

4. Сова С.Г. Вплив вібро-шумового фактора на фізичну працездатність та стан вегетативної нервової системи у робітників вібронебезпечних професій / С.Г.Сова, В.А.Шаповалова, В.М. Коршак // Лікарська справа. – 1999. – №2. – С. 135-138.

5. Терехов А.Л. Исследования и снижение шума на компрессорных станциях магистральных газопроводов / А.Л. Терехов – М.: ООО «ИРЦ Газпром», 2002. – 265 с.

6. Тур В.П. Борьба с шумом компрессорных и насосных установок / В.П.Тур, В.Е. Шаповал, Г.И. Махонько – К., 1974. – 45 с.

Поступила в редакцію 28 жовтня 2013 р.

Рекомендував до друку д.т.н. О.М. Мандрик

УДК 504.064.2

Денуат Б.Ю.

*Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу*

РОЗРОБКА СПОСОБУ ІЗОЛЯЦІЇ ВОДОНОСНОГО ГОРИЗОНТУ ВІД ЗАБРУДНЕНЬ НА ПІВНІЧНО-ДОЛИНСЬКОМУ НАФТОКОНДЕНСАТНОМУ РОДОВИЩІ

Розроблено та впроваджено науково обґрунтовані методи і засоби ізоляції водоносного горизонту від забруднення при експлуатації нафтових родовищ. Запропонована конструкція ін'єкційної протифільтраційної завіси навколо експлуатаційних свердловин, які є джерелом забруднення підземних вод. Встановлено, що сформована структура глинисто-цементного каменю у ін'єкційній завісі буде піддаватись значним змінам під впливом зовнішніх та внутрішніх факторів у період від початку формування завіси до кінця твердіння.

Ключові слова: ін'єкційна завіса, фільтрація, проникність, нагнітання, подошва, ізоляція, розсоли, екран, тампонаж.

Разработаны и внедрены научно обоснованные методы и средства изоляции водоносного горизонта от загрязнения при эксплуатации нефтяных месторождений. Предложенная конструкция инъекционной противофильтрационной завесы вокруг эксплуатационных скважин, которые являются источником загрязнения подземных вод. Установлено, что сложившаяся структура глинисто-цементного камня в инъекционной завесе будет подвергаться значительным изменениям под влиянием внешних и внутренних факторов в период от начала формирования завесы до конца твердения.

Ключевые слова: инъекционная завеса, фильтрация, проницаемость, нагнетания, подошва, изоляция, рассолы, экран, тампонаж.

Developed and implemented evidence-based methods and tools for the isolation of the aquifer from contamination in the operation of oil fields. The design of injection antifiltration curtains around the wells, which are a source of groundwater pollution. Established that the structure formed clay-cement injection into the curtain will be exposed to significant changes under the influence of external and internal factors in the period from the beginning to the end curtain forming curing.

Keywords: injection curtain, filtration, permeability, injection, soles, insulation, brines, screen tamping.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Проблема захисту підземних вод від забруднення є зараз важливою складовою загальної проблеми охорони навколишнього середовища. Прісні підземні води, які використовуються для потреб водопостачання,

знаходяться у тісному зв'язку з атмосферою та поверхневими водними джерелами і внаслідок цього піддаються впливу техногенних факторів.

Основні зусилля у боротьбі проти забруднення підземних вод мусять носити профілактичний характер, а саме необхідно виявляти можливі джерела забруднення і передбачати необхідні заходи по запобіганню поступлення забруднень у підземні води. Попадання в них стічних вод відбувається, головним чином, у результаті фільтрації з промислових басейнів – хвосто- і шламосховищ, накопичувачів, нафтових промислів тощо. Нерідко підземні води забруднюються компонентами, що містяться у газодимових викидах промислових підприємств.

Аналіз останніх досліджень. Вплив нафти та нафтопродуктів від різних джерел на довкілля досліджувалося та описано у багатьох роботах, а саме: Л.Г. Телегіна та Б.І. Кіма, П.П. Бородавкіна, Я.М. Семчука та Р.М. Говдяка, І.М. Лозоновської, А.М. Васильєва, М.Є. Журавля, Б.С. Рачевского, Л.Ф. Петряшина, Г.Є. Панова, Ю.І. Піковського, М.П. Солнцева, В.А. Мироненка, Г.І. Рудька та інших [1-5].

