

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ГИС ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ДОБЫЧИ СОЛЕЙ

В.П. Самодуров<sup>1</sup>, С.Г. Шутин<sup>2</sup>, Сиамак Мансури-Фар<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Белорусский государственный университет, <sup>2</sup>ОАО Белгорхимпром, Минск, Беларусь

*Введение.* Одна из функций ГИС основана на преобразовании цифровых изображений, получаемых методами дистанционного зондирования, в грид-файлы с дальнейшим представлением результатов измеряемого параметра в виде карт изолиний. Этот методический прием может быть с успехом использован для изучения динамики движения рассолов в камерах подземного растворения солей. Геотехнологии подземного растворения используются как для добычи сильвинитов, карналлитолитов и бишофитов, так и для формирования каверн для хранения газа и нефти. Эти технологии постоянно совершенствуются, что требует лабораторного моделирования процессов растворения в различных условиях. Цель данной работы – изучение процессов подземного растворения солей в случае кустового наклонно-направленного бурения. Метод исследования – лабораторное моделирование и анализ динамики движения рассолов разной плотности, определяемые способом построения изолиний минерализации рассолов.

*Методы.* Данный метод является разновидностью колориметрии и основан на анализе цифровых фотографий окрашенных рассолов и их потоков в камерах растворения солей. В лабораторных условиях ствол наклонно-направленной скважины под углом 5° к горизонту моделировался стеклянной трубой диаметром 30 мм, заполненной насыщенным рассолом NaCl с минерализацией 330 г/дм<sup>3</sup>. Подкрашенная пресная вода, которая моделировала растворитель, подавалась по внутренней стеклянной трубе диаметром 10 мм (рис. 1, вверху). Поток растворителя составлял 10 см<sup>3</sup>/мин.

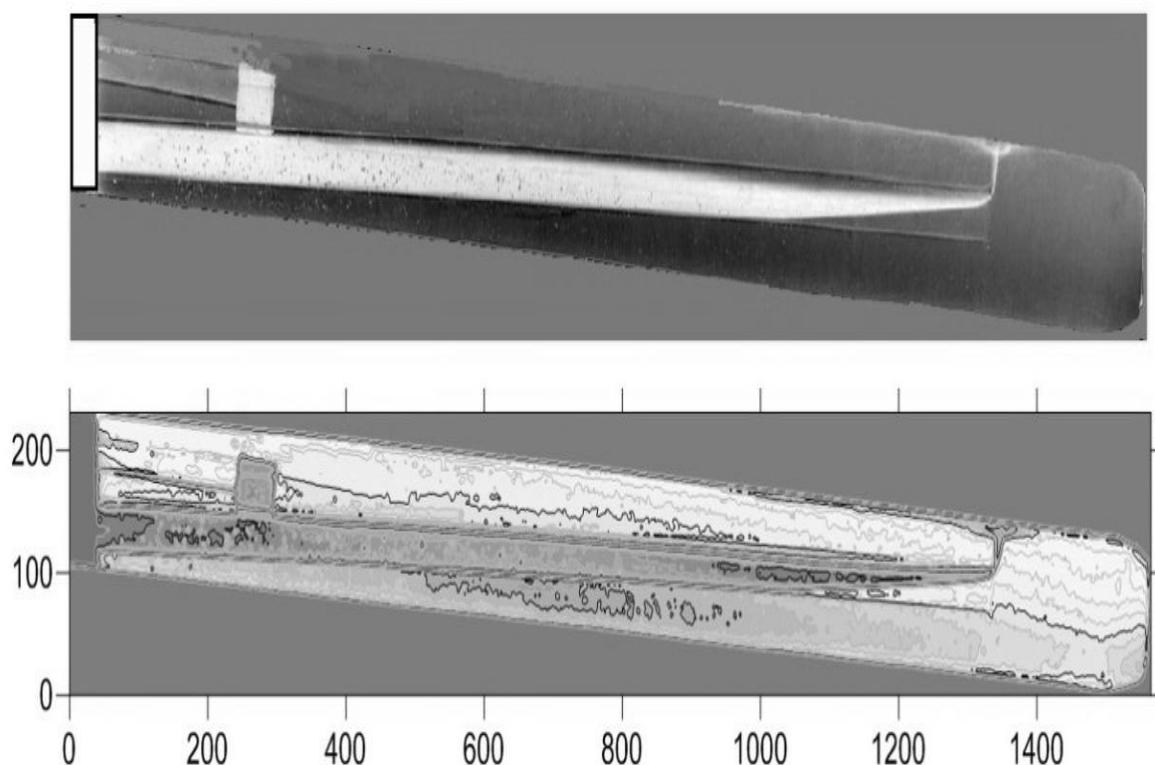


Рис. 1. Негативная цифровая фотография (вверху) модельного лабораторного эксперимента и изолинии минерализации рассолов в наклонной камере (внизу)

Процесс обработки цифровых фотографий заключался в нескольких последовательных операциях. На первом этапе применялось сглаживание для снижения влияния случайных точечных дефектов изображения. Затем применялось инвертирование исходного изображения в негативное, как показано на рис. 1, вверху. Такое изображение можно импортировать в программы построения контурных карт или 3d-моделей. Полученные контурные карты распределения минерализации рассолов в камерах растворения определяют динамику их движения, в зависимости от формы камер выщелачивания солей. Обычно для добычи солей методом подземного растворения используют вертикальную схему со ступенчатой схемой растворения, а для создания каверн для хранения газа – вертикальную схему с заглубленной водоподачей [1]. В настоящее время исследуются другие геотехнологические схемы добычи солей, в том числе использование колтюбинговых технологий, применения кустового наклонно-горизонтального бурения и других способов добычи. Здесь рассматриваются процессы растворения солей при использовании наклонного кустового бурения.

