

# НАФТОГАЗОВА СПРАВА

## Розробка нафтових та газових родовищ

УДК 622.276.1

### СУСПЕНЗІЇ ПОЛІМЕРІВ – ЕФЕКТИВНИЙ МАТЕРІАЛ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ПОТОКОВІДХИЛЮВАЛЬНИХ БАР'ЄРІВ У МІЖСВЕРДЛОВИННИХ ЗОНАХ НАФТОВОГО ПОКЛАДУ

**Р. В. Бойко<sup>1</sup>, Н. Я. Заливаха<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>УМГ “Львівтрансгаз”, 79053, м. Львів, вул. Рубчака, 3;  
e-mail: Rboyko25@gmail.com

<sup>2</sup>Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу;  
76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15;  
тел. +380 (3422) 4-21-95

Створення міжсвердловинних потоковідхилювальних бар'єрів у тріщинувато-пористому пласті шляхом запомповування суспензії дисперсних матеріалів за різними технологіями і тампонування високопроникних тріщин є ефективним способом регулювання фільтраційних потоків і підвищення нафтовилучення. За цим способом витіснявальний агент (вода, розчини активних домішок) не рухається (не циркулює) марно по тріщинах в обхід нафтонасичених пористих блоків (зазвичай, коефіцієнт тріщинної пористості становить 0,2-0,8% проти коефіцієнта пористості до 20-30%) і гідродинамічно витісняє (замість протиплинного капілярного всмоктування) із них нафту. Ефективність способу залежить від вибору дисперсного матеріалу, котрий повинен відповідати певним вимогам (керовані дисперсні системи). Поряд з деякими бітумними матеріалами таким вимогам на основі опублікованих даних (у технічних умовах на них) і за результатами лабораторних досліджень відповідають дисперсні полімерні матеріали – полівініловий спирт, полістирол різних видів, поліетилен, поліпропілен, полівінілхлорид, фторопласти різних видів, котрі випускаються про-

*мисловістю у достатніх обсягах. Встановлено температурні пластові умови їх застосування.*

**Ключові слова:** *підвищення нафтовилучення із тріщинувато-пористих колекторів, дисперсні полімерні матеріали.*

### **Вступ**

Збільшення видобутку власної нафти в Україні є важливою господарсько-економічною і політичною проблемою [1]. Одним із шляхів у вирішенні цієї проблеми розглядається підвищення кінцевого коефіцієнта нафтовилучення і поточних відборів нафти із покладів, котрі сьогодні розробляються [2]. Коефіцієнт нафтовилучення із таких покладів за різних режимів їх розробки як у світі загалом, так і в Україні становить 30-40%. Основною і найбільш ефективною технологією розробки нафтових покладів є витіснення (природне чи штучне у формі заводнення) нафти водою (або водними розчинами активних домішок) у різних її модифікаціях [3]. Коефіцієнт нафтовилучення може сягати 60-80%, але в покладах із істотним гідродинамічним проявом тріщинуватості колектора (тріщинуватість притаманна усім, за винятком сипких, колекторам) він може знижуватися до 50-65% [2]. Це зумовлено передчасними неконтрольованими проривами води по високопроникних тріщинах в обхід пористих блоків матриці тріщинувато-пористого колектора. Для усунення марної циркуляції витіснювальних агентів по тріщинах, зменшення проникності високопроникних тріщин і охоплення пористих блоків гідродинамічним витісненням замість капілярного всмоктування сформульовано новий науковий напрям і розроблено відповідно ряд технологій створення потоковідхилювальних (потокоскерувальних) бар'єрів у глибині пласта, у міжсвердловинних зонах [3].

### **Аналіз сучасних досліджень**

З метою підвищення ефективності розробки тріщинувато-пористих покладів відомо нагнітання в пласт рідинних осадо, геле- або емульсієутворювальних сумішей та інших речовин, зокрема з використанням полімердисперсних систем, композицій ГАЛКА, полімерно-гелевої системи «Темпоскрін», дисперсій гамма-опроміненого поліакриламиду [4], котрі проникають у всі канали незалежно від їх поперечного розміру.

Суть технології створення потоковідхилювальних бар'єрів полягає в тому, що в обводнені високопроникні тріщини пласта через нагнітальні свердловини запомповується водна суспензія дисперсного матеріалу, а відтак продовжується запомповування води (чи водного розчину активної домішки) [3]. Ефективність технології забезпечується виконанням основних умов: а) геометричного критерію (проникнення дисперсної фази в тріщини і відсутність кольматації пор матриці та повнота заповнення тріщин різного розкриття полірозмірними частинками дисперсної фази); б) гідродинамічного критерію нульової плавучості

(близькість густин матеріалу дисперсної фази і дисперсійного середовища-носія); в) здатності дисперсної фази створювати тампон у пластових умовах (кольматація, набухання і т.д.); г) бути порівняно дешевим і зручним у технологічному використанні [5] (керовані дисперсні матеріали). Серед таких матеріалів викликають найбільший інтерес розглянути нами раніше бітумні матеріали та розглядувані в цій роботі подрібнені порошкоподібні полімери, які випускаються промисловістю у великих кількостях.

#### **Виділення невіршених питань**

Невіршеним питанням залишилось узагальнення характеристик дисперсних полімерів на основі опублікованих даних (зокрема в технічних умовах на них) і результатів лабораторного дослідження з обґрунтуванням їх придатності для створення потоковідхилювальних бар'єрів у пласті.

#### **Висвітлення основного матеріалу**

*Полімери* – складні речовини з великими молекулярними масами (порядку сотень, тисяч і мільйонів), молекули яких (макромолекули) складаються з великої кількості багаторазово повторюваних елементарних угруповань (або мономерних ланок) однакового хімічного складу і будови, з'єднаних між собою хімічними зв'язками, і являють собою довгі ланцюги.

За походженням полімери поділяють на природні (біополімери – білки, полісахариди, крохмаль, целюлоза, природні каучуки й ін.) та синтетичні, які отримують у результаті реакції полімеризації (полімеризаційні – поліетилен, поліпропілен, полівінілхлорид, полістирол і ін.) або поліконденсації (поліконденсаційні – фенолформальдегідні, сечовино- і меламіноформальдегідні смоли, поліуретани й ін.). Природні полімери рідко застосовують.

Усі синтетичні полімери в залежності від їх поведінки за підвищених температур поділяються на термопластичні (термопласти) і терморективні (реактопласти). Термопластичні полімери під час нагрівання розм'якшуються і стають в'язкотекучими, а під час охолодження вони знову тверднуть, але надалі не втрачають здатності до розчинення і розм'якшення. Терморективні полімери під час нагрівання або на холоді перетворюються у тверді неплавкі і нерозчинні (просторові, зшиті) матеріали. Із термопластів важливе значення для економіки мають полімери на основі етилену, пропілену, вінілхлориду, стирулу; з реактопластів – фенолформальдегідні, сечовино- і меламіноформальдегідні, поліефірні, поліамідні, кремнійорганічні, поліуретанові полімери.

Розрізняють агрегатні, фазові і фізичні стани полімерів. Полімери можуть знаходитися тільки в рідинному або твердому агрегатному стані (здатні зберігати свій об'єм і форму, а також опиратися впливу зовнішніх сил). Фазові стани речовини розрізняють з термодинамічної точки зору. Зазвичай розрізняють кристалічні, рідинні і газоподібні фази.

Твердому агрегатному стану відповідає два фазових – кристалічний і рідинний (аморфний). Для рідинного фазового стану характерно два агрегатних – твердий (склоподібний) і рідинний (розплав). Більшість розповсюджених промислових полімерів (полістирол, полівінілхлорид, поліметилметакрилат, полівінілацетат і ін.) знаходяться в рідинному фазовому стані, тобто є аморфними полімерами. Для аморфного полімеру розрізняють три фізичних стани – склоподібний, високоеластичний і в'язкотекучий. З одного фізичного стану в інший полімер переходить під час зміни температури.