Відомо, що нафту, конденсат та природний газ добувають у складі суміші з пластовими водами, які представлені у більшості водами з мінералізацією до 50 г/дм³ або розсолами з мінералізацією більше цієї величини (за класифікацією Курнакова-Валяшко). Об'єм пластових вод при видобутку вуглеводнів може коливатися від декількох до 75 %. Впливу пластових вод на довкілля приділено ще мало уваги, а саме цей вид забруднення більш масштабно може змінювати стан екосистем, ніж нафтопродукти [2, 5].

У загальному, забрудненням пластовими водами піддаються такі компоненти довкілля, як ґрунти, поверхневі та підземні води. У залежності від джерел розміщення розрізняють 2 види засолення: поверхнєве – при відмові трубопроводів, що транспортують вуглеводневі суміші з пластовими водами, та глибинне – за рахунок їх витоку із експлуатаційних та нагнітальних свердловин.

При забрудненні водоносних горизонтів формуються ареали забруднень, які з часом збільшуються у розмірах і захоплюють ділянки чистих природних вод. Прискорює цей процес наявність діючих водозаборів підземних вод, у зоні яких вплив фільтрації відбувається з підвищеними швидкостями. Повністю ліквідувати утворені ареали забруднень і відновлення якості підземних вод представляє собою дуже складне і, у більшості випадків, практично взагалі нерозв'язане завдання. Тому, часто приходиться обмежуватися заходами, спрямованими лише на локалізацію забруднень і створення умов, які б виключали їх подальше розповсюдження у водоносних пластах. Не дивлячись на те, що ці заходи не можна рахувати радикальними, тим не менше, враховуючи постійне зростання потреби у підземних водах, як джерела водопостачання, вони є необхідними та важливими.

Виходячи з вищенаведеного, необхідно проводити значну кількість заходів з метою охорони підземних вод у процесі розробки нафтових родовищ. В основному вони полягають у виборі системи їх розробки, контролю та регулювання, впровадження ефективних методів підвищення нафтовіддачі. Але незважаючи на ці заходи, на нафтових родовищах допускаються втрати нафти та конденсату мінералізованих вод та розсолів. Джерелами забруднення довкілля на нафтопромислах є вихідні лінії, колектори, трубопроводи зовнішнього транспорту, установки попередньої переробки нафти.

Забруднення довкілля пластовими водами у районах видобутку нафти і газу може відбуватися різними шляхами та від різних джерел, які умовно можна розділити на 3 групи, а саме постійно і періодично діючі та аварійні:

- постійно діючі джерела – ставки додаткового відстоювання та шламонакопичувачів;

- періодично діючі – аварійні амбари, установки для підготовки нафти і води, насосні станції, дошові та снігові води, що переносять забруднюючі речовини з промислових площадок;

- аварійні джерела є нафтогазоконденсатопроводи при їх відмовах, свердловини, які служать для захоронення попутно-промислових вод та підтримки пластового тиску.

Виклад основного матеріалу досліджень. Проблема сольового забруднення пластовими водами ґрунтових вод виникла у межах Північно-Долинського нафтогазоконденсатного родовища, де застосовують систему для підтримки пластового тиску.

В адміністративному відношенні Північно-Долинське родовище розташоване в Долинському районі Івано-Франківської області. Основними населеними пунктами є міста Долина, Болехів, села Солуків, Якубів, Гузіїв, Яворів, Тяпче, Княжолука, Гошів та ін.

У промислову розробку Північно-Долинське родовище введено у 1963 році на основі проекту, в якому передбачається двостороннє законтурне заведення колекторів вигодської світи у межах I-IV Долинських блоків при трирядному розташуванні видобувних свердловин за сіткою 300×400 м. В геологічній будові Північно-Долинського родовища приймають участь відклади, які представлені утвореннями верхньокрейдяного, палеогенового, неогенового та антропогенового періодів. Опис стратиграфічного розрізу родовища наводиться у багатьох роботах. Палеогенова система у межах площі представлена всіма відділами: палеоцен-ямненська світа, еоцен-манявська, вигодська, бистрицька, олігоцен-менілітова та поляницька світи.

Гідрогеологічні умови Північно-Долинського родовища зумовлені загальною геологічною будовою і розвитком Внутрішньої зони Передкарпатського прогину, яка характеризується відсутністю зони живлення і є закритим басейном. Зона активного водообміну спостерігається до глибини 150-200 м, а нижче розповсюджуються високомінералізовані води. Вибір способу ізоляції водоносного горизонту від забруднення високомінералізованими розсолами залежить від інженерно-технічних та гідрологічних умов ділянки. У межах Північно-Долинського нафтоконденсатного родовища з поверхні землі залягають важкі алювіальні суглинки твердої та напівтвердої консистенції, мало проникні з коефіцієнтами фільтрації 10^{-6} - 10^{-7} м/добу. Потужність суглинків змінюється в межах 3-4 м.

