in the territory of the Udmurt Republic.

Keywords
natural fractures, natural vugginess, development, oil field, carbonate reservoir rock, geological and technical actions, interference of wells

For citation
Ponomarev M.D., Borkhovich S.Yu., Mavliev A.R., Polozov M.B., Trubitsyna N.G. Revealing the direction of natural fracturing and cavernousness in order to optimize the field development parameters. Exposition Oil Gas, 2021, issue 5, P. **–**. (In Russ). DOI: 10.24412/2076-6785-2021-5-**-**

Received: 07.06.2021

Разработка месторождения с учетом потенциальных геологических и технологических возможностей — важнейший фактор, влияющий на эффективную добычу запасов углеводородного сырья, темпы выработки и на конечный коэффициент нефтеотдачи. В период формирования залежи горные породы претерпевают неоднократные преобразования под воздействием меняющихся термобарических условий и влиянием химических и тектонических процессов [1]. В результате происходит изменение неоднородной структуры матрицы коллектора, в частности проявление трещин и каверн [2, 3].

Направление естественной трещиноватости и кавернозности необходимо учитывать при планировании сетки скважин. Корректирование расположения добывающих/нагнетательных скважин позволяет предотвратить опережающее обводнение. Помимо этого, учитывая направление трещин и каверн, можно значительно снизить риски при подборе скважин на геолого-технические мероприятия (ГТМ). Рост эффективности проведения ГТМ, в частности гидроразрыв пласта (ГРП) и большеобъемная обработка призабойной зоны пласта (ОПЗ), позволяет увеличить конечный коэффициент нефтеотдачи.

В рамках данной работы изучены направления распространения естественных трещиноватости и кавернозности карбонатных коллекторов подоло-каширо-верейского (ПКВ) объекта Ельниковского нефтяного месторождения. Наличие трещин, каверн и их направления подтверждено исследованиями отобранного керна. При изучении авторами результатов исследований керна, отобранного в 69 скважинах, установлено, что данные пласты имеют более сложное строение, содержат трещины и каверны (рис. 1). Изученный объект разработки содержит трещины и каверны как по подольским, так и по каширским и верейским отложениям. Однако распространены они неравномерно. Поставлена задача изучения преимущественного направления распространения трещин и каверн [4].

С целью решения задачи проведен анализ результатов исследования скважины 1 методом FMI (FullBore Formation MicroImager). Установлено наличие умеренного развития техногенных трещин и неявных вывалов. Определено, что вектор максимального горизонтального напряжения направлен на юго-восток (130°), а также развита естественная трещиноватость: трещины в своем большинстве слабоконтрастные, без явной видимой раскрытости.

Помимо керна и результатов FMI изучены результаты 8 трассерных исследований Апалихинского поднятия Ельниковского месторождения, проведенных компанией ОАО «Удмуртнефть». Выявлено, что основными направлениями фильтрационных потоков являются: северо-запад/юго-восток (СЗ/ЮВ) и юго-запад/северо-восток (ЮЗ/СВ). Также отмечено, что фильтрационные потоки от нагнетательной скважины не всегда направлены к добывающим скважинам, расположенным в зонах с пониженным пластовым давлением, при условии их расположения западнее или восточнее скважины поддержания пластового давления (ППД). Данное исследование косвенно подтверждает теорию о направленности трещин и каверн в пласте. Основные направления фильтрации по трассерным исследованиям совпадают с результатами FMI-исследования.

С целью уточнения направлений фильтрационных потоков от нагнетательных скважин к добывающим и расширения зоны охвата произведена оценка взаимодействия скважин. При переводе добывающей скважины в категорию нагнетающих или при изменении приемистости нагнетательных скважин ППД определялась мгновенная/сильная реакция окружающих ее добывающих скважин. В результате построена карта с основными направлениями фильтрационных потоков (рис. 2).