Склоподібний стан аморфного полімеру порівнюють зі станом переохолодженої рідини, висока в'язкість якої виключає її вільну текучість і забезпечує стійкість форми, що властиво, як зовнішня ознака, твердому тілу. Склоподібний полімер (полімерне скло) – це твердий крихкий матеріал. Температуру, за якої відбувається крихке руйнування полімеру, називають температурою крихкості  $T_{кр}$ , а температуру, за якої спостерігається поступовий перехід від властивостей твердого, крихкого матеріалу до властивостей більш м'якого пластичного тіла – температурою склування  $T_c$ . За температури  $T < T_c$  полімер перебуває в склоподібному стані.

Високоеластичний стан аморфного полімеру характеризується відносно високою рухливістю сегментів (частин) макромолекул, яка проявляється тільки тоді, коли макромолекули мають значну довжину (більшу молекулярну масу), що найбільш характерно для полімерів з гнучкими ланцюгами. Під час розтягу полімерів, які знаходяться в такому стані, розвиваються великі (порядку 1000%) зворотні повздовжні деформації з дуже малим часом релаксації. За  $T_{кр} < T < T_c$  для полімерів з гнучкими ланцюгами також можливі великі деформації, але для них характерний великий час релаксації (поступовий перехід з нерівноважного стану, викликаного зовнішнім впливом, у стан термодинамічної рівноваги) – від кількох годин до кількох місяців. Високоеластичний стан реалізується між температурами склування  $T_c$  і текучості  $T_t$ .

Вище температури текучості  $T_t$ , де деформація різко збільшується під дією постійного навантаження, аморфний полімер знаходиться у в'язкотекучому стані. У в'язкотекучому стані полімер є рідиною і здатний необоротно текти (пластично деформуватись). Модуль пружності при цьому не перевищує 0,1 МПа, час релаксації становить менше 10с. Полімери, які кристалізуються, існують у в'язкотекучому стані за температури, вищої за температуру плавлення  $T_{пл}$ .

Полімери, які переходять із високоеластичного стану в склоподібний за температури, нижчої від кімнатної, відносять до еластомерів, за вищих температур – до пластиків.

У кристалічний стан полімери переходять з рідинного стану (розплав, розчин) під час зниження температури. До них відноситься багато полімерів – поліетилен, поліпропілен, натуральний каучук, окремі ефі-

ри целюлози, поліаміди, які можуть утворювати мікроскопічні кристали. У полімерах і поряд з кристалічними завжди знаходяться аморфні ділянки. Так, вміст кристалічної частки в поліетилені високої густини складає 75-90%, а в поліетилені низької густини – близько 60%. Розрізняють кристалічні і кристалізуючі полімери. Кристалічним називають полімер, у якому кристалічна структура (незалежно від її кількості) створена в процесі синтезу полімеру, тобто сформована одночасно з формуванням самих молекул. Кристалізуючим називають полімер, який під час синтезу отримується аморфним, кристалічні структури виникають у ньому в процесі деформації (зазвичай розтягу) за орієнтації макромолекул у напрямку деформації. У випадку прикладання малих напруг деформація кристалічних полімерів є дуже малою. Вище температури плавлення  $T_{пл}$  полімер переходить практично зразу у в'язкотекучий стан, при цьому деформація різко зростає. Так, якщо розплав кристалізуючого полімеру швидко охолодити, то він не встигне кристалізуватися і перейде в склоподібний стан. До температури склування  $T_c$  він буде поводитися як звичайний аморфний полімер, тобто проявляти малі оборотні деформації. На відміну від кристалічного в кристалізуючого полімеру проявиться і область високоеластичного стану, і саме в ній, внаслідок збільшення сегментальної рухливості макромолекул, настане кристалізація. Перетворюючись у кристалічний, полімер виявить високі необоротні деформації тільки після досягання температури плавлення  $T_{пл}$ .

Підвищення пластичності матеріалу (під час його переробки) і еластичності (в ході експлуатації) досягається введенням у полімер пластифікаторів. При цьому знижується температура склування  $T_c$ .

Полімеризацію здійснюють: а) блочну (в масі) – полістирол, полівінілхлорид, поліметилметакрилат; утворюються порошок або пористі частинки, суцільна маса (блок); б) розчинну (в розчині гомогенним або гетерогенним способом; лакова полімеризація, полімеризація в розчиннику) – полівінілацетат, деякі поліакрилати, поліетилен, поліпропілен та інші поліолефіни; утворюються розчин полімеру (лак) або осад у розчиннику; в) емульсійну – полівінілацетат, полівінілхлорид, поліакрилати, поліметакрилати і інші; утворюються або латекси (частинки полімеру, оточені шаром емульгатора), або порошок; г) суспензійну (бісерну, гранульну) – полівінілхлорид, полістирол, поліметилметакрилат, полівінілацетат; утворюються кулькоподібні частинки (гранули, бісер).

Поліконденсацію можна проводити в розплаві, розчині, емульсії, на поверхні розділу двох фаз і у твердій фазі; вона є основним методом отримання гетероланцюгових полімерів. Спільною поліконденсацією отримують блоккополімери.

На основі синтетичних полімерів маємо пластичні маси (пластмаси) – складні композиції, в які вводять різні наповнювачі і добавки, ко-

трі надають полімерам необхідний комплекс технічних властивостей, – а також синтетичні волокна.

Серед такого розмаїття ми вивчили й обґрунтували для отримання бажаного результату такі полімери.

**Поліолефіни** – це продукти гомо- і кополімеризації олефінів; термопластичні матеріали (термопласти). Серед них маємо наступні, придатні для поставленої мети полімери.

**Поліетилен**  $[-CH_2-CH_2-]_n$  – кристалічний термопласт, який утворюється при полімеризації етилену  $C_2H_4$ ; насичений вуглеводень з молекулярною масою  $10^4 - 4 \cdot 10^5$ ;  $T_{30} = -60-269^\circ C$ , густина 913-934  $кг/м^3$  (поліетилен високого тиску – ПЕВТ) і 919-973  $кг/м^3$  (поліетилен низького тиску – ПЕНТ), розчиняється за температури, вищої  $70-80^\circ C$ , в ароматичних вуглеводнях і їх галогенопохідних, температура самоспалахування  $400^\circ C$ , температура плавлення  $102-105^\circ C$  (високого тиску) і  $125-137^\circ C$  (низького тиску) (табл. 1). Поліетилен не розчиняється у воді і водяній парі, спирті і ацетоні. За звичайної температури не змінюється під дією мінеральних кислот (HCl,  $H_2SO_4$ , HF), розчинів лугів, а також багатьох розчинників. Не стійкий у сильних окислювачах (кипляча азотна кислота, олеум, хлорсульфонова кислота, галоїди і ін.), деякі викликають його руйнування. Не стійкий до гасу, бензину, бензолу, хлороформу і чотирихлористого вуглецю (за кімнатної температури набухає, а за температур вищих  $100-120^\circ C$  розчиняється). При температурі понад  $80^\circ C$  розчиняється у вуглеводнях і галогенопохідних. Якщо полімеризація відбувається при стисненні етилену до 150-250 МПа і температурі  $150-250^\circ C$ , то отримується поліетилен високого тиску (ПЕВТ), при тиску до 10 МПа в присутності каталізаторів – поліетилен середнього тиску (ПЕСТ), при атмосферному тиску – поліетилен низького тиску (ПЕНТ).