Нижче алювіальних суглинків залягає основний водоносний горизонт, води якого використовуються для господарсько-питного водопостачання. Водовміщуючі відклади горизонту представлені гравієм, галькою з піщаним та супіщано-суглинистим заповнювачем. Потужність водоносного горизонту змінюється від 5-7 до 9-11 м. Водозбагаченість алювіальних відкладів (питомі дебіти свердловини від 4-15 до 100 м³/добу) і їх фільтраційні властивості (коефіцієнт фільтрації 0,1-10 м/добу) змінюються у широких межах у залежності від гранулометричного складу водовміщуючих ґрунтів. За хімічним складом води сульфатного типу, іноді хлоридного. Мінералізація вод 0,6-0,9 г/дм³. Алювіальний водоносний горизонт одержує живлення, в основному, за рахунок атмосферних опадів на площі розповсюдження алювію, особливо в місцях, де він виходить на земну поверхню, а також живиться водами рік Сівки, Свічі, Саджавки у період повені. У підшві основного водоносного горизонту залягають водотривкі породи, що представлені неогеновими глинами потужністю 20-25 м.

Враховуючи інженерно-геологічні та гідрогеологічні умови родовища найбільш ефективним способом є спорудження навколо експлуатаційних свердловин – джерел забруднення водоносного горизонту ін'єкційних завіс. Вибір матеріалу для її спорудження є дуже важливим. До тампонажних матеріалів для ін'єкційних завіс пред'являється низка підвищених вимог, обумовлених довготривалим знаходженням в агресивному середовищі, що представлене хлоридами натрію, магнію і їх водами різної концентрації.

Основні вимоги зводяться до наступного:

1. Висока стійкість до агресивного середовища стосовно хімічного складу пластових вод.
2. Збереження міцності та адгезивних властивостей протягом періоду, що по тривалості відповідає терміну експлуатації нафтового родовища.

3. Водонепроникність протягом довгого періоду часу.

4. Порівняно невелика вартість та не дефіцитність.

Матеріалом для спорудження завіси, враховуючи гранулометричний склад та фільтраційні властивості водоносного горизонту у межах родовища та дані (табл. 1), є цементний розчин на розсолі NaCl (хлористого натрію) з добавкою розчину силікату натрію.

Таблиця 1

Результати гідродинамічних досліджень у криницях с.Яворів

Відлік часу від початку експерименту, хв	Показники вимірів													
	К-1я		К-15я		К-20я		К-124я		К-130я		К-140я		К-133я	
	П	Р	П	Р	П	Р	П	Р	П	Р	П	Р	П	Р
30	44	4,62	48	4,58	66	4,40	70	4,36	61	4,45	46	4,60	46	4,6
60	84	4,22	92	4,14	124	3,82	132	3,74	115	3,91	88	4,18	85	4,2
90	121	3,85	131	3,75	174	3,32	183	3,23	163	3,43	126	3,80	120	3,86
120	155	3,52	168	3,38	218	2,88	229	2,77	205	3,01	161	3,45	157	3,43

Тампонажний цемент на основі силікатів виготовляють із концентрованих розчинів силікатів натрію і калію (розчинне рідке скло) і застосовують для силікатизації високопроникних пластів методом послідовного закачування розчинів. Під час змішування цих розчинів відбувається реакція з утворенням нерозчинних силікатів:



Фізична суть застосування розчинів такого складу для спорудження протифільтраційної завіси навколо свердловини-джерела сольового забруднення водоносного горизонту ґрунтується на їх тиксотропних властивостях та водовіддачі. Після заповнення тріщин і пор глинистим розчином, породи водоносного горизонту приймуть внутрішню щільність структури [4].

При нагнітанні розчинів такого складу у гравійно-гальковий горизонт під тиском проходить витиснення води з розчину у тріщини і пори ґрунту, що покращує процес тампонажу, різко знижуючи водопровідність завіси.

Ін'єкційні завіси навколо експлуатаційних свердловин виконують роль ізолюючого екрана, а тому повинні володіти мінімальною проникністю.

Відмітимо, що водопроникність цементного каменю не нормована, однак вона має прямий вплив на якість створення завіси. Крім цього, проникнення агресивної пластової води по капілярних каналах всередину каменя спричиняє його корозію, тому необхідно вживати заходів, які б сприяли зниженню проникності.

