

ОЧИСТКА ГРУНТОВИХ ВОД ЗАСТОСУВАННЯМ СИСТЕМИ ОБ'ЄМНОГО ВІДКАЧУВАННЯ ПЛАСТА ПРИ ВИДОБУТКУ ГАЗОКОНДЕНСАТУ

М. І. Сергієнко, О. Й. Радецька

Національний технічний університет України "КПІ"

вул. Борщагівська, 115/3, м. Київ-56, 03056, Україна. E-mail: ux0un@ukr.net

У районах інтенсивної експлуатації газових, газоконденсатних і нафтових родовищ досить часто зустрічається значне вуглеводневе забруднення водоносних горизонтів і навколишнього середовища. Проведено дослідження та встановлено якісні і кількісні характеристики забруднення водоносних горизонтів при видобутку газоконденсату в умовах Машівського родовища газоконденсату Полтавської області. Розроблені програма та технологія очищення ґрунтових вод. Запропонована система об'ємного відкачування пласта (СОВП) дала можливість ліквідації забруднення підземних водоносних горизонтів при видобутку газоконденсату.

Ключові слова: газоконденсат, видобуток, забруднення ґрунтових вод, технологія очищення.

ОЧИСТКА ГРУНТОВИХ ВОД ПРИМЕНЕНИЕМ СИСТЕМЫ ОБЪЕМНОЙ ОТКАЧКИ ПЛАСТА ПРИ ДОБЫЧЕ ГАЗОКОНДЕНСАТА

Н. И. Сергиенко, О. И. Радецкая

Национальный технический университет Украины "КПИ"

ул. Борщаговская, 115/3, г. Киев-56, 03056, Украина. E-mail: ux0un@ukr.net

В районах интенсивной эксплуатации газовых, газоконденсатных и нефтяных месторождений достаточно часто встречается значительное углеводородное загрязнение водоносных горизонтов и окружающей среды. Проведены исследования и установлены качественные и количественные характеристики загрязнения водоносных горизонтов при добыче газоконденсата в условиях Машевского месторождения газоконденсата в Полтавской области. Разработаны программа и технология очистки ґрунтовых вод. Предложенная система объемной откачки пласта (СООП) дала возможность ликвидации загрязнения подземных водоносных горизонтов при добыче газоконденсата.

Ключевые слова: газоконденсат, добыча, загрязнение ґрунтовых вод, технология очистки.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Активне втручання людини в природні процеси, нераціональне природокористування сприяють виникненню прогресуючого забруднення природних вод України внаслідок діяльності промислових підприємств, серед яких особливе місце займають промислові об'єкти нафтогазового комплексу [1]. У процесі видобутку та переробки вуглеводневої сировини здійснюється експлуатація тисяч газових і нафтових свердловин, технологічного об-

ПИТАННЯ ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ ПРИ ВІДКРИТІЙ І ПІДЗЕМНІЙ РОЗРОБЦІ КОРИСНИХ КОПАЛИН

ладнання та розгалуженої мережі трубопроводного і транспортного обладнання. В районах інтенсивної експлуатації газових, газоконденсатних і нафтових родовищ досить часто зустрічається значне вуглеводневе забруднення водоносних горизонтів та навколишнього середовища. В процесі видобутку газоконденсату його компоненти, потрапляючи в підземні водоносні горизонти, стають значними шкідливими забруднювачами як для довкілля, так і для здоров'я людей, які користуються забрудненою водою. Тому очищення забруднених водних ресурсів і повернення їх до природного кругообігу є надзвичайно актуальною задачею сьогодення.

Мета роботи – застосування системи об'ємного відкачування пласта при видобутку газоконденсату для очистки ґрунтових вод.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Одне з найбільших за запасами газоконденсатної сировини – Машівське родовище Полтавської області – належить до Машівсько-Шебелинського газоносного регіону України. Запаси газоконденсату складають 1431 тис. тон.