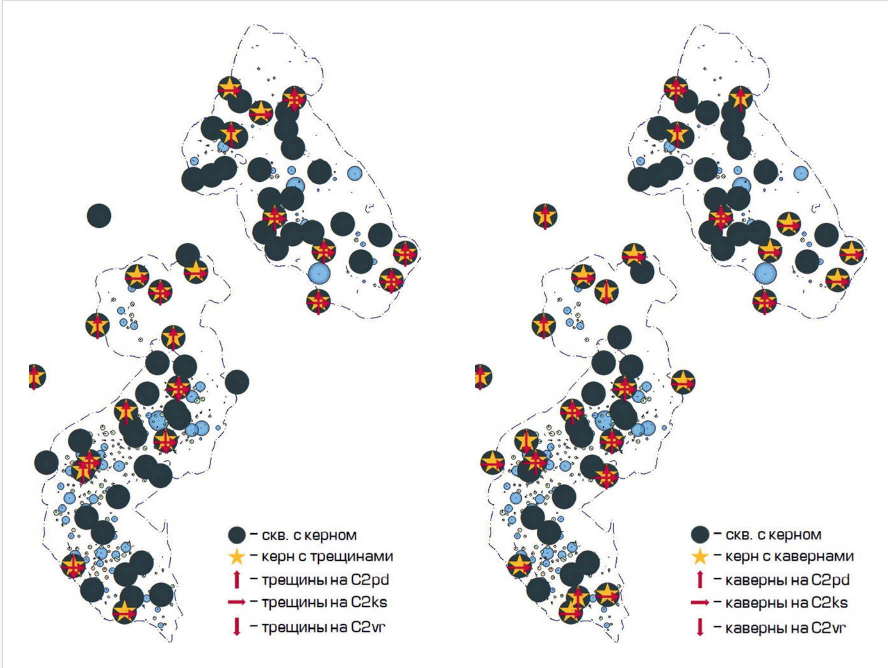

Рис. 1. Трещины и каверны ПКВ-объекта Ельниковского месторождения по исследованиям керна
Fig. 1. Cracks and caverns in the PKV object of the Elnikovskoye field according to core studies

Отмечается, что превалирует направление СЗ/ЮВ (300–330°/120–130°), второстепенным является ЮЗ/СВ (210–240°/30–60°). Исследование фильтрационных потоков подтверждает выявленные направления распространения трещин по кернам, FMI, трассерам. Учитывая факт, что трещины образованы по направлению СЗ/ЮВ, вероятнее всего, фильтрация ЮЗ/СВ идет по кавернам (рис. 3).

В качестве доказательства направлений распространения трещин и каверн рассмотрим результаты проведенного ГРП на скважине 2. В ходе анализа данных по керну и оценке влияния окружающих ППД установлено, что каверны обнаружены на П2, П3, К1, К2; трещины по керну отсутствуют.

Наблюдается влияние нагнетательной скважины 3 (направление ЮЗ/СВ) на добывающую скважину 2, в то время как влияние

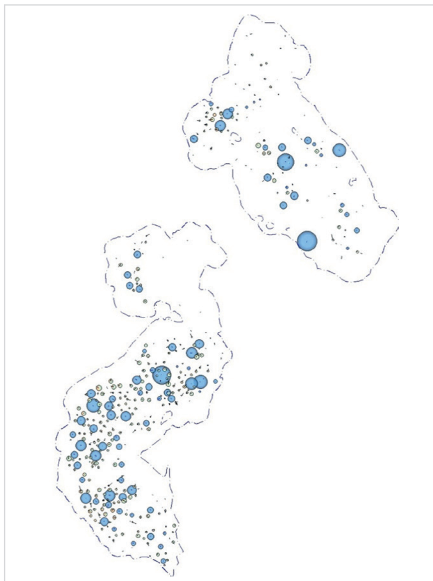

Рис. 2. Основные направления фильтрационных потоков
Fig. 2. The main directions of filtration flows