Таблиця 1. Характеристика поліетиленів

Параметри	ПЕВТ	ПЕНТ	ПЕСТ
Густина, $кг/м^3$	913-934	919-973	960-970
Руйнівна напруга в процесі згину, МПа	12-17	20-38	25-40
Температура плавлення, $^\circ C$	105-108	125-135	130-135
Питома теплоємність, $кДж/(кг \cdot ^\circ C)$	2,09-2,85	2,3-2,7	2,3-2,7

Випускається ПЕВТ у вигляді гранул білого або інших кольорів з насипною густиною  $500-600 кг/м^3$ , поліетилен низького тиску – у вигляді гранул з насипною густиною  $500-600 кг/м^3$  або у вигляді білого порошку з насипною густиною  $200-250 кг/м^3$ . Поліетилен хлорсульфований (хайпалон) має густину  $1120-1260 кг/м^3$ .

У воді спливає вся маса поліетилену (пояснюється меншою густиною порівняно з водою і гідрофобністю поверхні).

Для ізоляції припливів пластової води застосовуються поліетилен низького тиску (ПЕНТ) і відходи виробництва поліетилену – полімер пром.розчинного потоку (ППП), полімер бензинового потоку (ПБП), а також відходи товарного продукту [3], які не придатні для міжсвердловинного тампонування.

Поліетилен низького тиску (ПЕНТ) за ГОСТ 16333-77 являє собою високомолекулярний продукт полімеризації етилену – термопластичний полімер із групи поліолефінів, має високий ступінь кристалічності. Виробляється у вигляді порошку чи гранул (2-3 мм). ПЕНТ хімічно стійкий до діяння різних реагентів, за температури 20-25°C він руйнується тільки в середовищі чотирихлористого вуглецю. Органічні розчинники за кімнатної температури не розчиняють ПЕНТ, за підвищеної температури ПЕНТ набухає і частково розчиняється; повністю розчиняється в органічних розчинниках за температури вище точки плавлення. Молекулярна маса ПЕНТ коливається в межах  $(8-10) \cdot 10^4$ . Поліетилен низького тиску випускають без домішок (базові марки) та у вигляді композицій зі стабілізаторами, барвниками та іншими домішками.

Залежно від властивостей і призначення встановлено марки поліетилену, котрі зазначено в ГОСТ 16338-85. Позначення базової марки поліетилену складається з назви матеріалу “поліетилен”, восьми цифр, що характеризують конкретну марку і позначення стандарту. Приклад позначення: “Поліетилен 21008-075 ГОСТ 16338-85”.

Поліетилени високого (ПЕВТ) і особливо низького тиску (ПЕНТ) придатні для тампонування тріщин при пластових температурах до 70-80°C.

Розчинення термопластичних полімерів у низькомолекулярній вуглеводневій рідині проходить за два етапи. Спочатку полімер набухає, тобто відбувається проникання низькомолекулярного розчинника в середину полімеру з порушенням поперечних міжмолекулярних зв'язків та розсуванням полімерних ланцюгів. У процесі подальшого набухання відбувається відривання окремих ланцюгів і дифузія їх в об'ємі розчинника. Швидкість розчинення залежить в основному від хімічного складу і структури полімеру, природи розчинника, температури, а також від питомої кількості розчинника і його відносної швидкості руху. При збільшенні відносної швидкості руху розчинника тривалість часу повного розчинення полімеру значно скорочується. Лабораторними дослідженнями встановлено, що ці полімери добре розчиняються в різних нафтах, а швидкість розчинення за інших рівних умов визначається фракційним складом нафти. Розплави даних полімерів є неньютонівськими псевдопластичними рідинами, для яких характерне зменшення в'язкості з ростом швидкості зсуву. У пластових умовах в'язкість розплавів цих полімерів значно (на кілька порядків) перевищує в'язкість пластової рідини. Звідси випливає, що за певних умов при пластових

температурах 70-137°C розплави цих полімерів можуть застосовуватись як ефективний тимчасово ізолювальний матеріал.

**Поліпропілен**  $[-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CH}_2-]_n$  (хостален, данлай, моплен, новолен, олеформ, поліпро, пропатен, профакс і ін.) – термопластичний, кристалічний, ізотактичний полімер (полімер пропілену  $\text{C}_3\text{H}_6$ ); полімеризаційна смола; густина 905<sub>910</sub>-920 кг/м<sup>3</sup>,  $T_{\text{пл}}=160_{164}$ -176<sub>170</sub> °C. Стійкий у воді і агресивних неорганічних середовищах (окрім сильних окислювачів), нижче 80°C – в органічних розчинниках (вище цієї температури набухає). Випускається у вигляді порошку або гранул (не більше 5 мм), придатний при температурах до 160 °C.

**Полістирол**  $[-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{C}_6\text{H}_5)-]_n$  (бакеліт, вестірон, стірон, фостарен, едістер і ін.) – аморфний термопласт лінійної будови (полімер стиролу  $\text{C}_8\text{H}_8$  – ароматичного вуглеводню з кратними зв'язками в бокових ланцюгах); полімеризаційна смола; молекулярна маса 250-350 тис., густина 1040-1050 кг/м<sup>3</sup>,  $T_{\text{розм}} = 82$ -95°C; розчиняється в стиролі, хлорованих і ароматичних вуглеводнях, кетонах, не розчиняється у воді, спиртах, слабких розчинах кислот, лугів, аліфатичних вуглеводнях. Коефіцієнт теплопровідності 0,08-0,12 Вт/(м·К); горючий, температура самоспалахування 440°C, під час нагрівання до 300°C деполімеризується; нижня концентрація межі вибуховості пилоповітряної суміші 25-7,5 г/м<sup>3</sup>. Отримують радикальною полімеризацією стиролу в масі або суспензії. Застосовується як конструкційний, електроізоляційний, декоративно-оздоблювальний матеріал, для виготовлення предметів широкого вжитку.

Полістирол загального призначення (табл. 2) у залежності від способу отримання, випускається під назвою блочний (у вигляді гранул розміром не більше 10x6 мм або крупнозернистого порошку марок Д і Т за ГОСТ 9440-60), суспензійний (у вигляді гранул розміром 4x5 мм марок ПС-С і ПС-СП за МРТУ 6-05-928-64) і емульсійний (марок А у вигляді високодисперсного порошку або гранул розміром не більше 10x6 мм і Б у вигляді порошку за ГОСТ 9440-60), а також полімеризацією в середовищі розчинника (у вигляді лаку або порошку).

Полістирол стійкий до лугів, багатьох галоїдноводневих та інших мінеральних кислот, а також до деяких органічних кислот, трансформаторного мастила, гліцерину і ін. Винятком є 65% азотна кислота і льодяна оцтова кислота, в яких вироби з полістиролу набухають і дещо змінюють свій зовнішній вигляд. Полістирол не розчиняється в аліфатичних вуглеводнях, нижчих спиртах, ефірах, фенолі, оцтовій кислоті і воді. Полістирол розчиняється в ароматичних і хлорованих вуглеводнях, складних ефірах, кетонах, сірководні, піридині. Значно набухає в бензині та гасі.

За високих температур (вище 200°C) полістирол розкладається з утворенням стиролу та інших низькомолекулярних сполук (димерів, тримерів і ін.), придатний у вигляді порошку до температури 60-70°C.



Таблиця 2. Характеристика полістиролу

Параметри	Полістирол		
	Блочний	Суспензійний	Емульсійний
Густина, кг/м <sup>3</sup>	1050-1080	1050-1060	1050-1080
Модуль пружності при згині, МПа	2700	3100	2000
Відносне видовження під час розриву, %	1,5	1,5	1,5
Твердість за Брінелем, Н/мм <sup>2</sup>	140-150	150	140-150
Теплостійкість за Віком, °С	100-105	105-108	110
Питома теплоємність, Дж/(г·град)	1,34	1,34	1,34
Коефіцієнт теплопровідності, Дж/(м·год·град)	0,335-0,502	0,335-0,502	0,335-0,502
Коефіцієнт термічного лінійного розширення, град <sup>1</sup>	8·10 <sup>-5</sup>	8·10 <sup>-5</sup>	9·10 <sup>-5</sup>
Верхня межа робочих температур, °С	60-65	60	65-70
Водопоглинання протягом 24 год. за 20°С, %	1,2	0,2	0,2

За високих температур (вище 200°С) полістирол розкладається з утворенням стирулу та інших низькомолекулярних сполук (димерів, тримерів і ін.), придатний у вигляді порошку до температури 60-70°С.