Газовий конденсат є цінною сировиною для паливно-енергетичної, нафтопереробної і хімічної промисловості [2]. Газоконденсат за своїм складом подібний до нафти, однак не містить смол і асфальтенів. За складом він є сумішшю висококиплячих вуглеводнів різної будови, які виділяються з природних газів у процесі їх видобутку на газоконденсатних родовищах. При високому тиску і температурі в пластових умовах родовищ виділяється нестабільний газовий конденсат, який містить розчинені гази метан-бутанової фракції (табл. 1).

Таблиця 1 – Склад промислового газоконденсату

Складові компоненти газоконденсату	Вміст компонентів у газоконденсаті, %
Метан	80–90
Етан	3–5
Вуглекислий газ	2–5
Пропан	1–3
Азот	1–3
Бутан	0,1–0,5
Ізобутан	0,1–0,5

При видобуванні та транспортуванні газоконденсату від свердловин до установки комплексної підготовки газу (УКПГ) трапляються аварійні ситуації, внаслідок яких відбувається витік конденсату, що призводить до забруднення водоносних горизонтів шкідливими речовинами [3]. Наслідком цього є прямий вплив на організм людини через воду. При постійному впливі на людину забрудненої газоконденсатом води страждає центральна нервова система та настає хронічне отруєння.

ПИТАННЯ ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ ПРИ ВІДКРИТІЙ І ПІДЗЕМНІЙ РОЗРОБЦІ КОРИСНИХ КОПАЛИН

Гідрогеологічні дослідження в районах інтенсивного нафтогазового видобутку свідчать, що найбільш ефективними і раціональними способами вирішення даної проблеми є системи інженерних споруд з контролю та захисту водоносних горизонтів. Споруди нейтралізаційного призначення відіграють роль своєрідного екрану між потенційними джерелами забруднення і навколишнім середовищем. Локалізаційні споруди встановлюються з метою обмеження міграції забруднюючого фактору, а ліквідаційні – вирішують задачу оптимальної очистки ґрунтових вод.

Просторове положення широкомасштабних, відносно глибоко залягаючих (понад 20 м) вуглеводневих ореолів, а також фізичний стан забрудненої субстанції (водовуглеводнева емульсія) та її динаміка створюють значні труднощі для локалізації та знешкодження фактору ураження на місці. Тому практично єдиним методом очистки ґрунтових вод у таких випадках вважається механічне вилучення водовуглеводневої емульсії.

Підземні ореоли вуглеводневого забруднення ґрунтових вод в узагальненому вигляді є нестійкою дисперсійною системою, утвореною з двох взаємно нерозчинних рідин і зосереджену в просторі водоносного горизонту [4]. Така система в природних умовах знаходиться в безперервній динаміці, внаслідок чого постійно змінюються основні параметри ореолів (рис. 1).

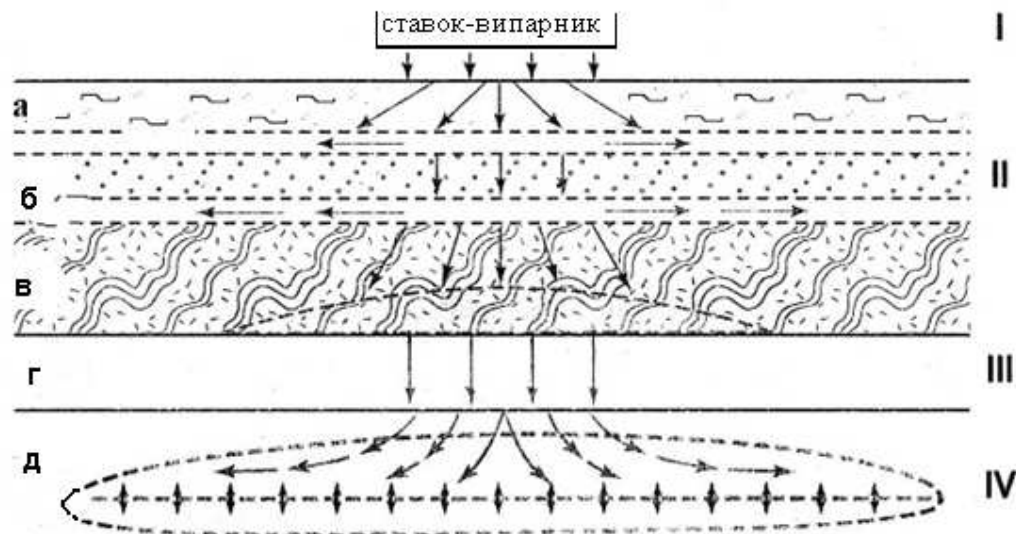


Рисунок 1 – Схема, основні етапи та напрямки ореолів забруднення.

