

укладати до 500 блоків на годину максимальною вагою до 45 кг, піднімаючи їх на висоту до 10 м.

3D-принтери. Будівельні 3D-принтери використовують технологію пошарового нанесення бетонного розчину або металу для створення будівель, мостів та інших конструкцій. У світі вже налічуються тисячі принтерів різного типу: порталні рамної конструкції, поворотні маніпулятори, автономні без фіксованих напрямних.

Прозорі сонячні панелі. Існує кілька різних принципів роботи прозорих сонячних панелей. Один полягає у тому, що скляні модулі поглинають хвилі ультрафіолетового та інфрачервоного діапазону, пропускаючи видиме світло. Інше рішення ґрунтується на технології мікрочастинок для внутрішнього розсіювання вхідного світла до країв скляної панелі, де воно збирається фотоелектричними модулями.

«Зелене» будівництво. Застосування інноваційних будівельних матеріалів, які виготовляються без використання викопного палива, та після експлуатації можуть бути повністю переробленими, є одним з пріоритетних напрямків розвитку провідних забудовників. Яскравим прикладом є використання сендвіч-панелей, вентильованих фасадів та покрівельних матеріалів Ruukki, виготовлених з «зеленої» сталі SSAB.

Інноваційно-концептуальні підходи формують основу модернізації будівельної галузі, поєднуючи технологічні, економічні та управлінські аспекти. Для України пріоритетним завданням є створення умов для системного впровадження інновацій на основі партнерства держави, бізнесу та науки, що забезпечить інтеграцію в європейський інноваційний простір.

Література:

1. *HP Revolutionizes Construction Layout Process With New SitePrint Robotic Solution. Laptop-Computer, Desktops, Drucker, Tinte und Toner | HP® Deutschland.* URL: <https://www.hp.com/us-en/newsroom/press-releases/2022/hp-new-siteprint-robotic-solution.html>.

2. *Ruukki Classic LowCarbon. Україна~Ruukki.* URL: <https://www.ruukki.com/ukr/dlya-spozhyvachiv/ruukki-classic-lowcarbon>.

3. *З'явилася перша у світі мобільна роботизована система укладання блоків АВТОДОРЕКСПО. АВТОДОРЕКСПО Міжнародна виставка – конференція дорожньої галузі.* URL: <https://avtodorexpo.ua/news/z'yavilasja-persha-u-sviti-mobilna-robo/>.

4. *Лаврухіна, К., Туток, В., & Кравчук, О. (2024). Інноваційні підходи та рішення вітчизняних будівельних підприємств для відновлення повоєнної України. Будівельне виробництво, (77), 85-91. DOI: <https://doi.org/10.36750/2524-2555.77.85-91>.*

УДК 622.279.66

**ВПЛИВ СІРКО-ФТОРИСТОГО РЕАГЕНТА НА ФІЛЬТРАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ
НИЗЬКОКАРБОНАТНОГО ТЕРИГЕННОГО КОЛЕКТОРА**

Лазєбна Ю.В., ст. викладач
Зезекало І.Г., д.т.н, професор

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
ning.laziebna@nupr.edu.ua

Фільтраційно-ємнісні властивості породи-колектора є ключовими факторами для процесу вилучення вуглеводнів із продуктивного горизонту. Саме здатністю гірської породи віддавати флюїд визначається ефективність розробки газового чи нафтового покладу. Часто у розрізі наявні скупчення вуглеводнів у низькопроникних колекторах, які за умови покращення фільтраційних властивостей продуктивних горизонтів можуть мати промислове значення. На основі попередніх досліджень [1] розроблено сірко-фтористий реагент для інтенсифікації видобутку природного газу з низькопроникних пісковиків.

Завданням досліджень є вивчення впливу сірко-фтористого реагенту на фільтраційну здатність низькопроникного пісковику з глинистим цементом із незначним умістом карбонатів у складі.

Експеримент виконано на типовому низькопроникному теригенному зразку – алевритистому пісковику дрібно-тонкозернистої фракції з глинистим цементом із незначним умістом карбонатів (до 4,6 %).

Дослідження проведено шляхом виконання експериментальних робіт у лабораторних умовах із застосуванням установки високих тисків, що імітує реальні пластові умови. Експериментальна частина становить три етапи: 1. визначення початкової проникності зразка (k_p) в пластових умовах (80°C та 300 Атм) із використанням розчину КС1; 2. Нагнітання досліджуваного розчину із сірко-фтористим реагентом (виконується за тих же умов, що і для визначення k_p) із регулярною фіксацією фактичного Q_p впродовж всього періоду дослідження для визначення тенденції зміни пропускної здатності зразка. Розчин готується заздалегідь і включає такі базові складники – фтористий амоній, сірковмісна органічна сполука та дистильована вода; 3. визначення кінцевої проникності (k_k).