Проникність цементного каменю змінюється відповідно до зміни пористості у процесі затвердіння. Цей процес у значній мірі залежить від температури, за якої відбувається затвердіння. За підвищеної температури зростає кількість крупнокристалічних гідратних новоутворень, внаслідок чого утворюється камінь із збільшеними розмірами порових каналів і проникність зростає.

На проникність впливає ще одна особливість цементного каменю – його фізико-хімічна взаємодія з багатьма рідинами. Утворені при затвердінні мінерали можуть частково розчинитися у воді. Частина з них вимивається, випадає з розчинів і

відкладається у порових каналах. Поверхня мінералів, що складають цементний камінь, переважно гідрофільна і тому покрита плівкою адсорбованої води.

Нами досліджувалась проникність цементного каменю в лабораторних умовах за методиками, наведеними у роботах [1, 3].

Для виготовлення взірців приготувався розчин такого складу, г:

- портландцемент (М 500) – 900;
- силікат натрію – 600;
- розсіл NaCl – 950.

Взірці затворялись та виготовлювались в одних і тих же умовах при коливаннях температури у межах 1-2 °С. Щоб зменшити вплив зміни водоцементного відношення, взірці виготовлялись у спеціальній формі з 30 комірками і форма заливалась глинисто-цементним розчином. Взірці протягом доби витримувались у повітряно-вологих умовах, а потім розформовувались, маркувались та залишались на зберігання в абсолютно вологих при $t=20^{\circ}\text{C}$ до п'ятидобового віку твердіння. Після досягнення п'ятидобового віку взірці вставлялись у фільтраційний прилад для визначення проникності. Відмітимо, що фільтраційний прилад використовується для визначення проникності керну гірських порід. Вік 5 діб вибраний для того, щоб міцність взірців була достатня при перепаді тиску 0,5 МПа.

Попередньо були проведені досліді однодобового віку, щоб максимально наблизити умови до моменту, коли цементний розчин знаходиться у рідкому стані. Міцність цементного каменю однодобового віку, як показали досліді, була недостатня, щоб витримати перепад тиску 0,5 МПа (взірці руйнувались). Вивчався також вплив неперервної фільтрації на міцність цементного каменю. Були проведені експерименти з взірцями у п'ятидобовому віці, що знаходились під безперервною фільтрацією мінералізованої води (мінералізація 50 г/дм^3) при $t=16-20^{\circ}\text{C}$ і $\Delta P=0,5 \text{ МПа}$ в інтервалі часу від 5 до 15 діб. Паралельно досліджувались взірці – “близнюки”, які знаходились у воді без впливу фільтрації. При цьому у взірців – “близнюків” також визначалося межу міцності при одноосному стисненні. На рисунку 1 показано зміни водопроникності цементного каменю з часом при неперервній фільтрації.

На рис. 2 приведені дві криві зміни міцності взірців з часом. Як видно з графіків, міцність взірців цементного каменю на 30-40% менша, ніж у взірців, витриманих у нормальних вологих умовах.

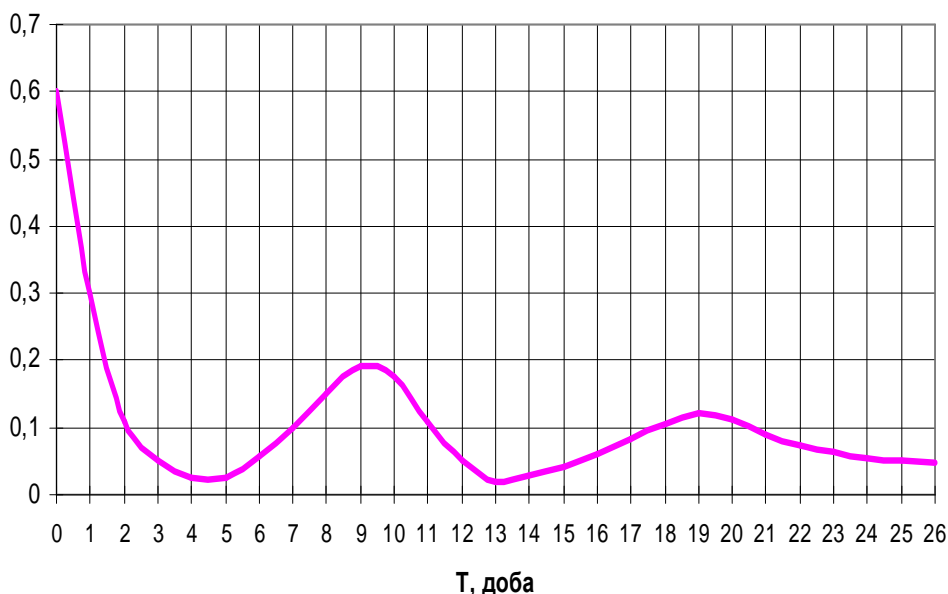


Рис. 1. Графік зміни коефіцієнта водопроникності цементного каменю при неперервній фільтрації (вік 3 доби, В/Ц=0,5, $\Delta P=0,5 \text{ МПа}$)

