

УДК 661.832 (622.271.2:553.044)

## ДИНАМІКА КОЕФІЦІЄНТА ФІЛЬТРАЦІЇ ЗАСОЛЕНИХ ҐРУНТІВ В ПРОЦЕСІ ВИЛУГОВУВАННЯ

Я.М. Семчук, д-р техн. наук, проф.;  
Л.Я. Долішня  
(Івано-Франківський національний  
технічний університет нафти і газу)

*Розглянуто залежність коефіцієнта фільтрації засолених ґрунтів від їх гранулометричного складу. Дано класифікацію динаміки фільтрації залежно від типів порід.*

*Рассмотрена зависимость коэффициента фильтрации засоленных грунтов от их гранулометрического состава. Определена классификация динамики фильтрации в зависимости от типов пород.*

*The dependence of the filtration factor of salted soils on their granulometric composition has examined. The classification of the dynamics of filtration in the dependence on the types of species has determined.*

Актуальність даної проблеми пов'язана з швидким розвитком будівельної галузі і проблемою безпеки об'єктів капітального та індивідуального будівництва. Одним з напрямків дослідження засолення ґрунтів в районі розташування калійних родовищ Прикарпаття, які можуть служити фундаментом під будівництво, є вивчення їх фільтрації в процесі вилуговування, зокрема, динаміка зміни коефіцієнта фільтрації.

Особливості фільтрації ґрунтів в умовах вилуговування вивчалися на зразках порід гіпсово-глинистої шапки калійних родовищ Східного Прикарпаття. Дослідження проводилися на зразках порід Стебницького і Калуш-Голинського родовищ. За гранулометричним складом породи гіпсово-глинистої шапки представлені пилуватими суглинками (від легких до важ-

ких) і глинами, що нерідко містять значну кількість великих уламків матеріалу. Вони відрізняються брекчійованим складом, часто пронизані тріщинами, заповненими солями і піщано-пилуватим матеріалом. Для порід гіпсово-глинистої шапки характерне значне, причому змішане засолення: вміст легко-розчинних солей коливається від 0,2 до 13%; гіпсу — від 2 до 70%; карбонатів — від 0,5 до 20%. Засоленість збільшується з глибиною.

Для фільтраційних досліджень були відібрані зразки з непорушеною структурою і природною вологістю, з сумарним засоленням від 6 до 33%.

Вилуговування зразків проводилося в трубках Каменського при сталому тиску, встановленому для кожного зразка окремо, залежно від його водопроникності. Зразки порід шапки цілісного складу діаметром 7 см і заввишки 3 см закріплювалися в трубках за допомогою розплавленого парафіну, що повністю виключало пристінкову фільтрацію. Вилуговування зразків вироблялося з можливістю набухання, без навантаження, тобто в умовах, найбільш сприятливих для розвитку фільтрації. Зміна водопроникності ґрунтів вивчалася при фільтрації через зразки дистильованої води. У процесі вилуговування велися щоденні спостереження за зміною коефіцієнта фільтрації в часі і через певні проміжки часу, залежно від швидкості фільтрації, відбиралися проби фільтрату для хімічного аналізу. В результаті проведених досліджень було встановлено, що процес фільтрації ґрунтів гіпсово-глинистої шапки характеризується яскраво вираженою динамічністю, що полягає в зміні коефіцієнта фільтрації у часі. Динамічність процесу фільтрації для засолених ґрунтів пов'язана зі зміною структури ґрунту під час сольової суфозії. Протягом досліджень було встановлено чотири найхарактерніші типи динамічності процесу фільтрації: I — прогресуючий, II — змінний на етапах, III — циклічний і IV — затухаюча фільтрація.

Перший тип характеризується неперервним підвищенням водопроникності у процесі фільтрації і стабілізації коефіцієнта фільтрації після вимивання всіх солей до розмірів, що перевищують початковий коефіцієнт фільтрації у багато разів. На цьому етапі відбувається змочування зразка і незначне збільшен-

ня коефіцієнта фільтрації (тривалість першого етапу 1—15 діб).

