

Jóvenes geocientíficos muestran con estilo el camino a seguir en una competición de comunicaciones de estudiantes

Los estudiantes más brillantes de geociencias compitieron por la mejor contribución a la Reunión anual de EAGE 2015. La competición fue feroz, pero después de mucha deliberación se han elegido tres comunicaciones para presentarse como parte del Programa técnico de EAGE de Madrid.

Visualización del reemplazamiento del agua de sedimentación durante experimentos de inundación utilizando micromodelos Vidrio-Silicio-Vidrio

H. Fodisch, R. Hincapie, J. Wegner y L. Ganzer

El estudio y la comprensión básica de los procesos de inundación en medios porosos sigue siendo un tema demandado en la ingeniería del petróleo. Una contribución a esto son los experimentos de inundación en modelos Vidrio-Silicio-Vidrio (GSG, por sus siglas en inglés), donde se utilizan láminas de silicio cortadas a 40 mm por 40 mm para realizar y visualizar el proceso de inundación. Los modelos se construyen en un cuadro de un patrón de cinco puntos.

Este trabajo se centra en la visualización del reemplazamiento del agua de sedimentación durante esos experimentos de inundación por agua. Por tanto, se añaden trazadores UV al agua de sedimentación y la fase oleica y se toman fotos cada 30 segundos. Las imágenes se pueden tomar para el posterior estudio utilizando un algoritmo de análisis de imágenes en Matlab.

En este trabajo, se utilizan micromodelos Vidrio-Silicona-Vidrio (GSG, por sus siglas en inglés) para realizar experimentos de inundación. Son láminas de silicio de 40 mm por 40 mm con una estructura porosa con los bordes

dentro del material. Utilizando dos trazadores UV diferentes añadidos al agua de sedimentación y a la fase oleica, es posible visualizar el desplazamiento del agua de sedimentación durante la inundación. Se utiliza un algoritmo de

análisis de imágenes en Matlab para convertir la fotografía original a través de niveles de grises en una imagen a partir de la cual se pueden calcular las diferentes saturaciones. El diseño único de los modelos con sus cubiertas de vid-

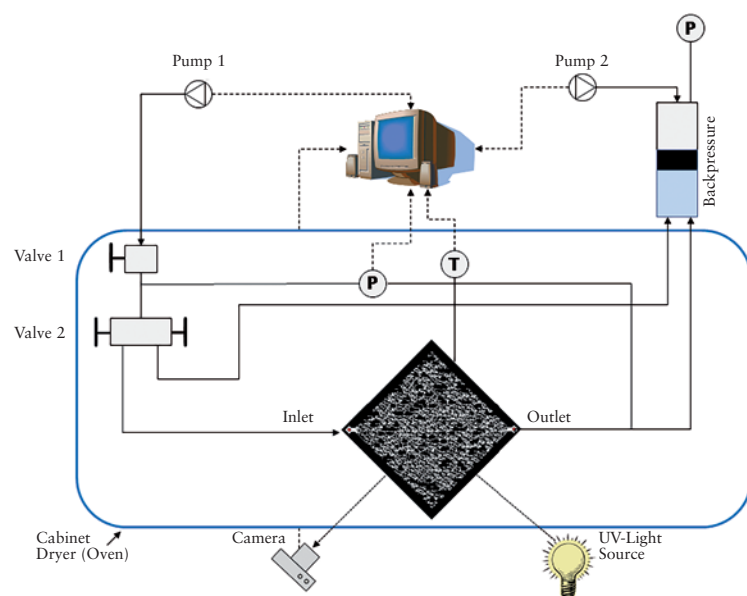


Figura 1 Diagrama esquemático de la configuración experimental utilizada para realizar los experimentos de inundación en el micromodelo diseñado y fabricado en la Universidad Técnica de Clausthal (Herbas et al., 2014).

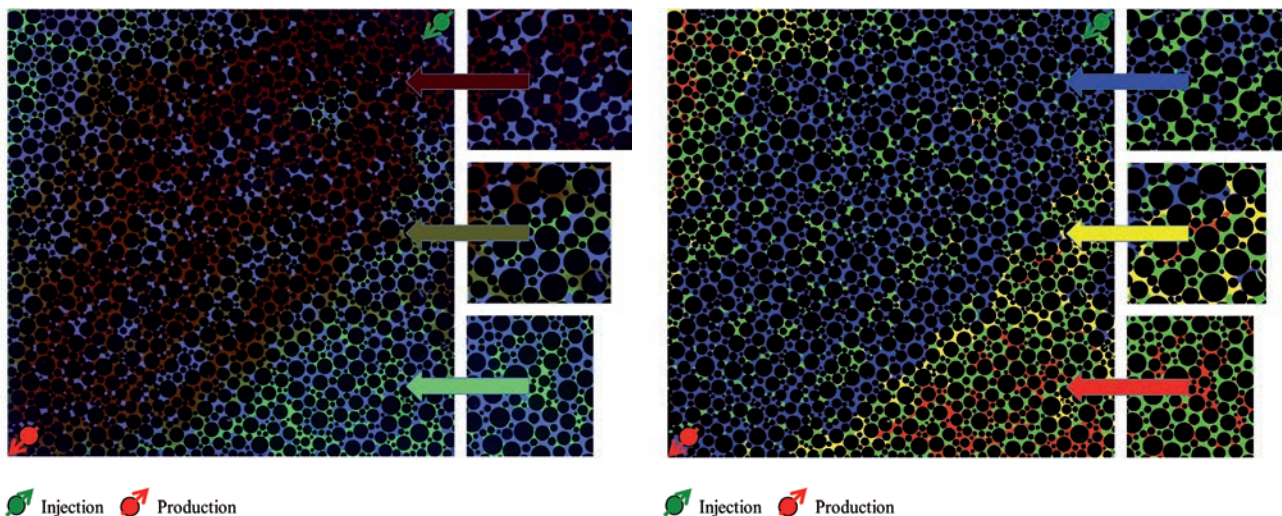


Figura 2 Fotografías originales (izquierda) comparadas con el análisis de las imágenes (derecha).