*Пінополістирол* – газонаповнений матеріал на основі полістиролу, що називається пінопластом; має закриті пори. Спінені матеріали зі сполученими порами називають поропластами. Позірна густина пінополістиролу 12-100 кг/м<sup>3</sup>,  $T_{розм} = 80-90^{\circ}\text{C}$ , модуль при згині 7-10 МПа, коефіцієнт теплопровідності 0,027-0,032 Вт/(м·К), вологонепроникний. Застосовується як тепло- і звукоізоляційний матеріал; пакувальний матеріал і для ізоляції кабелів, трубопроводів та ін.

Як газоутворювач (пороутворювачі, порофори, спінювальні агенти) використовуються діасполуки, наприклад динітрию азобісізомаляної кислоти (температура розкладання 90-110°С) або карбонат алюмінію (температура розкладання 50-60°С).

За безпресовим методом випускаються вироби із суспензійного полістиролу для спінювання (табл. 3) марок ПСБ (за МРТУ 6-05-959-66 чотири марки: А<sub>1</sub>, А<sub>2</sub>, Б і В, які відрізняються за величиною насипної маси після спінювання) і ПСБ-С (самозгасний, за МРТУ 6-05-1019-66 чотирьох марок: А<sub>1</sub>, А<sub>2</sub>, Б і В).

Придатний за пластових температур до 80-90°С.

*Полістирол спінюваний* – продукт суспензійної полімеризації стирулу в присутності пороутворювача (ізопентану). Масова частка пороутворювача становить не менше 4,0-6,5%. Полістирол спінюваний згідно з ОСТ 6-05-202-83 випускають таких типів: ПСВ (EPS-N), ПСВ-С (EPS-F), ПСВ-С-ПМ (EPS-F-PM), ПСВ-Л (EPS-L) (підтипи ПСВ-Л-1, ПСВ-Л-1С), ПСВ-Б (EPS-B), ПСВ-ЛД (EPS-LD).

Таблиця 3. Характеристика суспензійного полістиролу

Параметри	ПСБ				ПСБ-С			
	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	Б	В	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	Б	В
Зовнішній вигляд	Безбарвні гранули				Мутнуваті гранули			
Вологість, % не більше	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Вміст мономеру, % не більше	0,25	0,40	0,40	0,50	0,25	0,40	0,40	0,50
Вміст пороутворювача, % не більше	4,5	4,5	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	3,5
Дисперсність (залишок після просіювання на ситі за ГОСТ 3854-53), % не менше з сіткою №1	60	60	45	10	50	50	30	10
	Факультативно				Факультативно			
Насипна маса, г/л не більше	20	20	35	50	25	25	35	50
Здатність до злипання гранул за класами 0, 1, 2, 3	0	0	1	2-3	0-1	0-1	2	3
Час самозгасання, с не більше	-	-	-	-	5	5	5	5
Втрата маси, % не більше	-	-	-	-	20	20	15	10

Кожний тип і підтип спінюваного полістиролу постачається розсіяним на п'ять фракцій. Кожна фракція розсіяного полімеру являє собою марку полімеру, яка містить частинки певного розміру в мм: понад 3,2 – марка 1; 3,2-1,8 – марка 2; 1,8-0,9 – марка 3; 0,9-0,4 – марка 4; менше 0,4 – марка 5 (супутний продукт, непридатний для одержання пінополістирольних виробів). Для всіх типів розмір частинок, у мм, допускається: понад 2,5 – марка 1; 2,5-1,4 – марка 2; 1,4-0,9 – марка 3. Перша і п'ята марки випускаються за першою категорією; друга, третя і четверта – за вищою категорією (відповідно вищій і першій сорти), а чистота розсіву становить у відсотках не менше: 1 марка – 82; 2 марка – 90 і 85 (вища і перша категорії); 3 марка – 90 і 80 (вища і перша категорії); 4 марка – 90 і 82 (вища і перша категорії); 5 марка – 80.

Позначення спінюваного полістиролу при замовленні: „Полістирол спінюваний типу ПСВ-С, марка 4, сорт 1, ОСТ 6-05-202-83.

Спінювальний полістирол не розчиняється у воді, етиловому спирті, гасі, розчиняється в толуолі, дихлоретані, ефірі.

Густина частинок спінюваного полістиролу становить 998 кг/м<sup>3</sup>, позірна густина спінюваного бісеру – 650 кг/м<sup>3</sup>.

Гранулометричний склад нерозсіяного спінюваного полістиролу подано в табл. 4, а на рис. 1 – диференціальна (*n*) і кумулятивна (*N*) криві розподілу дисперсного складу (за діаметром *d*). Середній “ситовий” діаметр *d* частинок, розрахований як середньозважений за масами фракцій, становить – 0,96 мм, а модальний – 0,82 мм.

Полістирол спінюваний відноситься до матеріалів, що займаються (температура загоряння – плюс 376°C, температура самозагоряння типу ПСВ – плюс 440°C; ПСВ-С, ПСВ-С-ПМ – плюс 376°C), горить полум'ям, яке дуже коптить. Температура розкладання спінюваного полістиролу 200-250°C. Температура розм'якшення частинок становить 82-95°C.

Нами виконано лабораторні дослідження з вивчення залежності коефіцієнта проникності шару полістиролу ПСВ від температури як перспективного матеріалу для тампонування високопроникних тріщин пласта. Оскільки густина полістиролу становить 1050-1080 кг/м<sup>3</sup>, а спінюваного – 998 кг/м<sup>3</sup>, тобто є близькою до густини рідини-носія – води, то це дає змогу здійснити перенесення його гранул по тріщинах на різні відстані (вглиб пласта) практично незалежно від швидкості руху рідини-носія. Тверді гранули полістиролу нерозчинні у воді (можуть вводиться у потік води зі збереженням агрегатного стану і форми), мають розмір від 0,4 до 1,8 мм (ПВС марка 3, марка 4 і марка 5), що менше розкриття високопроникних тріщин і значно більше поперечних розмірів пор матриць (можуть переміщатись по тріщинах і не проникати в пори матриць).

Таблиця 4. Гранулометричний склад нерозсіяного спінюваного полістиролу

Найменування показників	Типи і сорти першої категорії												
	ПСВ		ПСВ-С		ПСВ-С-ПМ		ПСВ-Л-І		ПСВ-Л-ІС		ПСВ-ЛД		
	І	ІІ	І	ІІ	І	ІІ	І	ІІ	І	ІІ	І	ІІ	
Гранулометричний склад (залишок після просіювання на ситах) з величиною отворів, у мм, %:													
на сітці 3,2													
не більше	5,0	10,0	5,0	10,0	5,0	10,0	5,0	10,0	5,0	10,0	10,0	10,0	10,0
на сітці 0,9													
не менше	70,0	65,0	70,0	65,0	70,0	65,0	70,0	65,0	70,0	65,0	75,0	70,0	70,0
на сітці 0,4													
не менше	95,0	90,0	95,0	90,0	95,0	90,0	95,0	90,0	95,0	90,0	95,0	90,0	90,0

Характерною особливістю спінюваного полістиролу є властивість збільшення в об'ємі при підвищеній температурі. За проведеними авторами даної роботи дослідженнями при температурі води 96°C гранули полістиролу ПВС збільшуються в 6-10 разів, а якщо він перебуває в замкнутому об'ємі, то втрачає свою гранулярну структуру, перетворюється в однорідний щільний твердий моноліт типу пластмаси і стає непроникним.