Другий тип характеризується поетапною зміною коефіцієнта фільтрації, причому він збільшується різко (в 100—1000 разів) — для одних зразків і не так різко (в 2—10 раз) — для інших. Тривалість цього етапу складає 3—5 діб.

На третьому етапі йде більш або менш поступове зменшення коефіцієнта фільтрації. Третій тип процесу фільтрації відзначається вельми нестійкою фільтрацією, що виражається в чергуванні ряду циклів більш або менш різкого збільшення і падіння коефіцієнта фільтрації.

Четвертий тип характеризується поступовим зменшенням коефіцієнта фільтрації в порівнянні з початковим і відбувається його стабілізація, яка настає, зазвичай, через 30—100 діб.

Для досліджуваних ґрунтів найхарактернішими є II і III типи процесу фільтрації. Залежно від ступеня динамічності коефіцієнта фільтрації в межах окремих типів виділяються підтипи. Ступінь динамічності коефіцієнта фільтрації в значній мірі залежить від режиму фільтрації. При відносно невеликих градієнтах тиску (=1—3) зміна його розтягнута в часі, при великих (=5—25) вона відбувається різкіше та швидше.

На ступінь динамічності коефіцієнта фільтрації великий вплив мають структурні характеристики ґрунту, зокрема об'ємна вага та пористість. Чим менша об'ємна вага і більша пористість, тим різкіше змінюється коефіцієнт фільтрації. При близьких значеннях пористості, що мало місце у досліджуваних зразках, ступінь динамічності коефіцієнта фільтрації більше залежить від характеру і інтенсивності сольової суфозії.

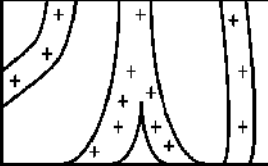
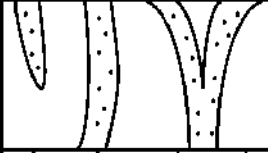

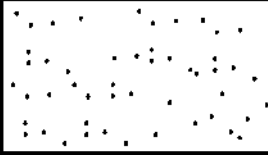
Характер сольової суфозії завдяки змішаному засоленню порід змінюється у процесі фільтрації таким чином. Спочатку спостерігається інтенсивне винесення легкорозчинних солей. За перші 5—10 діб виноситься 50—90% їхнього первинного змісту. Потім кількість солей, що виносяться, різко скорочується, і вилуговують головним чином гіпс і бікарбонати. Кількість гіпсу і бікарбонатів, що виносяться з ґрунту, знаходиться в прямій залежності від швидкості фільтрації, причому кількість бікарбонатів, що вилуговуються, дуже невелика. Щільний залишок у фільтраті на початку процесу фільтрації є максимальним, потім швидко знижується і стає постійним,

близьким до граничного розчинення гіпсу і бікарбонатів. Інтенсивність сольової суфозії має значний вплив на ступінь динамічності коефіцієнта фільтрації. Максимальні коефіцієнти фільтрації спостерігаються звичайно при винесенні від 40 до 90% легкорозчинних солей і 1—3% гіпсу. Проте для різних зразків при однаковій інтенсивності сольової суфозії спостерігається різна картина, як динаміки процесу фільтрації, так і ступеня динамічності коефіцієнта фільтрації. Отже, тип динаміки процесу фільтрації і ступінь його динамічності не можна пояснити тільки інтенсивністю сольової суфозії.

У процесі дослідження структурно-текстурних особливостей зразків, що вилуговуються, виявилось, що відмінність в характері і ступені динамічності коефіцієнта фільтрації для цих зразків відповідає відмінності їх структурно-текстурних особливостей. Структурні дослідження порід гіпсово-глинистої шапки проводилися за методикою А.К. Ларіонова на зразках з непорушеною структурою. В результаті цих досліджень було встановлено, що для ґрунтів шапки найхарактернішими є п'ять структурно-текстурних типів: *A* — переважно цілісна структура з солями, рівномірно розподіленими в глинистій масі; *B* — цілісна структура з тріщинами, заповненими солями (в основному гіпсом); *B* — цілісна структура з тріщинами, заповненими зернисто-агрегативною і агрегативною масою; *Г* — цілісна структура із зонами зернисто-агрегативної і агрегативної маси; *Д* — переважно агрегативна і зернисто-агрегативна структура.

