

Оценка петрофизических свойств деформированных пластов песчаника и их влияния на поток флюидов (на примере обнажений Абшеронского п-ова)

Г.А. Зейналов, д.ф.г.-м.н.,
Ш.Б. Алхаслы*

*Университет Хазар,

[†]eLink Research and Development Center

e-mail: shahriyer.alkhasli@khazar.org

Ключевые слова: петрофизические свойства деформированных пластов, полевые замеры на обнажениях Абшеронского п-ова, лабораторные измерения с деформационными полосами, Ясамальская долина.

Введение

Оценка пористости и проницаемости деформированных песчаников представляет особый интерес из-за наличия большого количества пластов с трещинами и/или с деформационными полосами, оказывающими существенное влияние на поток флюидов в пласте. Первая интерпретация деформационных полос, датированная 1968 г., ассоциировалась их как тонкие миллиметровые сдвиги породы [1]. Дальнейшее изучение выявило, что деформационные полосы – предшественники больших сдвиговых нарушений, а не сдвигов как таковых [2]. Механизмы образования, кинематика, классификация и влияние деформационных полос на петрофизические свойства песчаников широко описаны в литературе [3].

Влияние деформационных полос на петрофизические свойства пластов песчаника является функцией многих параметров, включая начальную пористость и проницаемость, а также минералогический состав песчаника. В результате обширного анализа факторов, влияющих на изменения свойств песчаников на основе данных, собранных с обнаженных пород со всего мира было выявлено, что понижение проницаемости в самих деформационных полосах варьируется от нуля до шести порядков, по сравнению с материнской породой (та же порода без деформационной породы) [4]. Авторы работы [5] оценили понижение эффективности потока на основе дифференциальной формы уравнения Дарси при установившемся состоянии

флюидного потока и пришли к выводу, что разница в проницаемости между материнской породой и деформационной полосой должна превышать четыре порядка для существенного влияния на поток жидкости в пористой среде.

Целью данной работы является выявление влияния деформационных полос (на примере песчаников балаханской свиты Ясамальской антиклинали) и сопоставление с влиянием процента кальцитов и глин в песчаниках как в резервуарных, так и керновых масштабах.

Методика

Полевые работы были сконцентрированы на восточном крыле Ясамальской антиклинали из-за наличия большого количества деформационных полос на опрокинутых пластах песчаника и на пластах с большим углом падения. Замеры были проведены на песчаниках балаханской свиты, с использованием Gamma Ray MGS-150 для радиоактивности пород и Tiny Perm II для проницаемости. Замеры радиоактивности и проницаемости проводились в одинаковых местах для дальнейшего интегрированного анализа. Вычисление объема глинистости песчаников произведено по эмпирическому уравнению Steiber, 1970 с использованием гамма-картажа [6]. Замеры также проводились на отдельных пластах песчаников (по простирающему пласту) с изучением деформационных полос и вышеупомянутыми замерами.

Наличие только полевых замеров является недостаточным для определения деградации петрофизических свойств пород. Были назначены два вида лабораторных экспериментов с целью определения пористости и проницаемости, а также минералогического состава: рутинный анализ зерна и рентгенодифракционный анализ. Были изъятые образцы песчаников балаханской свиты Ясамальской долины, с присутствием и без наличия деформационных полос для количественного сравнения петрофизических свойств. Парные образцы были изъятые в непосредственной близости, во избежание большой разницы минералогического состава и геометрических параметров пласта (углы падения и простираения). Проницаемость внутри деформационной полосы была выведена по методу

гармонического усреднения последовательных пластов, где одним из пластов является сама деформационная полоса. Такой подход был применен в силу того, что деформационная полоса имеет ширину от 1 до 15 мм, и проведение рутинного кернового анализа на миллиметровом образце представляется невозможным.