На рис. 2 показано встановлену нами разом з І.М. Купером залежність зміни коефіцієнта проникності шару гранульованого спінюваного полістиролу від температури водного середовища, в якому він перебуває. Цю залежність отримано на стандартному устаткуванні УДПК-1М.

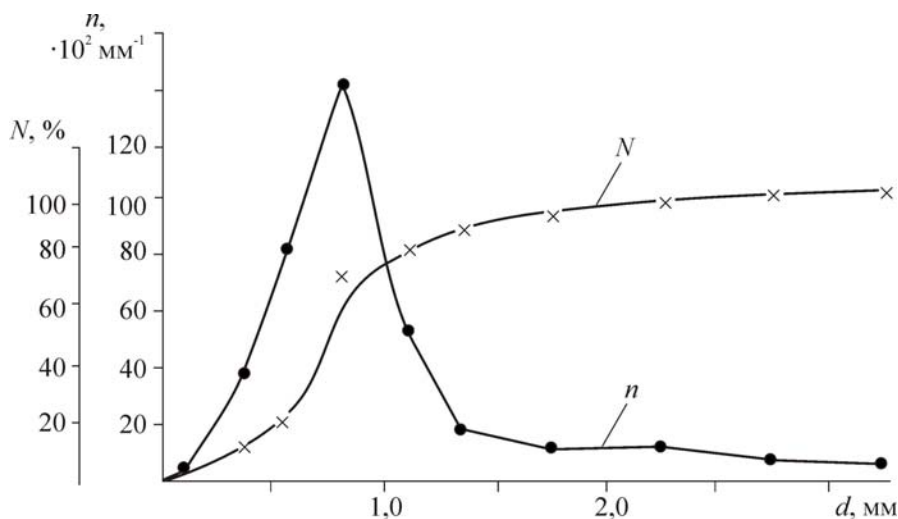


Рис. 1. Дисперсний склад спінюваного полістиролу за диференціальною ( $n$ ) і кумулятивною ( $N$ ) кривими

Фільтраційну колонку заповнювали гранульованим полістиролом наступним чином. На виході із колонки встановлювали фільтр, а через вхід в колонку пропомпували водну пульпу полістиролу (гранульований полістирол із водою). Частину води відфільтровували, а частину разом із полістиролом залишали у фільтраційній колонці. Після заповнення фільтраційну колонку поміщали в термостат і нагрівали. За значин температур, поданих у табл. 5, проводили пропомпування води через пробу полістиролу за допомогою устаткування УДПК-1М. За витратою відфільтрованої через вірець води, тиском пропомпування, коефіцієнтом в'язкості води (з поправкою на температуру) і розмірами вірця визначали його коефіцієнт проникності. Прогрівання вірця на кожній сходинці, зазначених в таблиці значин температур, відбувалось протягом 20-25 хв. Пропомпувана через вірець вода також термостатувалась.

Як видно із результатів експериментів, при підвищенні температури від 20 до 70°C коефіцієнт проникності вірця зменшується від 5,105 до 1,814 мкм<sup>2</sup>, при температурі 80°C коефіцієнт проникності становить 0,00216 мкм<sup>2</sup>, а при 120°C вірець практично непроникний ( $0,47 \cdot 10^{-5}$  мкм<sup>2</sup>).

Отже, гранульований спінювальний полістирол є ефективним матеріалом для тампонування тріщин.

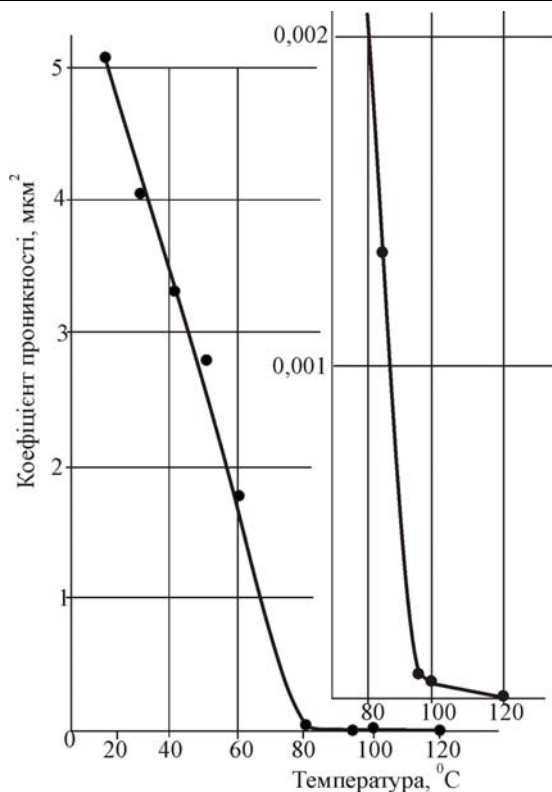


Рис. 2. Зміна коефіцієнта проникності шару спінюваного полістиролу від температури

Таблиця 5. Результати вивчення залежності коефіцієнта проникності шару гранульованого спінюваного полістиролу ПСВ від температури

Температура взірця і пропомпування, °C	Тиск пропомпування, МПа	Витрата води через взірець, м <sup>3</sup> /с	Динамічний коефіцієнт в'язкості води (із урахуванням температури), мПа·с	Довжина взірця, м	Площа поперечного перерізу взірця, м <sup>2</sup>	Коефіцієнт проникності, ккм <sup>2</sup>
20	1·10 <sup>-4</sup>	0,16·10 <sup>-6</sup>	1,002	0,15	0,000471	5,105
30	1·10 <sup>-4</sup>	-//-	0,802	-//-	-//-	4,086
40	-//-	-//-	0,653	-//-	-//-	3,327
50	-//-	-//-	0,550	-//-	-//-	2,802
60	-//-	-//-	0,470	-//-	-//-	2,068
70	-//-	-//-	0,406	-//-	-//-	1,814
80	0,084	0,16·10 <sup>-6</sup>	0,356	0,15	0,000471	0,00216
95	0,2	-//-	0,298	-//-	-//-	0,00076
100	0,28	-//-	0,282	-//-	-//-	0,000513
120	39,5	-//-	0,223	-//-	-//-	0,000047
20	91,8	-//-	1,002	-//-	-//-	0,000047

**Полівінілхлорид**  $[-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{Cl})-]_n$  (ПВХ, вестоліт, хосталіт, вінол, корвик, сикрон, джеон, ніпеон, суміліт, луковил, хелвик, норвик та ін.) – аморфний термопласт (ступінь кристалізації не перевищує 10%); отримується полімеризацією вінілхлориду – хлористого вінілу  $\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}$ ; полімеризаційна смола; густина  $1350-1430 \text{ кг/м}^3$ ,  $T_{\text{ст}}=75-80^\circ\text{C}$  (для термостійких марок до  $105^\circ\text{C}$ ),  $T_{\text{пл}} = 150-220^\circ\text{C}$ . Розчиняється за температур вище  $110-120^\circ\text{C}$  з виділенням  $\text{HCl}$ . Випускається у вигляді однорідного порошку з насипною масою  $400-750 \text{ кг/м}^3$ .

Полівінілхлорид стійкий у розчинах соляної та мурашиної кислот будь-яких концентрацій (за температур до  $60^\circ\text{C}$ ), у розчинах солей різних металів та лугів. Він не змінюється під дією гліцерину, спиртів, гліколів, масел тощо.

При тампонувальних роботах у глибоких свердловинах можуть застосовуватись суміші на основі полівінілхлориду.