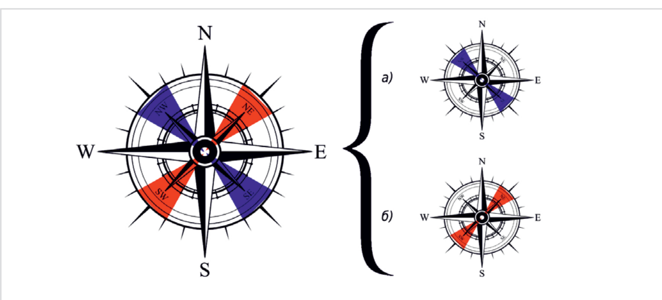

Рис. 3. Основные направления фильтрации:
— а фильтрация по трещинам, — б фильтрация по кавернам
Fig. 3. The main directions of filtration:
– а filtration along fractures, – б filtration through caverns

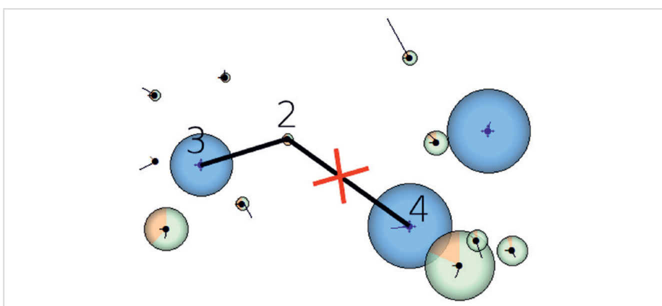

Рис. 4. Округа скважины 2
Fig. 4. Well 2 districts

нагнетательной скважины 4 отсутствует (направление СЗ/ЮВ) (рис. 4).

Гидроразрыв пласта, проведенный в скважине 2, оказался неуспешным. Причиной неуспешности стало ее обводнение. При проведении ГРП были стимулированы пласты П3, П4. С учетом наличия каверн по П3 и установленного влияния нагнетательной скважины 3, расположенной в направлении предполагаемого распространения каверн, можно сделать вывод о прорыве воды от нагнетательной скважины 3 по пласту П3.

Итоги

При исследовании подоло-каширо-верейского объекта разработки Ельниковского месторождения авторами выявлены направления распространения трещин (300–330°/120–130°) и каверн (210–240°/30–60°). Полученные результаты базируются на информации по отобранному керну, исследованиях (FMI и трассерных), детальном изучении интерференции скважин. Доказана ценность полученных результатов на примере проведенного неуспешного ГРП.

Выводы

- Выявлено направление распространения трещин СЗ/ЮВ (300–330°/120–130°), каверн ЮЗ/СВ (210–240°/30–60°).
- Распространение трещин и каверн в корне коллекторов выявлено не повсеместно, их влияние на разработку не до конца изучено.
- Рекомендуется дополнительное проведение FMI на других скважинах с целью увеличения площади месторождения, охваченной исследованиями. Результаты позволят оценить более полную картину распространения трещин. С целью повышения достоверности определения направленности каверн рекомендуется проведение ориентированного отбора керна.
- Без исследований нельзя с точностью утверждать о направленности распространения трещин/каверн. Однако необходимо учитывать риски преждевременного обводнения добывающих скважин от нагнетательных при подборе скважин для проведения ГТМ, принимая во внимание выявленные свойства коллектора.

Литература

1. Плотников В.В., Терентьев Б.В. Влияние трещиноватости на петрофизические свойства пород-коллекторов // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2007. № 9. С. 10–13.
2. Митрофанов В.П., Злобин А.А., Бейзман В.Б. О кавернозности карбонатных продуктивных отложений // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2000. № 10. С. 37–43.
3. Митрофанов В.П. Особенность анализа кавернозности // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2002. № 8. С. 33–37.
4. Князев А.Р., Некрасов А.Н. Технология оценки пористости, кавернозности и открытой трещиноватости сложнопостроенных карбонатных пород // Геофизика. 2011. № 5. С. 81–88.