Розрахунки проникностей виконано із застосуванням формули Дарсі (1.1):

$$Q = k_{\phi} \times F \times \frac{\Delta H}{\Delta l} \quad (1.1) [3],$$

з якої витікає наступна формула розрахунку коефіцієнта проникності (1.2):

$$k = \frac{Q_{\text{вит}} \times \mu \times L}{\Delta P \times F} \quad (1.2).$$

За результатами досліджень початковий коефіцієнт проникності зразка становив $1,91 \times 10^{-3}$ мД при об'ємній витраті рідини $0,37 \times 10^{-8}$ м³/с. В процесі нагнітання у зразок кислотної системи при вище вказаних умовах спостерігається поступове зростання пропускної здатності пісковику, яке досягло $135,07 \times 10^{-3}$ мД при об'ємній витраті $0,23 \times 10^{-6}$ м³/с. Впродовж нагнітання через зразок пропущено 450 см³ (0,00045 м³) кислотного розчину, що становить 562 об'єми порового простору досліджуваного зразка. Після прокачування 260 об'ємів (через 95 хвилин нагнітання) спостерігається різке збільшення об'ємної витрати рідини. У результаті проведеного експерименту проникність зразка зросла майже в 67 разів (рис. 1) у порівнянні із $k_{\text{поч.}}$.



Рисунок 1. Інтенсивність збільшення проникності зразка в процесі обробки розчином із сірко-фтористим реагентом

При вивченні відпрацьованої кислотної системи виконано хімічний аналіз для визначення ефективності дії сірко-фтористого реагенту на досліджуваний зразок пісковику. Методом титрування [2] встановлено наявність у розчині іонів Са, що свідчить про розчинення і виносення зі зразка гірської породи карбонату кальцію. Зважаючи на значне підвищення фільтраційних властивостей у процесі експерименту, при низькому вмісті карбонатів у зразку, фторовмісний склад розчину не утворює нерозчинний СаF₂, що може спричинити закупорювання пустотного простору. За підрахунками визначено, що в результаті обробки зразка розчином із сірко-фтористим реагентом об'єм розчинених карбонатів у перерахунку на

CaCO₃ становить 4 % від загальної m_{поч} зразка. Також наявне розчинення і кремнезему у складі пісковика, що складає 3,55 % від m_{поч}.

Отже, кислотна система із сірко-фтористим реагентом значним чином покращує фільтраційні властивості теригенного низькокарбонатного пісковика. При взаємодії розчину зі зразком впродовж 116 хв спостерігається підвищення проникності у 67 разів, що викликано розчиненням та винесенням мінералів нестійких до складників рідини – карбонатів і кремнезему. За результатами випробовувань досліджуваній розчин із сірко-фтористим реагентом у складі можна рекомендувати до використання у промислових умовах.

Література:

1. Лазєбна, Ю., & Зезнкало, І. (2024). Вплив органічної сірковмісної сполуки 1S на розчинну здатність фтористого амонію відносно теригенних гірських порід для інтенсифікації вилучення вуглеводнів. *Тези 76-ї наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету, 2*, 83–85.

2. Нестеренко, С., Мураєва, О., Зайцева, І., & Панайотова, Т. (2020). *Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Технології виробництва хімічних речовин і матеріалів» (для студентів 1 курсу денної та заочної форм навчання другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 161 – Хімічні технології та інженерія). ХНУМГ ім. О.М. Бекетова.*

3. Суярко, В., Величко, М., Гаврилюк, О., Сухов, В., Нижник, О., Білецький, В., Матвєєв, А., Улицький, О., & Чуєнко, О. (2019). *Інженерна геологія (з основами геотехніки): підручник для студентів вищих навчальних закладів (В.Г. Суярко, Ed). Харків: Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна.*

УДК 004.89:[005.53:355.45

ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ СИСТЕМИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ОБОРОННОГО ПЛАНУВАННЯ

Лактіонов О.І., к.т.н.

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

itm.olaktionov@nupp.edu.ua

Оборонне планування – складова системи управління оборонною сферою [1]. Використання інструментів інтелектуального аналізу, зокрема систем прийняття рішень [2], є актуальним питанням в оборонному плануванні. Кожне підприємство має власні напрацювання з приводу цього, що об'єднуються у цифрові екосистеми [3]. Цифрові екосистеми включають зовнішні та внутрішні бази даних, що дозволяє отримати точніші моделі прогнозування, класифікації, кластеризації тощо.

Одну із систем прийняття рішень розроблено на попередньому етапі досліджень [4]. Вона є багатокритеріальною та використовує K-means, DBSCAN та Ensemble model для диференціювання галузей економіки. Не зрозумілим лишається використання цієї системи для оборонного планування.

Пропонується розробити систему прийняття рішень оборонного планування, що ухвалюватиме рішення на основі розроблених моделей з попередніх етапів досліджень. Мова йде про методи визначення масованих ракетних ударів [5], небезпечних об'єктів [6] тощо.

Крім методів, варто розібратися з архітектурою та функціоналом системи. Прототипом архітектури може бути наступним: бази даних, моделі штучного інтелекту, система прийняття рішень, інтерфейс користувача.

Розроблена система прийняття рішень оборонного планування дозволила б створювати глобальні прогнози оперативної обстановки в регіоні.