- I, II, III, IV – етапи формування підземного ореолу забруднення:
а – однокомпонентний комплекс глини; б – багатоконпонентний комплекс пісків, супісків, суглинків; в – двоконпонентний комплекс глини;
г – антропогенний водоносний горизонт; д – контур підземного ореолу забруднення (стрілками вказано шляхи міграції вуглеводнів)

Форма і розміри вуглеводневого забруднення визначаються характером і режимом еволюції дисперсії у латеральному і вертикальному напрямках, що, в свою чергу, контролюється поведінкою підземних ґрунтових потоків та

ПИТАННЯ ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ ПРИ ВІДКРИТІЙ І ПІДЗЕМНІЙ РОЗРОБЦІ КОРИСНИХ КОПАЛИН

амплітудами сезонних коливань рівня ґрунтових вод. Виходячі з цього, для ефективної очистки ґрунтових вод рекомендується система об'ємного відкачування пласта (СОВП).

Суть СОВП полягає в одночасній експлуатації серії робочих свердловин, які входять до структури системи побудованої водозабірної мережі. Запропонована технологія дозволяє в межах ураженого сектору водоносного горизонту створити широкомасштабну депресійну воронку дзеркала водовуглеводневої емульсії. Підтримуючи тривалий час таку воронку в стабільному етапі, забезпечуються умови постійної фільтрації забрудненої субстанції до місця її відбору.

Невід'ємним технологічним вузлом СОВП є накопичення і поділ на фази вилученої емульсії. Контроль за якістю очищення ґрунтових вод в об'ємі СОВП здійснюється на основі облаштування мережі спостережних свердловин. Застосування СОВП з метою нормалізації стану навколишнього середовища може виконуватися в двох варіантах (рис. 2 а, б).

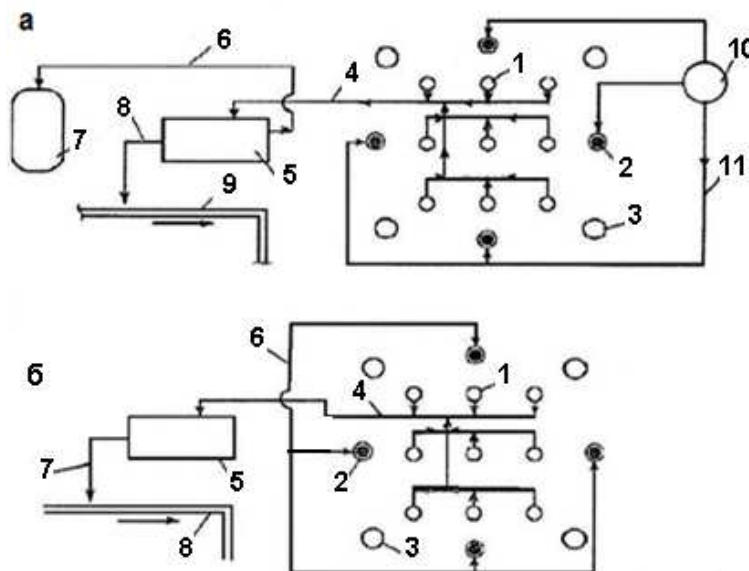


Рисунок 2 – Відкрита (а) і замкнена (б) системи об'ємної відкачки пласта:
1 – експлуатаційні свердловини; 2 – нагнітальні свердловини; 3 – спостережні свердловини; 4 – трубопровід подачі водоконденсатної емульсії; 5 – збірний резервуар; 6 – трубопровід подачі вуглеводної фази; 7 – ставок-випарник (а), трубопровід подачі вуглеводневої фази; 8 – трубопровід подачі вуглеводної фази; 9 – технологічна лінія; 10 – резервуар чистої води; 11 – трубопровід подачі чистої води у нагнітальні свердловини

Відкритий варіант СОВП передбачає вилучення вуглеводневої емульсії з глибинних горизонтів, сепарацію її на фази з подачею вуглеводневої сировини на переробку, а відділеної води – на очисні споруди газовидобувного підприємства. У варіанті замкненої СОВП водна фаза закачується в нагнітальні свердловини, які споруджуються в межах контуру ореолу забруднення ґрунтових вод.