В межах окремих структурно-текстурних типів можна виділити ґрунти із вмістом легкорозчинних солей більше 3 і менше 3% і гіпсу — більше 7 і менше 7% (рис. 1). Дані структурно-текстурні типи ґрунтів з урахуванням їх засоленості добре узгоджуються з виділеними раніше типами динаміки процесу фільтрації.

Прогресуюча фільтрація є характерною для структурно-текстурного типу *Д*. В результаті вилугування солей і пов'язаного з цим зростання пористості в ґрунтах з агрегативною і зернисто-агрегативною структурою відбувається неперервне збільшення коефіцієнта фільтрації, причому для сильно засолених ґрунтів дуже різке, більше ніж в 100 разів, а для мало засолених — слабше. Помітного зменшення коефіцієнта

Типи порід	Схематичний розріз	Підтипи за ступенями засоленості	
		<10%	>10%
А		А'	А''
Б		Б'	Б''
В		В'	В''
Г		Г'	Г''
Д		Д'	Д''

1

2

3

Рис. 1. Структурно-текстурні типи і підтипи порід гіпсово-глинистої шапки

фільтрації в процесі засолення не спостерігається, оскільки піщано-пилуватий матеріал майже не набухає. Стабілізація коефіцієнта фільтрації після винесення всіх солей настає на рівні, який більше ніж в 100 разів перевищує початковий.

Фільтрація, яка змінюється поетапно, спостерігається для структурно-текстурних типів *B* і *G*, а також *A*, але для сильно засолених ґрунтів. Причому для типу *G* характерний вищий ступінь динамічності коефіцієнта фільтрації, ніж для *B*, і він збільшується зі збільшенням ступеня засолення ґрунту. (Коефіцієнт фільтрації в деяких випадках збільшується в 100—1000 разів). Для типу *B* спостерігається порівняно невелике збільшення коефіцієнта фільтрації при вилуговуванні, приблизно в 2—5 разів. Більш-менш різке збільшення коефіцієнта фільтрації на перших стадіях вилуговування для цих порід пояснюється тим, що при фільтрації через ґрунти цілісної структури із зонами і тріщинами, заповненими зернисто-агрегативною масою, винесення солей призводить до збільшення водопроникності зон і тріщин, а це може різко збільшити коефіцієнт фільтрації всієї породи. Чим більше площа зон, зайнятих зернисто-агрегативною масою, і чим більше їх засоленість, тим сильніше збільшується коефіцієнт фільтрації при винесенні солей з цих зон. Подальше зниження величини коефіцієнта фільтрації можна пояснити зменшенням концентрації порового розчину при засоленості, яке призводить до гідратації і дезагрегації глинистих частинок, що сприяє зростанню сил набухання і зменшенню активної пористості. Циклічна фільтрація спостерігається для ґрунтів структурно-текстурного типу *B*. Циклічну зміну коефіцієнта фільтрації з більш або менш різкими підйомами і падіннями можна пояснити нерівномірним винесенням солей з тріщин, які пронизують глинисту масу. В результаті цього утворюються зосереджені шляхи фільтрації, що призводять до значного підвищення коефіцієнта фільтрації всієї породи. Зокрема, набухання і перерозподіл глинистих частинок в промитій зоні кальматує тріщину і призводить до тимчасового зниження величини коефіцієнта фільтрації. Таких циклів може бути декілька, залежно від числа і розташування тріщин, причому списи стрибків і падінь коефіцієнта фільтрації можуть бути різної величини, але при

значному засоленні спостерігається його зменшення і стабілізація. Затухаюча фільтрація є характерною для ґрунтів структурно-текстурного типу А при незначному змісті водорозчинних солей. Поступове зменшення коефіцієнта фільтрації в процесі вилуговування для цих ґрунтів пов'язане з тим, що винесення солей із слабозасоленого глинистого ґрунту відразу ж супроводжується активізацією сил набухання, які раніше стримувалися підвищеною концентрацією порового розчину. Це призводить до зменшення активної пористості і відповідного зниження коефіцієнта фільтрації.