Пінополівінілхлорид (вініпор) отримують пресуванням та екструзією полівінілхлоридної композиції, яка містить газотворювач. Сформована композиція піддається повторному підігріванню для спінювання. Позірна густина  $50-300 \text{ кг/м}^3$ . Він те ж придатний для тампонування тріщин.

**Полівініловий спирт** (за ГОСТ 10779-78) – карболанцюговий полімер, одержується омиленням полівінілацетату; випускається у вигляді тонкодисперсного сипкого матеріалу (порошку) білого або жовтуватого кольору густиною  $1293 \text{ кг/м}^3$ , відноситься до класу полімерних спиртів.

Залежно від ступеня омилення полівінілацетату і властивостей полівініловий спирт випускається таких марок: повністю омилений – 6/1, 8/1, 11/2, 16/1, 20/1, 40/2; частково омилений – 5/9, 18/11. Полівініловий спирт марок 16/1, 20/1 призначається для роздрібною торгівельної мережі під назвою “сухий антиокрейдучач”. Умовне позначення полівінілового спирту складається з назви продукту – ПВС, марки (в чисельнику вказується середня значина динамічного коефіцієнта в'язкості 4% розчину за вищим сортом, а в знаменнику – середня значина вмісту ацетатних груп за вищим сортом), сорту 1 і позначення стандарту. Приклад умовного позначення полівінілового спирту марки 16/1 і сорту: ПВС, 16/1 1 сорт, ГОСТ 10779-78 (табл. 6).

Диференціальну ( $n$ ) і кумулятивну ( $N$ ) криві дисперсного складу полівінілового спирту (за діаметром  $d$ ) показано на рис. 3. Середній “ситовий” діаметр частинок, розрахований як середньозважений за масами фракцій (за ГОСТ 3584-73), становить  $0,167 \text{ мм}$ . Відношення діаметрів  $d_{60}/d_{10}$  і  $d_{90}/d_{10}$ , де  $d_i$  – діаметри частинок, за яких сума мас фракцій з діаметрами, починаючи від нуля і кінчаючи даним діаметром, складає  $i$  % від маси фракцій, причому  $i = 10; 60; 90\%$ , становлять:  $d_{60}/d_{10} = 10,66$ ,  $d_{90}/d_{10} = 25,33$ .

Дійсна густина полівінілового спирту, визначена пікнометричним методом у ксилолі, дорівнює  $1257 \text{ кг/м}^3$ . Позірна густина становить  $506 \text{ кг/м}^3$ .

Таблиця 6. Технічна характеристика полівінілового спирту (за ГОСТ 10779-78)

Показники	Норма для марки				
	16/1 вищий сорт	20/1 вищий сорт	6/1 вищий сорт	8/1 вищий сорт	11/2 вищий сорт
Зовнішній вигляд	порошок або крупинки білого чи жовтуватого кольору				
Масова частка легких речовин, % не більше	4	4	4	4	4
Динамічний коефіцієнт в'язкості 4% розчину, $10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$	14-17	17,5-20,5	5-7	7-9	10-12
Масова частка ацетатних груп, %	0,9-1,7	0,9-1,7	0,8-1,4	0,8-1,4	1,1-1,9
Масова частка ацетату натрію в сухому продукті, % не більше	1,2	1,2	0,6	0,6	0,4
Концентрація водневих іонів (рН) 4% розчину	6-7	6-7	5-7	5-7	5-7
Розчинність у воді, % не більше	99,8	99,8	99,8	99,8	99,8

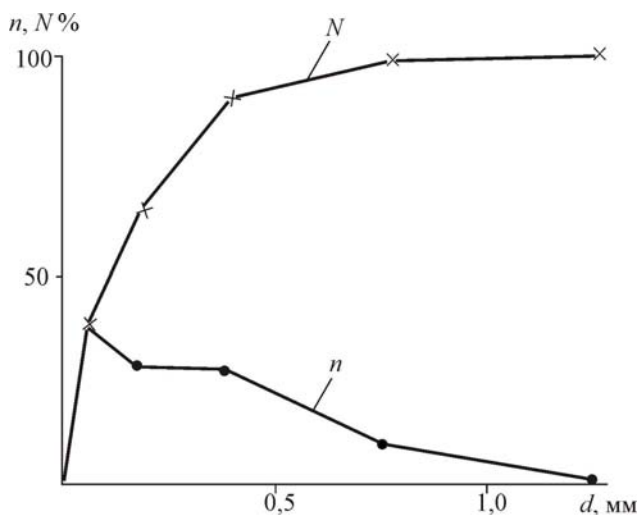


Рис. 3. Дисперсний склад полівінілового спирту за диференціальною (n) і кумулятивною (N) кривими

Визначення усадки згідно з ТУ 38 УССР 20173-78 з допомогою металевого стакана циліндричної форми з плоским дном (внутрішній діаметр 76 мм, глибина 64 мм) і металевого циліндра (маса 11 кг), який входить у нього, показало, що полівініловий спирт у проміжку дослі-

джених температур не змінює свого агрегатного стану, а тільки відбувається подальше ущільнення порошку полівінілового спирту до постійної значини об'єму (рис. 4).

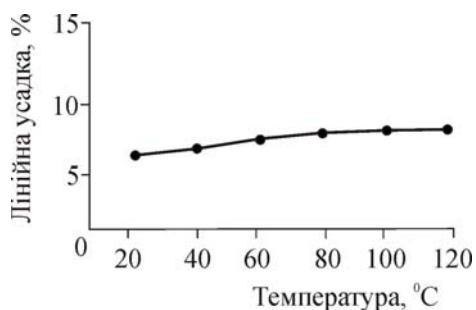


Рис. 4. Залежність лінійної усадки полівінілового спирту від температури

Для характеристики зчеплення частинок і умов зберігання полівінілового спирту та створення тампонуального шару вивчали його рухомість на пенетрометрі з голкою за ГОСТ 1440-78. За тих же температур (згідно з ГОСТ 11501-78) рухомість майже не змінюється, оскільки зміни фазового стану полівінілового спирту не відбувається.

Розчинність полівінілового спирту у воді (за ГОСТ 10779-78) складає 98,38%, у складниках нафти – газоконденсаті і дизпальному та нафті полівініловий спирт не розчиняється. Розчинення полівінілового спирту у воді пояснюється наявністю в його молекулах полярних груп  $\text{OH}^-$ , тобто спорідненістю з молекулами води. Полівініловий спирт розчиняється в мицелярних розчинах (типу Карпатол-2), а в мицелярних розчинах із зовнішньою вуглеводневою фазою (нафтоводяна мікроемульсія) не розчиняється. Порошок ПВС у воді відразу осідає на дно.

Використовується полівініловий спирт також як емульгатор для виготовлення водних дисперсій мінеральних і рослинних масел та інших органічних рідин. Полівініловий спирт знижує поверхневий натяг на межі розділу фаз. Таке зниження поверхневого натягу сприяє диспергуванню під час змішування однієї рідини в другій у формі дуже дрібних крапель. Повністю гідролізований полівінілацетат впливає на поверхневий натяг менше, ніж частково гідролізований. Полівініловий спирт з підвищеною пластовою температурою 75-80°C після розчинення у пластовій воді може утворювати з нафтою емульсії. Емульсії з розчину ПВС і нафти мають властивість розділятися на дисперсну фазу і дисперсійне середовище, тобто нестабільні в часі. Реологічні залежності емульсій вивчали за допомогою ротаційного віскозиметра “Реотест-2” при температурі 20°C.