Програма ліквідації забруднення ґрунтових вод включає наступні етапи:

- оцінка параметрів та інтенсивності вуглеводневого ураження антропогенного водоносного горизонту на основі проведення ґрунтовних гідрогеологічних досліджень по визначеній мережі спостережень;
- розробка технології процесу вилучення водоконденсатної емульсії з глибинних горизонтів методом дослідно-експлуатаційної відкачки;
- спорудження і конструктивне облаштування СОВП;
- очищення ґрунтових вод шляхом циклічно-режимної експлуатації СОВП та утилізації продуктів очистки.

Для виконання запланованих етапів “Програми”, проведені та облаштовані дослідні свердловини, необхідні для гідрогеологічних спостережень, оцінки інтенсивності та динамічного стану забруднення ґрунтових вод [5].

Свердловини за призначенням поділяються на дослідні, технологічні, робочі, допоміжні, водопоглинаючі та спостережні.

Усі свердловини, згідно зі схемою їх розташування, розміщуються на території знешкодження забруднення ґрунтових вод. Оцінка параметрів та інтенсивність ураження антропогенного водоносного горизонту проведена на основі дослідження 32 свердловин, які відповідно до СОВП розташовані на лініях 12-ти променів. Схему вуглеводневого забруднення ґрунтових вод і розміщення свердловин у системі СОВП наведено на рис. 3.

Конкретні види свердловин відрізняються за призначенням, діаметром, глибиною закладення, конструктивним облаштуванням, схемою розміщення свердловин.

Бурові роботи з проведення свердловин виконуються самохідною установкою УГБ-52М, яка дозволяє шнековим способом проходити свердловини діаметром 80 – 300 мм до глибини 40-50 м, при швидкості обертання робочої штанги 200-300 об/хв. Середня глибина буріння становить 30 м. Дослідні і спостережні свердловини проводяться діаметром 180 мм.

Обсадна колона формується з труб діаметром 89 мм, з фланцевими з'єднаннями, її висота становить 22 м. До вибою свердловини опускається двосекційний фільтр з дротяною обмоткою.

Фільтр розміщується на попередньо перфорованій частині секції обсадної колони. В її нижній частині, висотою 1,5 м, монтується відкачувальний насос з метою проведення експериментальних експрес-відкачок. Верхня, шестиметрова секція, встановлюється для збільшення інтервалу дренажу водоносного горизонту.

У спостережні свердловини, які виконують роль розширення зони дренажу в інтервалі глибин залягання водоносного горизонту, опускається обсадна колона з перфорованим стаканом висотою 7–9 м і діаметром 219 мм.

Водопоглинаючі свердловини, призначені для скидання відділеної від вуглеводнів води і збільшення швидкості фільтраційних процесів у радіусі впливу ореолу забруднення, облаштовуються перфорованими трубами діаметром 219 мм.