\* \* \*

Вивчення фільтрації засоленних ґрунтів в процесі вилуговування має важливе значення для можливості їх використання під будівництво промислових та цивільних споруд. Гірничі виробки є своєрідним «приймальним пунктом» для збору мінералізованих вод в процесі вилуговування засоленних ґрунтів атмосферними опадами.

Характер і ступінь динамічності процесу фільтрації для засоленних ґрунтів не можна пояснити виключно інтенсивністю сольової суфозії.

На динамічність коефіцієнта фільтрації в процесі вилуговування вирішальний вплив мають структурно-текстурні особливості ґрунтів і їх засоленість, які визначають і інтенсивність сольової суфозії, і характер змін в структурі ґрунту при його засоленні.

Вивчення структурно-текстурних особливостей ґрунтів є абсолютно необхідною умовою для правильної інтерпретації результатів досліджень фільтрації засоленних ґрунтів, що важливо при проектуванні промислового та цивільного будівництва.

\* \* \*

1. Шестопапов В.М. Водообмен в гидрогеологических структурах Украины. Методы изучения водообмена / В.М. Шестопапов. — К.: Наук. думка, 1988.

2. Охорона ґрунтів: Підручник / 2-ге вид., випр. / М.К. Шикуча, О.Ф. Гнатенко, Л.Р. Петренко, М.В. Капштик. — К.: Т-во «Знання», КОО, 2004. — 398 с.

3. ДБН А.1.1-2-93 Система стандартизації та нормування в будівництві. Зміна № 1.
4. ДБН В.1.1-5-2000 Захист від небезпечних геологічних процесів. Будинки і споруди на підроблюваних територіях і просідаючих ґрунтах.
5. Рудько Г.І. Екологічна безпека та раціональне природокористування в межах гірничопромислових і нафтогазових комплексів / Г.І. Рудько, Л.Є. Шкіца. — К.: Нічлава, 2001. — 588 с.
6. Тарасов Б.Г. Комплексное освоение калийных месторождений Предкарпатья / Б.Г. Тарасов, П.К. Гаркушин, В.М. Глоба. — Львов: Выща шк., 1987. — 128 с.
7. Теоретические основы и методика гидрогеологического прогноза загрязнения подземных вод. — М.: Наука, 1990. — 191 с.
8. Семчук Я.М. Наукові та методичні основи охорони навколишнього середовища в районах розробки калійних родовищ (на прикладі Передкарпаття): Авторефер. Дис. ... д-ра техн. наук / Я.М. Семчук. — Івано-Франківськ, 1995. — 46 с.
9. Коринь С.С. и др. Прогнозирование рассолопроявлений в калийных рудниках Прикарпатья / С.С. Коринь, Я.М. Семчук и др. — Советская геология. — № 7.
10. Лукаш І.О. Вплив відходів калійних підприємств на гідрохімічний режим ґрунтових вод / І.О. Лукаш, Я.М. Семчук. — Хімічна промисловість України. — 1995. — № 2 — С. 81—85.
11. Гаркушин П.К. Техногенез і охорона навколишнього середовища при розробці калійних родовищ Передкарпаття / П.К. Гаркушин. — Екологія довкілля і безпека життєдіяльності. — 2001. — № 2. — С. 48—55.
12. Тарасов Б.Г. Комплексное освоение калийных месторождений Предкарпатья / Б.Г. Тарасов, П.К. Гаркушин, В.М. Глоба. — Львов: Выща шк., 1987. — 128 с.

*Отримано: 25.02.2009 р.*