Результаты и их обсуждение

Влияние деформационных полос на петрофизические свойства в пластовых масштабах было изучено в отдельности от кернового. Полевые замеры позволяют сопоставить влияние деформационных полос и объема глин пластов песчаника на их проницаемость. Как видно из рис. 1, экспоненциальный спад проницаемости по эффекту деформационных полос втрое больше по сравнению с эффектом объема глин. Согласно графику на рис. 1, а можно предположить, что влияние деградации проницаемости происходит не только локально (т.е. только внутри деформационной полосы), но также и в определенной близости к полосам. В литературе приведены наблюдения обратных закономерностей на основе анализа зависимости количества деформационных полос и проницаемости для крупнозернистых песчаников с проницаемостью 0.08 мкм² [7]. Следует отметить, что песчаники балаханской свиты являются мелкозернистыми, вследствие чего возможны различия в вышеупомянутых наблюдениях.

Два индивидуальных пласта песчаника (из VI и VIII горизонтов балаханской свиты) были детально изучены, с подсчетом деформационных полос на различных позициях (рис. 2). Замеры проницаемости были проведены на тех же позициях. Падение проницаемости пласта VI горизонта балаханской свиты соответствует повышению количества деформационных полос на позициях 20–30 и 30–45 (с некоторыми отклонениями). Тенденция также наблюдается в изученном пласте VIII горизонта балаханской свиты на позициях 10–28. Обратная зависимость наблюдалась на позициях 1–10 и 28–35, причиной чего могут являться литологические и петрофизические изменения пласта.

Изменение пористости и проницаемо-

Deformasiyaya uğramış qumdaşı layların petrofiziki xüsusiyyətlərinə və onların fliud axımına təsirinin qiymətləndirilməsi (Abşeron yarımadası yerüstü çıxışlarının təmsalində)

Q.Ə. Zeynalov, g.-m.f.d.,
Ş.B. Alxaslı*

*Xəzər Universiteti,

[†]eLink Research and Development Center

Açar sözlər: deformasiyaya uğramış layların petrofiziki xüsusiyyətləri, Abşeron yarımadasının yerüstü çıxışlarında çöl ölçmələri, deformasiyaya zolaqları üzrə laboratoriya ölçmələri, Yasamal dərəsi.

İşin məqsədi deformasiyaya uğramış Balaxanı qumdaşı laylarında deformasiya zolaqlarının, eləcə də mineraloji tərkibin məsələləri və keçiriciliyi təsirinə qiymətləndirilməsidir. İşin məqsədi çöl işləri zamanı portativ alət ilə ölçülmüş keçiricilik məlumatının laboratoriyada məsələli, keçiricilik və mineraloji tərkib eksperimentinə inteqrasiyasından ibarətdir. Nəticələr mineraloji tərkibin dəyişməsi nəticəsində məsələli və keçiriciliyi dəyişməsinin müqayisəsi əsasında deformasiya zolaqlı qumdaş suxurlarının petrofiziki xüsusiyyətlərinin kəskin azalmasını müşahidə olunduğunu göstərir.

Estimation of petrophysical properties of deformed sandstone layers and their impact on fluid flows (in the context of Absheron peninsula outcroppings)

G.A. Zeynalov, Ph. Dr. in Geol.-Min. Sc.,
Sh.B. Alkhasly*

*Khazar University,

[†]eLink Research and Development Center

Keywords: petrophysical properties of deformed layers, field measurements in Absheron peninsula outcroppings, laboratory measurements with deformed bands, Yasamal valley.

The paper deals with the impact estimation of deformed bands and mineralogical composition of deformed layers on the porosity and permeability of Balakhany suits sandstones. The paper methodology is based on the integration of field permeability data obtained via the portable tool and laboratory tests for specification of porosity, permeability and mineralogical composition as well. The results justify significant decrease of petrophysical properties in the presence of deformed bands compared with the changes in porosity and permeability in the variability of mineralogical composition.