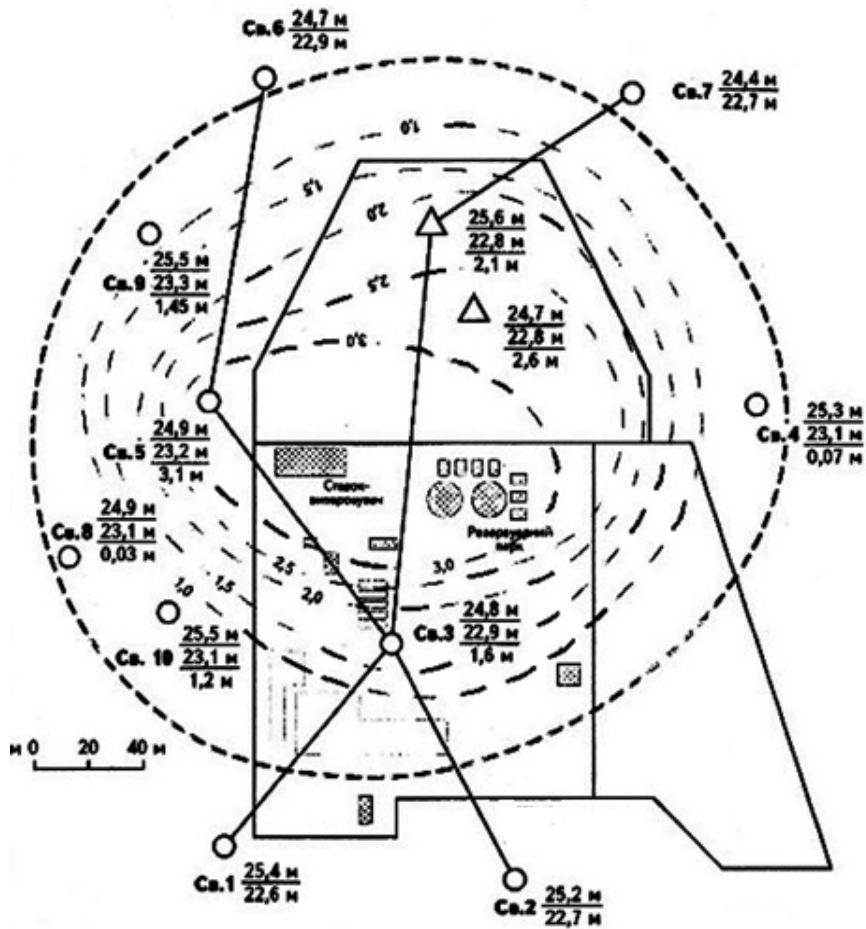


Рисунок 3 – Схема вуглеводневого забруднення ґрунтових вод і розміщення свердловин: ○ – спостережні свердловини; **Св. 3** $\frac{24,8 \text{ м}}{22,9 \text{ м}}$ $\frac{1,6 \text{ м}}$ – номер і глибина свердловин: 24,8 м – фактична глибина свердловини; 22,9 м – статичний рівень ґрунтових вод у свердловині ; 1,6 м – висота стовпа газоконденсату, вимірювано у свердловині ; Δ – свердловини, пробурені за замовленням УКПГ; – потенційні джерела забруднення; – контур ореолу забруднення ґрунтових вод; – ізолінії насичення конденсатом пісків водоносного горизонту

Свердловини розміщені за певною схемою, основна мета якої – охопити дослідженнями та максимальним очищенням ореол забруднення газоконденсатом у процесі його видобутку та транспортування до УКПГ.

Технологічні свердловини облаштовуються обсадною колоною діаметром 219 мм, у комплекті з щільно-дротяним фільтром висотою 7 м і однометровим відстійником. У робочі свердловини опускаються обсадні колони (зовнішній діаметр 219 мм, внутрішній – 150 мм) із вмонтованим подвійним фільтром для відкачування якомога більшого об’єму забрудненої рідини.

Конструкція обсадної колони технологічної свердловини наведена на рис. 4.