*Результаты.* В случае подачи растворителя по внутренней трубе в наклонной скважине, пресная вода всплывает к потолочине непосредственно над местом ее выхода из водоподдающей трубы (рис. 2). Это связано с разницей плотностей пресной воды и рассола. Плотность исходного насыщенного рассола NaCl при его минерализации  $330 \text{ г/см}^3$  составляла  $1,222 \text{ г/дм}^3$ , что существенно выше плотности растворителя. В процессе конвекционного движения вверх, пресная вода перемешивается с рассолом и постепенно минерализуется до  $80\text{-}100 \text{ г/см}^3$ , а плотность такого рассола составляет  $1,09 \text{ г/см}^3$ .

При наклоне ствола скважины (в данном эксперименте он составлял  $5^\circ$  к горизонтали) этот рассол умеренной плотности поднимается вверх по стволу скважины вдоль потолочки и накапливается в самой верхней части, в зоне извлечения добычного рассола. В процессе движения ненасыщенных рассолов, они частично растворяют кровлю ствола скважины, увеличивая ее пропускную способность для движения рассолов.

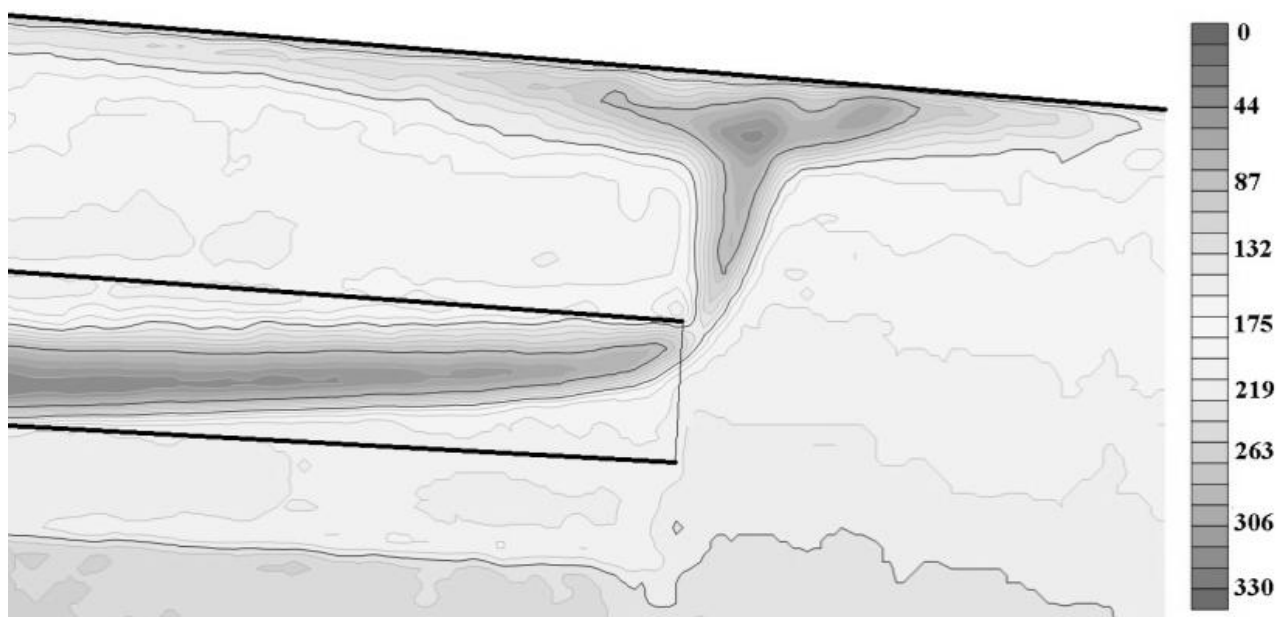


Рис. 2. Изолинии минерализации рассолов в вертикальном сечении при поступлении пресной воды в наклонную трубу. Справа – шкала минерализации рассолов ( $\text{г/см}^3$ )

В процессе растворения солей и смешения растворителя с рассолом получают рассолы средней минерализации, при этом скорости растворения солей в них падают.

Скорость растворения существенно зависит от угла наклона поверхности растворения. Быстрее всего растворяется потолочина камеры растворения, а медленнее всего растворение происходит на дне камеры. В таблице представлены результаты зависимости массовой скорости растворения каменной соли от минерализации рассола для вертикальной поверхности растворения.