rio transparente permite estudiar todo el modelo varias veces por minuto y con el algoritmo la transformación sucede finalmente sobre la marcha en tiempo real. Mediante este método es posible observar el movimiento del frente del fluido que desplaza sin el trazador añadido a él. Dentro del modelo se forman tres secciones distinguibles. En primer lugar, la región inicialmente saturada con el agua de sedimentación rastreada todavía in situ; en segundo lugar, la zona de mezcla entre el fluido de sedimentación y el que desplaza, y, en tercer lugar, un área sin ningún trazador en la fase acuosa. Todas las zonas se separan mediante el análisis de imágenes y se reemplazan por colores individuales para una mejor representación.

Configuración experimental

La configuración experimental consiste en un gabinete desecador con una cámara montada en la parte superior. El modelo GSG se sitúa dentro del gabinete y se utilizan tuberías de teflón PTFE y tuberías de acero inoxidable como líneas de conexión. Los fluidos se inyectan con una bomba de jeringa, mientras que la presión se monitoriza a través de un ordenador. Durante el experimento, el sistema se establece bajo contrapresión, mientras que se utilizan diodos UV para activar los trazadores UV que se utilizan en el oleico y el agua de sedimentación. Además

de esto, la cámara se puede calentar a temperaturas típicas de los yacimientos.

Procedimiento experimental y resultados

Para obtener la saturación inicial, se inyecta la salmuera con el trazador UV fluorescente en la sal de sodio dentro del modelo, seguida por aceite de parafina, que porta el trazador con la fórmula química $C_{30}H_{18}$. Así pues, se inyecta el aceite hasta que se alcance la saturación de aceite inicial deseada. Después de este paso, el fluido que desplaza, en este caso salmuera sin el trazador, se inyecta a una tasa típica en los yacimientos de 1 pie al día, que implica 0,6 pulgadas por minuto. Dicho experimento se muestra en la Figura 2. El inyector se posiciona en la esquina superior derecha y, en consecuencia, dado que es un cuarto de un diseño de cinco puntos, el productor está en la esquina inferior izquierda. En la parte izquierda se presenta la imagen original. El negro corresponde a los granos, el rojo es el fluido que desplaza y el verde es el agua de sedimentación. Además de esto, también es visible la zona de mezcla como un tipo de naranja. En las imágenes más pequeñas se pueden observar los detalles, que muestran, de arriba abajo, la salmuera pura sin trazador, la zona de mezcla de ambas salmueras y, finalmente, el agua de sedimentación todavía no diluida.

En la parte de la derecha se muestran los mismos motivos después del

análisis de imágenes. Utilizando niveles de grises para los tres colores principales rojo, verde y azul, se pueden identificar los diferentes fluidos. Para ofrecer una representación más cómoda, la salmuera se muestra ahora en azul, con el agua de sedimentación en rojo, mientras que el verde representa la fase oleica. Así pues, el amarillo se selecciona para todos los píxeles que no se asemejan a la intensidad máxima del agua de sedimentación ni de la salmuera inyectada. Debido al análisis de imágenes, se puede observar que todos los granos están rodeados inicialmente por un borde de agua de sedimentación, confirmando las condiciones mojadas con agua esperadas en el modelo.

Dado que se toma una imagen cada 30 segundos, todo el modelo se cubre dos veces por minuto. Por tanto, se puede observar que en algunos poros el agua de sedimentación se mantiene sin modificar, aunque está rodeada por aceite. Además, en las esquinas se puede observar la mezcla entre el trazador y el “agua dulce”. Aquí, el agua de sedimentación es reemplazada después de una intensa inundación, pero casi no se produce aceite desde aquí.

Conclusiones y expectativas

Se han realizado varios tipos de experimentos de inundación en el micromodelo GSG. Utilizando dos trazadores UV es posible observar el reemplazamiento del

agua de sedimentación, indicando con más precisión el frente de inundación, lo cual es muy interesante en el caso de la recuperación mejorada de petróleo con polímeros. Variando la concentración del trazador del agua de sedimentación es posible entrecruzar la intensidad de la luz y la concentración en la zona de mezcla. Se realizarán estudios adicionales en esta área para ampliar la base de datos necesaria para mejorar el algoritmo de análisis

de imágenes. Al final, debería ser posible calcular las concentraciones de sal para todo el sistema de fluidos sobre la marcha mientras se ejecuta el experimento.

Agradecimientos

Deseamos dar las gracias a DGMK, los respectivos patrocinadores del proyecto y al Departamento de Ingeniería de Yacimientos de la Universidad Técnica de Clausthal.

Referencias

- Ganzer, L., Wegner, J. and Buchebner, M. [2014] Benefits and Opportunities of a 'Rock-on-a-Chip' Approach to Access New Oil. *Oil Gas-European Magazine*, 39, 43-47.
- Herbas, J.G., Wegner, J., Hincapie, R.E., Födisch, H. and Ganzer, L. [2015] Comprehensive Micromodel Study to Evaluate Polymer EOR in Unconsolidated Sand Reservoirs. *19th Middle East Oil & Gas Show and Conference*, SPE-172669-MS.