У літературі відомо властивості полівінілового спирту як емульгатора, зокрема для виготовлення водних дисперсій мінеральних і рос-



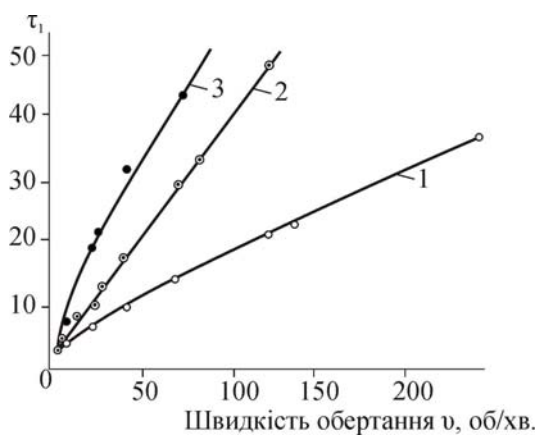
линних масел та інших органічних рідин. Полівініловий спирт знижує поверхневий натяг на межі розподілу фаз, що сприяє диспергуванню при сколоченні одної рідини в іншій у формі дуже дрібних крапель. Повністю гідролізований ПВС впливає на поверхневий натяг менше, ніж частково гідролізований. Оскільки полівініловий спирт у пластових умовах із температурою 75-80°C, розчиняючись у пластовій воді, може утворювати з нафтою емульсії, тому нами разом із Р.В. Грибовським вивчено умови утворення таких емульсій і їх властивості.

Реологічна поведінка полімерів і їх розчинів визначається не тільки температурою, але й природою полімеру, його молекулярною масою і молекулярно-масовим розподілом, а також напругою і швидкістю зсуву, за яких здійснюється течія розчину або розтопу. Внутрішній рухомий циліндр ротаційного віскозиметра "Реотест-2" з'єднували з двигуном, який забезпечує задане число обертів. На вісь внутрішнього циліндра наклеювали тензодавач, котрий вимірював напругу, що виникає при обертанні із заданою швидкістю. Оскільки в лабораторії температура коливалась в межах від 17 до 24°C, тому використовували термостат, вмонтований в "Реотест-2", і всі дослідження виконували при температурі 20°C. Контроль за температурою здійснювався ретельно, тому що в'язкість із підвищенням температури зменшується. Під час термостатування здійснювалося вирівнювання температур емульсії в кільцевому зазорі віскозиметра і термостатованої рідини в термобарабані віскозиметра. Реологічні криві емульсій, зняті при прямому і оберненому ходах віскозиметра, можуть співпадати і не співпадати. Перші і другі відносяться до швидкості відновлення тиксотропної структури. Практичний інтерес мають реологічні параметри емульсії, визначені при зворотному ході віскозиметра, тобто після повного зруйнування структури, яка утворилася під час термостатування емульсії.

Тому при визначенні їх прийняли такий порядок зняття реологічних кривих. Після термостатування відбувалося руйнування структур при максимальних обертах циліндра віскозиметра, потім знімали покази приладу за послідовного зниження числа обертів. Кожний відлік брали при повній зупинці підвісного циліндра віскозиметра, що відповідало певному ступеню зруйнування або встановлення тиксотропної структури емульсії при даній значині градієнта швидкості зсуву (швидкості обертання) в кільцевому зазорі. На рис. 5 і 6 зображено реологічні криві емульсії з співвідношенням розчину ПВС/нафта 50/50 і 60/40.

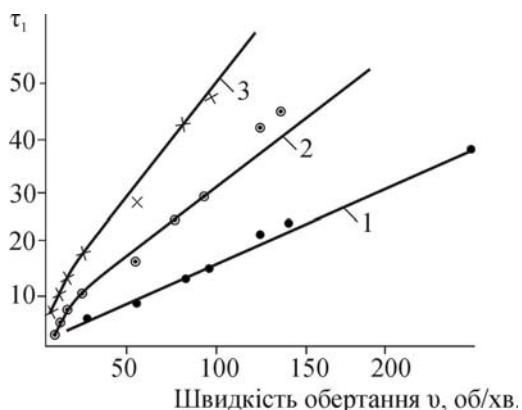
Із наведених рисунків видно, що залежності в загальному випадку зображаються кривими, які складаються з двох ділянок. Криволінійні ділянки характеризують процес руйнування структури під дією прикладеного навантаження; кожна точка реологічної кривої на цих ділянках є повністю визначеною кутовим коефіцієнтом дотичної, яка проведена через цю точку (коефіцієнт в'язкості), і відрізком, який відсікається на осі ординат продовженням даної дотичної (динамічна напруга

зсуву). Обидва реологічні параметри на цій ділянці є змінними, які залежать від градієнта швидкості зсуву. Із збільшенням градієнта швидкості коефіцієнта в'язкості знижується, наближаючись до своєї граничної значини. Прямолінійна ділянка відповідає великим значинам градієнта швидкості зсуву; для цієї ділянки залежність повністю визначається двома постійними параметрами – кутовим коефіцієнтом прямої (коефіцієнт бінгамівської в'язкості  $\eta_0$ ) і відрізком, який відсікається на осі ординат продовженням цієї прямої (динамічна напружка зсуву  $\tau_0$ ). Обидва ці реологічні параметри є граничними значинами параметрів змінних на ділянці малих градієнтів швидкості.



1-2% ПВС/нафта; 2-5% ПВС/нафта; 3-10% ПВС/нафта

Рис. 5. Залежність швидкості обертання  $v$  від напружки зсуву  $\tau_1$  при температурі 20°C емульсій з розчинів ПВС із співвідношенням дисперсних фаз розчин ПВС різної концентрації / нафта (50/50 за об'ємом)



1-2% ПВС/нафта; 2-5% ПВС/нафта; 3-10% ПВС/нафта

Рис. 6. Залежність швидкості обертання  $v$  від напружки зсуву  $\tau_1$  при температурі 20°C емульсій з розчинів ПВС із співвідношенням дисперсних фаз розчин ПВС різної концентрації / нафта (60/40 за об'ємом)

Із розглянутих реологічних кривих можна зробити висновок, що в загальному випадку емульсії відносяться до в'язкопластичних рідин, які характеризуються двома реологічними параметрами при русі – коефіцієнтом пластичної (бінгамівської) в'язкості  $\eta_0$  і динамічною напругою зсуву  $\tau_0$ .

При підвищенні температури величина динамічної напруги зсуву зменшується, і, починаючи з деякої температури, емульсія набуває властивостей ньютонівських рідин, які характеризуються тільки одним реологічним параметром – коефіцієнтом в'язкості.

Були зняті на "Реотест-2" дані для побудови реологічних кривих водних розчинів ПВС з різною концентрацією. Зіставляючи величини напруг зсуву, відзначаємо, що реологічні криві розташовуються рівномірно в залежності від концентрації розчину. Це свідчить про незмінність характеру утворення систем при зміні концентрації.

Крім емульсії з розчинів ПВС і нафти одержували емульсії з 5% розчинів ПВС і газоконденсату у співвідношенні 60/40 за масою. Перемішування здійснювалось мікроподрібнювачем тканин; емульсія розшаровувалась; утворювався стійкий гель у верхньому шарі, у нижньому – розчин ПВС.

При одержанні емульсії з 5% розчину ПВС і дизпального у співвідношенні 60/40 за масою відбувається розшаровування останньої (у верхньому шарі – дизпальне без змін, у нижньому – розчин ПВС).

Для вивчення способу перемішування дисперсні фази перемішували магнітною мішалкою, електродвигуном і мікророзм'якшувачем тканин "РТ-2". Найстійкішою виявилась емульсія при перемішуванні мікророзм'якшувачем за інтенсивності перемішування 3000 об./хв.

Відомо різні способи вивчення стабільності емульсій, а саме: а) визначення часу, потрібного для вимірювання відділення дисперсної фази при зберіганні; б) вимірювання зміни крапельок; в) вимірювання зміни фаз під дією постійної відцентрової сили. Стійкість емульсії залежить від багатьох чинників, а саме: від природи складників, їх співвідношення, тобто концентрації, характеру диспергування фаз тощо.