Процессы растворения соли в насыщенных рассолах с минерализацией более  $330 \text{ г/см}^3$  затухают. В рассолах промежуточной минерализации  $200\text{--}150 \text{ г/см}^3$  массовая скорость растворения  $W$  составляет  $0,01\text{--}0,02 \text{ г/}(\text{см}^2 \cdot \text{мин})$ . В ходе выполнения лабораторных экспериментальных работ установлено, что сильвин в составе сильвинита растворяется быстрее галита, но скорость растворения сильвинита в среднем близка к скорости растворения каменной соли, так как сильвин распределен в породе в виде вкрапленников, а общая скорость растворения сильвинита определяется матрицей галита.

Табл. Зависимость массовой скорости растворения каменной соли  $W$  ( $\text{г/}(\text{см}^2 \cdot \text{мин})$ ) от минерализации растворителя  $C$  ( $\text{г/л}$ )

|                                               |       |       |       |       |       |       |       |        |
|-----------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| $C, \text{ г/л}$                              | 0     | 12,7  | 48,5  | 107   | 158   | 219   | 287   | 330    |
| $W, \text{ г/}(\text{см}^2 \cdot \text{мин})$ | 0,037 | 0,036 | 0,035 | 0,028 | 0,018 | 0,010 | 0,003 | 0,0005 |

На рис. 3 представлена расчетная модель камеры растворения в случае кустового бурения четырех рассолодобычных скважин с наклоном  $5^\circ$  к горизонту. Расчет проведен в предположении однородного солевого массива, в котором слои нерастворимых пород отсутствуют.

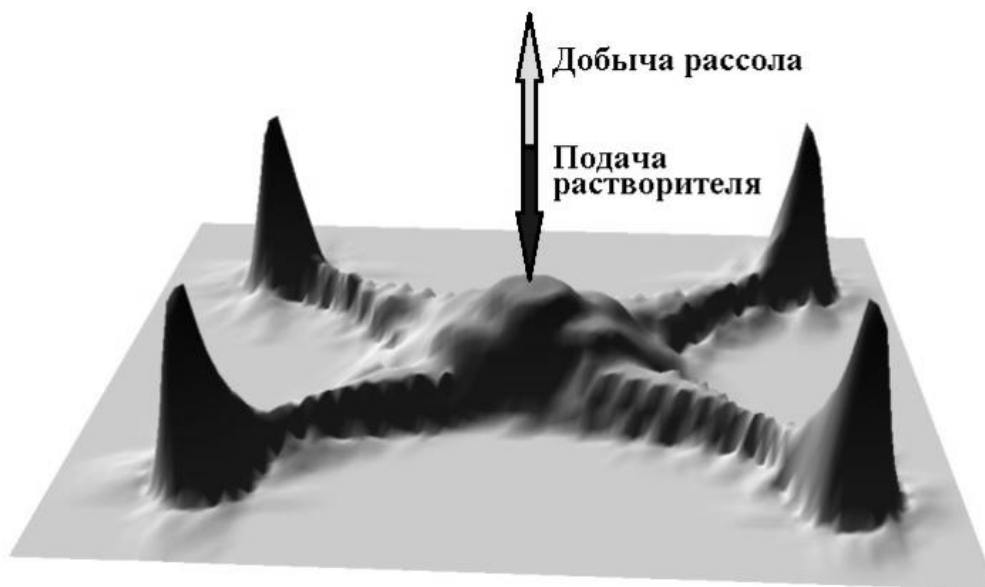


Рис. 3. Модель поверхности растворения соли при кустовом наклонном бурении

При такой схеме добычи рассолов, основные каверны растворения образуются на окончаниях водоподающих труб, и постепенно увеличиваются вверх. Рассолоотводящие каналы формируются на первом (предварительном) этапе формирования каверн при умеренных минерализациях рассолов. В дальнейшем, скорости растворения отводящих каналов замедляются. Продвижение каверн вверх будет проходить до контакта вырабатываемого солевого объема с нерастворимыми породами – ангидритами, доломитами, глинами и др. Далее увеличение объема каверн будет проходить на границе этого контакта.

*Заключение.* Технологическая схема добычи солей с помощью кустового бурения имеет ряд специфических особенностей. При этой схеме применение нерастворителя является проблематичным, в то время как в стандартных схемах добычи солей применение нерастворителя является основным способом формирования каверн и управления процессом добычи. Кустовое бурение может быть использовано для интенсификации процесса добычи, сокращения сроков подготовки скважин к эксплуатации в случае благоприятного геологического строения месторождения. Особенно благоприятным является непосредственное залегание продуктивного горизонта под мощным пластом нерастворимых пород, которые могут служить нерастворимой кровлей каверны.

#### Литература

1. Самодуров В.П., Шутин С.Г., Мансури-Фар С. Моделирование динамики движения рассолов в камерах подземного растворения солей // Актуальные вопросы инженер. геологии и рационал. недропользования: Матер. IX Унив. геол. чтений. - Минск, 3-4 апр. 2015 г. – Минск: Цифровая печать, 2015. - С. 133-136.