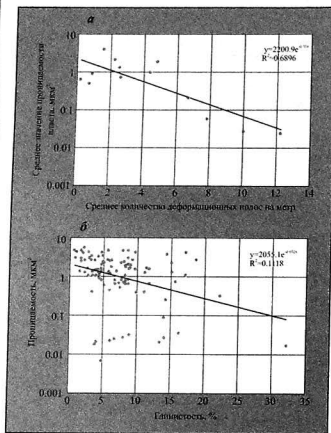


Рис. 1. Зависимость проницаемости от количества деформационных полос (а) и объема глин (б) в песчаниках в резервуарных масштабах

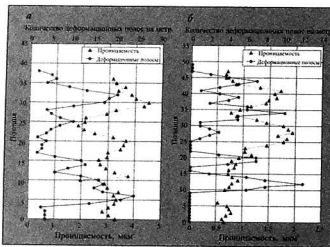


Рис. 2. Сопоставление абсолютного количества деформационных полос и замеренных проницаемостей на песчаниках VI (а) и VIII (б) горизонтов балаханской свиты

сти в керновом масштабе представлено на рис. 3. Из графиков следует, что понижение пористости в образце с деформационной полосой упало на 3% по сравнению с образцом без нее. Понижение проницаемости равно 33%.

Данными рентгенодифракционного анализа было изучено влияние процентности

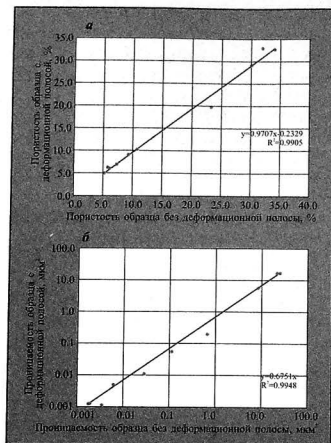


Рис. 3. Сравнение пористости (а) и проницаемости (б) парных кернов (с наличием и без деформационной полосы) с Ясамальской долины

кальцитных и глинистых минералов на пористость и проницаемость песчаников балаханской свиты Ясамальской долины. Как видно из рис. 4, увеличение процентности минералов кальцита и глин приводит к резкому падению как пористости, так и проницаемости. Относительное сравнение выявляет, что минералы глин имеют больший показатель влияния, чем минералы кальцитов 15%-ная концентрация этих минералов приводит к различному проницаемости – 0.207 и 0.044 мкм² (эти значения обозначены пунктирными линиями) (рис. 4, б, з). Возможным пояснением этого наблюдения служит то, что кальцитные конкреции подлежат растворению и образованию вторичной пористости с последующим эффектом на проницаемость. Понижение проницаемости из-за кальцита и глинистости охарактеризовано экспоненциальной функцией, и скорость спада немного выше по сравнению с эффектом, созданным средним количеством деформационных полос (рис. 1, а).

Вслед за подсчетом проницаемости внутри деформационной полосы по методу

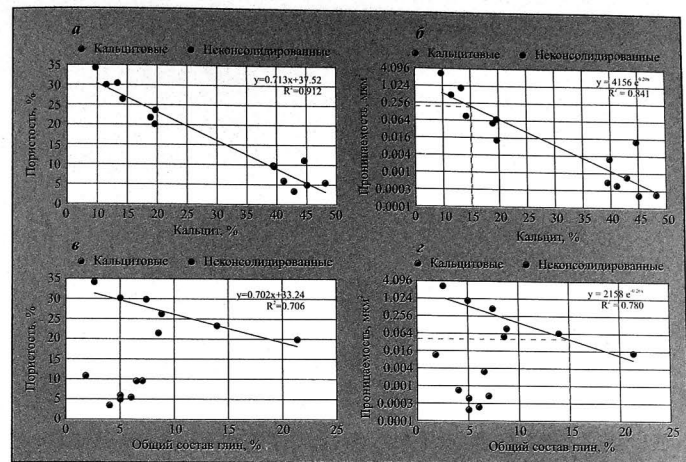


Рис. 4. Влияние кальцитности (а, б) и глинистости (в, з) на пористость и проницаемость песчаников без деформационной полосы