Для вивчення стабільності спочатку одержували розчини ПВС різної концентрації. Технологія одержання розчинів зводилась до розчинення певної кількості ПВС у воді з підігріванням на колбонагрівачі до температури 75-80°C при постійному перемішуванні електромішалкою. Були одержані розчини полівінілового спирту з концентрацією 2, 5, 10%. Далі готували емульсії з різними співвідношеннями водних розчинів ПВС і нафти.

За якісний показник емульсії вважали її стійкість за визначенням часу, потрібного для вимірювання відділення дисперсної фази при зберіганні. Спостережено, що стійкість емульсії знаходиться в прямій залежності від концентрації. Встановили, що найбільш стабільними є емульсії з вмістом водного розчину ПВС і нафти за об'ємом 50/50 і

60/40. Технологія приготування емульсії, наприклад, 50/50 така: брали 50 мл водного розчину ПВС певної концентрації і відповідно 50 мл нафти. Якщо за масою, то брали 50 г водного розчину ПВС і 50 г нафти.

Стійкість одержаних емульсій залежить від концентрації розчину ПВС при незмінних інших факторах. При перемішуванні утворюється рясна піна. Емульсія з 2% розчином ПВС розшаровується відразу. При збільшенні концентрації ПВС у розчині об'єм піни утворюється менший, стійкість емульсії збільшується. Можна помітити межу розділення дисперсної фази і дисперсійного середовища вже через годину при концентрації ПВС 5%. З концентрацією 10% ПВС у розчині розділення фаз спостерігається через 24 години.

Звідси виснуємо, що полівініловий спирт є придатним для тампування високопроникних каналів шляхом запомповування його в пласт у вигляді водної суспензії при пластових температурах до 70°C.

При температурах понад 70°C ПВС розчиняється у воді і при русі стабілізує водонафтову суміш у вигляді емульсії. Разом з тим у спокої емульсія не є стабільною і протягом 24 год. розпадається, тобто не створює ускладнень у процесах промислової підготовки нафти. Полівініловий спирт не розчиняється в нафті і нафтопродуктах, тому не може впливати на процеси переробки нафти.

ПВС постачається в паперових багатошарових мішках чи барабанах; є ефективним понижувачем водовіддачі тампонажних (цементних) розчинів, дуже підвищує в'язкість водних розчинів, уповільнює тужавіння; застосовується за температур до 100°C; зберігати належить в умовах, де виключають зволоження.

**Фторопласти** (фторлони) – полімери фторпохідних етилену, загалом кристалічні полімери. Випускаються як у вигляді порошків, передбачених для наступного перероблення у виробі, так і у вигляді різних напівфабрикатів, композицій та готових виробів.

**Фторопласт-4** (політетрафторетилен)  $[-CF_2-CF_2-]_n$  – сипкий, волокнистий порошок, який легко збивається в грудки і утворює під час пресування (20-25°C) густі таблетки, котрі за 360-380°C спікаються в суцільну безпористу масу; густина 2120-2190 кг/м<sup>3</sup>; найстійкіший з усіх матеріалів (стійкий до дії майже усіх мінеральних і органічних речовин, за винятком дуже сильних окислювачів).

**Фторопласт-4 Д** – відрізняється формою і розмірами частинок (дрібний розсипчастий порошок).

**Фторопласти 40 і 42** – мають густину 1650 і 1980 кг/м<sup>3</sup>, м'якнуть за 200 °C і 120 °C. Випускаються у вигляді порошків.

**Фторопласти 3 і 3М** (політрифторхлоретилен)  $[-CF_2-CFCl-]_n$  – тонкий легкосипкий порошок,  $T_{пл} = 208-210°C$ ; поступається за хімічною стійкістю і термостійкістю фторопласту -4.

Всі названі порошкоподібні фторопласти придатні для тампонування тріщин у високотемпературних пластах (за температур до 120-380°C залежно від складу).

### Висновки

На основі опублікованих даних (у першу чергу в технічних умовах) і результатів виконаних лабораторних досліджень обґрунтовано придатність порошкоподібних полімерних матеріалів, котрі випускаються промисловістю у великих обсягах, для створення потоковідхилювальних бар'єрів у тріщинах тріщинувато-пористих покладів нафти, зокрема поліолефінів (поліетилену високого і низького тисків), поліпропілену, полістиролів (загального призначення, пінополістиролу, спінюваного), полівінілхлориду і пінополівінілхлориду, полівінілового спирту (за температур до 70°C і після 70°C) та фторопластів (типів 4, 4Д, 40, 42, 3, 3М). Залежно від виду полімерів вони придатні для тампонування тріщин у покладах в широкому інтервалі пластових температур (до 70-380°C).

### Література

1. Крижанівський Є.І. Наші науковці знають, як забезпечити Україні енергоефективність: Актуальне інтерв'ю / Є.І. Крижанівський // Газета «Галичина». – 2-15. – № 108 (5061). – С. 5.
2. Бойко В.С. Технологія розробки нафтових родовищ. – Івано-Франківськ: Нова Зоря, 2011. – 509 с.
3. Бойко В.С. Обводнення газових і нафтових свердловин / В.С. Бойко, Л.М. Кеба, О.В. Семінський, за ред. В.С. Бойка. У 3 томах. Том II – Створення потоковідхилювальних бар'єрів і технології ізоляції. – К.: Міжнародна економічна фундація, 2007. – 772 с.
4. Бойко В.С. Підземний ремонт свердловин: Підручник. У 4-х частинах. Частина 3. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2011. – 809 с.
5. Вимоги до технологічних властивостей дисперсних матеріалів, придатних для тампонування тріщин у процесі видобування нафти / В.С. Бойко, В.М. Дорошенко, Р.В. Грибовський, Р.В. Бойко // Науковий вісник ІФНТУНГ. – 2013. – № 2 (35). – С. 86-91.

*Стаття надійшла до редакційної колегії 21.09.2017 р.*

*Рекомендовано до друку д.т.н., професором **Мойсишиним В. М.**,  
д.т.н., професором **Тарком Я. Б.***

---

**SUSPENSIONS OF POLYMERS ARE EFFICIENT MATERIALS  
FOR CREATION OF FLOW DEVIATING BARRIERS  
IN THE INTERWELL ZONES OF OIL ACCUMULATION****R. V. Boiko<sup>1</sup>, N. Ya. Zalyvakha<sup>2</sup>**<sup>1</sup>*Gas Main Department (GMD) "L'vivtransgas";**79053, L'viv, I. Rubchak str., 3; e-mail: Rboyko25@gmail.com*<sup>2</sup>*Ivano-Frankivsk national technical university of oil and gas;**76019, Ivano-Frankivsk, Karpats'ka str., 15; tel. +380 (0342) 4-21-95*

*Creation of interwell flow deviating barriers in a fractured-porous formation by means of pumping suspension of dispersible materials according to different technologies and plugging high-permeable cracks are efficient methods of control of filtration flows and increase of oil recovery at which displacement agent (water, solution of active admixture) does not move (does not circulate) in vain in cracks by-passing oil saturated porous blocks (usually the coefficient of fracture hollowness equals 0,2-0,8% comparing the porosity factor which equals up to 20-30%) and hydrodynamically displaces (instead of countercurrent capillary suction) oil out of them.*

*Efficiency of the method depends on the choice of dispersible material which must correspond certain requirements (guided dispersible systems). In addition to some bituminous materials such dispersible polymeric materials as polyvinyl alcohol, polystyrene of different kinds, polyethylene, polypropylene, polyvinylchloride and fluoroplastic of different kinds correspond these requirements on the basis of the published data (in technical requirements for them) and according to the results of laboratory researches. These materials are produced by industry in sufficient volumes. The temperature formation conditions of their application have been ascertained.*

**Key words:** *increase of oil recovery from fractured-porous reservoirs, dispersible polymeric materials.*