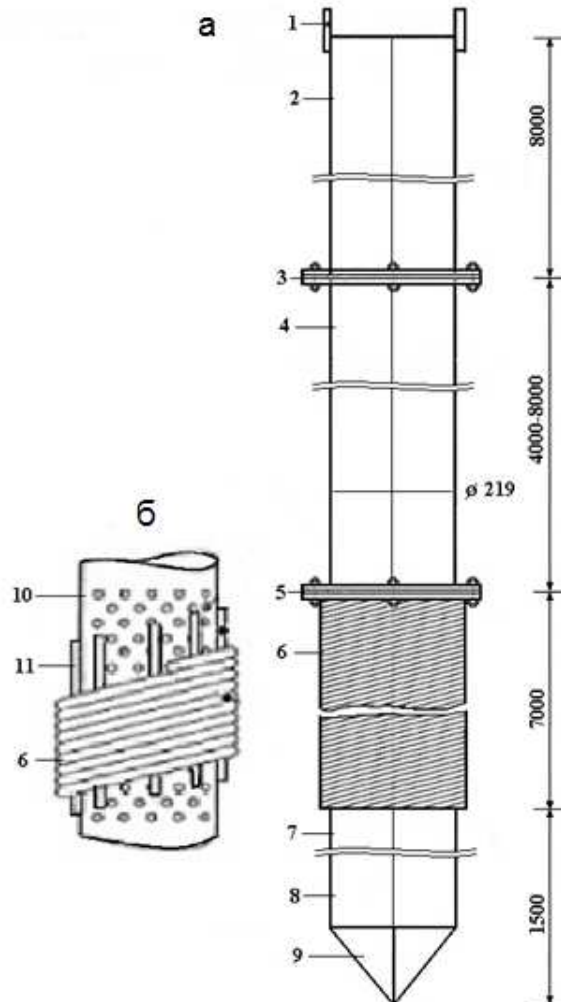


Рисунок 4 – Конструкція обсадної колони технологічної свердловини (а) та фільтрувального вузла (б): спускопідйомна арматура; 2 – обсадна колона; 3, 5 – фланець для з'єднання проміжних секцій обсадної колони; 4 – нарощувальна проміжна секція колони; 6 – дротяна обмотка фільтру; 7 – фільтрова секція колони; 8 – відстійник; 9 – конусна заглушка; 10 – перфорована частина фільтрувальної секції; 11 – стрижні кріплення

Основним фізичним станом забрудненої субстанції в межах ореолу є дисперсійна суміш двох взаєморозчинних фаз: води і конденсату. Тому в ході очисних робіт при механічному вилученні забруднювача на земну поверхню буде надходити, головним чином, водоконденсатна емульсія.

Проектними рішеннями передбачено спорудження парку накопичення і розділення на фази емульсії, який складається з двох ємностей об'ємом 25 м³ і однієї ємності об'ємом 50 м³. Ємності об'ємом 25 м³ призначені для відстою

ПИТАННЯ ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ ПРИ ВІДКРИТІЙ І ПІДЗЕМНІЙ РОЗРОБЦІ КОРИСНИХ КОПАЛИН

емульсії з метою її самосепарації. Через певні проміжки часу верхні шари найбільш очищеного конденсату перекачуються в ємність об'ємом 50 м³.

Ця програма була розроблена та використана для очистки ореолу забруднених ґрунтових вод на Машівському родовищі газоконденсату в Полтавській області. За вихідними даними, об'єм ореолу забруднення становить 16 тис. м³, максимальна товщина шару 3–3,5 м, кількість пунктів вилучення водоконденсатної емульсії – 13 робочих свердловин, робоча продуктивність засобів вилучення емульсії – 57,6–86,4 м³/добу.

На графіку (рис. 5) показані динаміка та ефективність очищення водоносного горизонту при застосуванні відкритого варіанту системи об'ємного відкачування пласта (СОВП). Повне очищення ореолу забруднення підземних ґрунтових вод (16000 м³) за допомогою рекомендованої системи СОВП було здійснено за 130 днів.

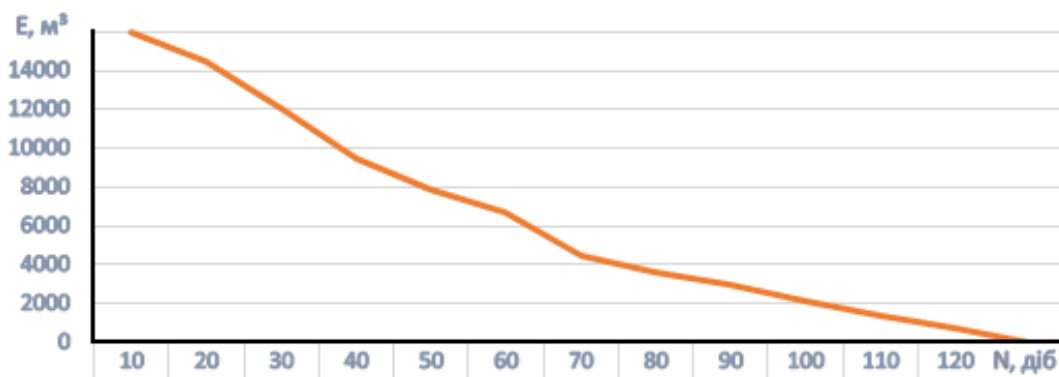


Рисунок 5 – Графік залежності об'ємів очистки (E) ореолу забруднення ґрунтових вод від терміну очистки (N)