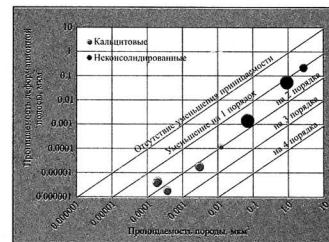


Рис. 5. Сопоставление проницаемости внутри деформационной полосы и материнской породы

гармонического усреднения был подсчитан коэффициент ухудшения, как отношение проницаемостей материнской породы к деформационной полосе. Коэффициент ухудшения был сопоставлен с проницаемостью материнской породы (рис. 5). Большинство

данных показывают, что чем больше проницаемость материнской породы, тем меньше коэффициент ухудшения.

Заключение

На основе лабораторных экспериментов было выявлено, что в деформационных полосах значение проницаемости уменьшается в 200 раз в керновом масштабе, в то время как значительного понижения пористости не наблюдается. Результаты полевых замеров показали, что ухудшение проницаемости происходит не только в самой деформационной полосе, но и в ближайшей окрестности, которое может негативно влиять на поток флюидов в пласте. Относительное сравнение влияния нескольких параметров (т.е. процент кальцита и глин песчаников, а также влияние деформационных пород) выявило экспоненциальные спады проницаемости, с наибольшим коэффициентом спада у эффекта глинистости.

Список литературы

1. Aydın, A. Small faults formed as deformation bands in sandstone // Pure and Applied Geophysics, 1978, v. 116, pp. 913-930.
2. Fossen, H., Bale, A. Deformation bands and their influence on fluid flow // American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 2007, v. 91, pp. 1685-1700.
3. Fossen, H., Soliva, R., Ballas, G., Trzaskos, B., Cavalcante, C., Schultz, R.A. A review of deformation bands in reservoir sandstones: geometries, mechanisms and distribution // Geological Society, London, Special Publications, 459, 2017.
4. Ballas, G., Fossen, H., Soliva, R. Factors controlling permeability of cataclastic deformation bands and faults in porous sandstone reservoirs // Journal of Structural Geology, 2015, v. 76, pp. 1-21.
5. Fossen, H., Bale, A. Deformation bands and their influence on fluid flow // AAPG Bulletin, 2007, v. 91, No 12, pp. 1685-1700.
6. Asquith, G., Krygowski, D. Basic Well Log Analysis: AAPG Methods in Exploration, 2004, No. 16, pp. 31-35.
7. Fossen, H., Schultz, R.A., Torabi, A. Conditions and implications for compaction band formation in the Navajo Sandstone, Utah. Journal of Structural Geology, 2011, No 33, pp. 1477-1490.

References

1. Aydın, A. Small faults formed as deformation bands in sandstone // Pure and Applied Geophysics, 1978, v. 116, pp. 913-930.
2. Fossen, H., Bale, A. Deformation bands and their influence on fluid flow // American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 2007, v. 91, pp. 1685-1700.
3. Fossen, H., Soliva, R., Ballas, G., Trzaskos, B., Cavalcante, C., Schultz, R.A. A review of deformation bands in reservoir sandstones: geometries, mechanisms and distribution // Geological Society, London, Special Publications, 459, 2017.
4. Ballas, G., Fossen, H., Soliva, R. Factors controlling permeability of cataclastic deformation bands and faults in porous sandstone reservoirs // Journal of Structural Geology, 2015, v. 76, pp. 1-21.
5. Fossen, H., Bale, A. Deformation bands and their influence on fluid flow // AAPG Bulletin, 2007, v. 91, No 12, pp. 1685-1700.
6. Asquith, G., Krygowski, D. Basic Well Log Analysis: AAPG Methods in Exploration, 2004, No. 16, pp. 31-35.
7. Fossen, H., Schultz, R.A., Torabi, A. Conditions and implications for compaction band formation in the Navajo Sandstone, Utah. Journal of Structural Geology, 2011, No 33, pp. 1477-1490.