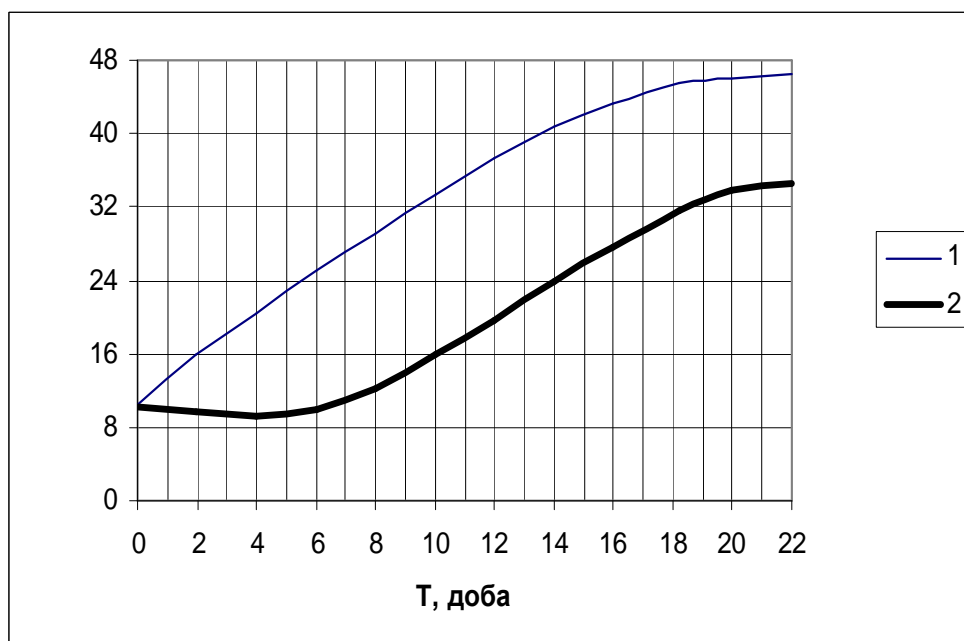


Рис. 2. Графік впливу умов неперервної фільтрації на міцність каменю із тампонажного цементу

1 – міцність взірців, які не піддавались фільтрації;

2 – міцність взірців, що схоплювалися в умовах неперервної фільтрації протягом 22 діб ($\Delta P=0,5$ МПа).

Висновки. Таким чином, розроблено та впроваджено науково обґрунтовані методи і засоби ізоляції водоносного горизонту від забруднення при експлуатації нафтових родовищ, зокрема запропонована конструкція ін'єкційної протифільтраційної завіси навколо експлуатаційних свердловин, які є джерелом забруднення підземних вод. Сформована структура глинисто-цементного каменю у ін'єкційній завісі буде піддаватись значним змінам під впливом зовнішніх та внутрішніх факторів у період від початку формування завіси до кінця твердіння (схоплення).

Література

1. Булатов А.Н. Управление физико-химическими свойствами тампонажных систем / А.Н. Булатов – М.: Недра, 1976. – 120 с.
2. Васильев А.Н. Организация гидрохимического мониторинга в условиях нефтегазоносного района северо-восточной Украины / А.Н. Васильев, Н.Е. Журавель – Харьков: Епограф, 2001. – 112 с.
3. Данюшевский В.С. Справочное руководство по тампонажным материалам. / В.С. Данюшевский, В.М. Алиев, И.Ф. Толстих – М.: Недра, 1987. – 373 с.
4. Семчук Я.М. Захист ґрунтових вод від сольового забруднення / М.Я. Семчук, Б.Ю. Депутат, А. Я. Лопушанський Экотехнологии и ресурсосбережение №3. 2006. – С. 48-52.
5. Семчук Я.М. Результаты исследования засоления грунтовых вод на калийных предприятиях: В реф. Сб.: Калийная промышленность. / Я.М. Семчук – М.:НИИТЭХИМ. 1983. Вып. 1. – С.9-13.

Поступила в редакцію 8 квітня 2014 р.

Рекомендував до друку д.т.н. Я.М. Семчук