З аналізу функціональної залежності $E = f(N)$ видно, що зі збільшенням терміну очистки (N) до 130 дб величина очищення (E) знижується практично до нуля, що свідчить про високу якість технології очистки забруднених водних горизонтів.

Проведені практичні дослідження та отримані результати свідчать про високу ефективність застосування запропонованого методу – відкритого варіанту системи об'ємного відкачування пласта (СОВП) для очищення ґрунтових вод при роботі підприємств по видобутку газоконденсату.

ВИСНОВКИ. Представлена програма застосування СОВП дозволяє максимально точно визначати масштаби та інтенсивність ураження ґрунтових вод, розробити ефективну і безпечну для довкілля технологію їх очищення та найголовніше – у найкоротші терміни локалізувати та ліквідувати ореол вуглеводневого забруднення ґрунтових вод у повернути їх до природного кругообігу з мінімальними матеріальними затратами, за відсутності негативного впливу на довкілля.

ЛІТЕРАТУРА

1. Тлумачно-термінологічний словник-довідник з нафти і газу / В.С. Бойко, Р.В. Бойко. – К.: Т. 1–2, 2004–2006 pp. – 560 с., 800 с.
2. Хімія і фізика горючих копалин / В.І. Саранчук, М.О. Ільяшов, В.В. Ошовський, В.С. Білецький. – Донецьк: Східний видавничий дім, 2008. – 600 с.
3. Костюк В.І. Технічні та екологічні проблеми видобутку нафти і газоконденсату.–К.: Наукова думка, 2011. – 315 с.
4. Кириленко А.П. Екологічна безпека нафтових і газових родовищ. – Техніка, 2009. – 197 с.
5. Результати облаштування мережі спостережних свердловин у районі Машівської УКПГ. – Стрий: ТзОВ "Гафса", 2012. – 115 с.

**USING SYSTEM VOLUMETRIC PUMPING LAYER FOR CLEAN
GROUNDWATER IN EXTRACTION OF GAS CONDENSATE**

M. Sergiyenko, O. Radetska

National Technical University of Ukraine "KPI"

vul. Borschahivska, 115 /3, Kyiv–56, 03056, Ukraine. E-mail: ux0un@ukr.net

In areas of intensive exploitation of gas, condensate and oil fields, often encountered significant hydrocarbon contamination of aquifers and the environment. Conducted research and established qualitative and quantitative assessment of contamination of aquifers in the extraction of gas condensate field in terms Mashivske condensate, Poltava region, Ukraine. The developed software technology and clean groundwater. The proposed system volumetric pumping layer (SVPL) made it possible to eliminate pollution of groundwater aquifers in the extraction of gas condensate.

Key words: condensate, gas production, groundwater contamination, cleaning technology.

REFERENCES

1. Boyko V.S. Terminologi vocabulary from oil and gas / V.S. Boyko, R.V. Boyko. – K.: Tm. 1-2, 2004–2006. – 560 p., 800 p.
2. Chemistry and physics of combustible resources / V.I. Saranchuk, M.O. Pyashov, V.V. Oshovsky, V.S Biletsky. – Donetsk: Shidny vidavnychy Dim, 2008. – 600 p.
3. Kostyuk V.I. Technical and environmental issues of oil and gas condensate / Kostyuk V.I. – K.: Naukova Dumka, 2011. – 315 p.
4. Kyrylenko A.P. The environmental safety of oil and gas exploration / A.P. Kiri-lenko. – Technology, 2009. – 197 p.
5. Results equipping a network of observation wells in the area Mashevsky UKPG [Research Report]. – Stry: LLC "Gafsa", 2012. – 115 p.

Стаття надійшла 7.05.2014.