ENGLISH

Results

In the study of the Podol-Kashiro-Vereisky development site of the Elnikovskoye field, the authors identified the directions of propagation of cracks (300–330°/120–130°) and caverns (210–240°/30–60°). The results obtained are based on information on the sampled core, studies (FMI and tracer), a detailed study of the interference of wells. The value of the results obtained has been proven by the example of an unsuccessful hydraulic fracturing.

Conclusions

- Presumptive direction of propagation of cracks NW/SE (300–330°/120–130°), caverns SW/NE (210–240°/30–60°).
- The propagation of cracks and cavities is not ubiquitous, and their impact on development is not fully understood.
- It is recommended to increase the coverage of FMI surveys over the area of the deposit, which will give a more complete picture of fracture propagation. In order to increase the reliability of the direction of the caverns, it is recommended to conduct an oriented core sampling.
- Without studies, it is impossible to say 100 % about the direction of fractures/cavities, however, it is necessary to take into account the risks, taking into account the identified properties of the reservoir.

References

1. Plotnikov V.V., Terentyev B.V. Influence of fracturing on petrophysical properties of reservoir rocks. Geology, geophysics and development of oil and gas fields, 2007, issue 9, P. 10–13. (In Russ).
2. Mitrofanov V.P., Zlobin A.A., Beisman V.B. About cavernousness of productive deposits. Geology, geophysics and development of oil and gas fields, 2000, issue 10, P. 37–43. (In Russ).
3. Mitrofanov V.P. A feature of the analysis of cavernosity. Geology, geophysics and development of oil and gas fields, 2002, issue 8, P. 33–37. (In Russ).
4. Knyazev A.R., Nekrasov A.N. Technology for assessing porosity, cavernosity and open fracturing of complex carbonate rocks. Geophysics 2011, issue 5, P. 81–88. (In Russ).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ I INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Полозов Михаил Брониславович, к.б.н., доцент кафедры РЭНГМ, Институт нефти и газа им. М.С. Гуцериева, Удмуртский государственный университет, Ижевск, Россия
Для контактов: michael999@inbox.ru

Пономарев Максим Дмитриевич, студент 2 курса магистратуры, Институт нефти и газа им. М.С. Гуцериева, Удмуртский государственный университет, инженер ЗАО «Ижевский нефтяной научный центр», Ижевск, Россия

Трубицына Наталья Геннадьевна, к.ф-м.н., доцент кафедры РЭНГМ, Институт нефти и газа им. М.С. Гуцериева, Удмуртский государственный университет, Ижевск, Россия

Борхович Сергей Юрьевич, к.т.н., доцент кафедры РЭНГМ, Институт нефти и газа им. М.С. Гуцериева, Удмуртский государственный университет, Ижевск, Россия

Мавлиев Альберт Разифович, к.т.н., главный специалист отдела мониторинга разработки месторождений ЗАО «ИННЦ», Ижевск, Россия

Polozov Mikhail Bronislavovich, ph. d., associate professor, Udmurt State University, Institute Oil and Gas M.S. Gutseriev, Izhevsk, Russia
Corresponding author: michael999@inbox.ru

Ponomarev Maxim Dmitrievich, 2nd year master's student, Udmurt State University, Institute Oil and Gas M.S. Gutseriev, engineer of “Izhevsk Oil Scientific Center” JSC, Izhevsk, Russia

Trubicyna Natalia Gennadevna, ph. d physico-mathematical sciences, associate professor, Udmurt State University, Institute Oil and Gas M.S. Gutseriev, Izhevsk, Russia

Borkhovich Sergey Yurievich, ph. d., associate professor, Udmurt State University, Institute Oil and Gas M.S. Gutseriev, Izhevsk, Russia

Mavliev Albert Razifovich, ph. d, chief Specialist of the Field Development Monitoring Department, “INNC” CJSC, Izhevsk