

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

за матеріалами
XVIII Всеукраїнської науково-технічної
онлайн-конференції
**«АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ
ЕНЕРГЕТИКИ ТА ЕКОЛОГІЇ»**

29-30 вересня 2020 року



Одеса
Видавець Бондаренко М. О.
2020

УДК 621.31(075.8)

ББК 31.2я73

3-41

*Рекомендовано до друку Вченою радою
Одеської національної академії харчових технологій,
протокол № 3 від 6 жовтня 2020 р.*

Відповідальний редактор:

Тітлов О. С., завідувач кафедри нафтогазових технологій, інженерії та теплоенергетики, д-р. техн. наук, професор.

*За достовірність інформації
відповідає автор публікації*

Збірник наукових праць за матеріалами XVIII Всеукраїнської 3-41 науково-технічної онлайн-конференції «Актуальні проблеми енергетики та екології» 29-30 вересня 2020 року / ред. О. С. Тітлов. – Одеса : ФОП Бондаренко М. О., 2020. – 280 с.

ISBN 978-617-7829-81-1

До збірника включені матеріали сучасних наукових досліджень, що представлені вченими України, Білорусії, Молдови, Росії, а також роботи студентів.

Розглянуто наступні напрямки досліджень: тепломасообмін; теплофізичні властивості робочих тіл енергетичного обладнання; нанотехнології в холодильній техніці; екологічні проблеми енергетики; теплові насоси. Системи опалення та кондиціонування; теплообмінні апарати; енергетичні та екологічні проблеми нафтогазової галузі; енергетичні та екологічні проблеми холодильної техніки; енергетичні та екологічні проблеми харчової промисловості; екологічна безпека; екологічні проблеми сучасності; раціональне використання природних ресурсів.

УДК 621.31(075.8)

ББК 31.2я73

ISBN 978-617-7829-81-1

© Одеська національна академія
харчових технологій, 2020

Секція 1:

**«АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ
ЕНЕРГЕТИКИ»**

УДК 622.276.6

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ФІЛЬТРАТИВ ПОЛІМЕРВМІСНИХ
ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІДИН НА ФІЛЬТРАЦІЙНО-ЄМНІСНІ
ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕРИГЕННОГО КОЛЕКТОРА**

Ахметова В.М.

**Львівське відділення Українського науково-дослідного інституту природних газів
Іванків О.О., кандидат технічних наук,
Науково-виробничий центр «Актуальні нафтогазові технології»
Світлицький В.М., доктор технічних наук, професор,
Одеська національна академія харчових технологій**

Однією з актуальних проблем сьогодення під час спорудження нафтогазових свердловин та капітального ремонту свердловин (КРС) є збереження, відновлення та підвищення колекторських (фільтраційно-ємнісних характеристик) продуктивних пластів.

Полімери, що є необхідним компонентом промивальних рідин, виконують роль інгібіторів глинистих відкладів, утримувачів стінок стовбурів свердловин, стабілізаторів реологічних властивостей розчинів. Вони знижують водовіддачу, попереджують поглинання розчинів, сприяють утворенню необхідної захисної кірки на поровому просторі колектора та інше; але також негативно впливають на фільтраційні характеристики продуктивних пластів та на компоненти навколишнього природного середовища.

Отже, під час фільтрації рідин в пласт полімери негативно впливають на фільтраційно-ємнісні характеристики колектора внаслідок утворення складних полімерних комплексів стійких у пластових умовах, потребують застосування спеціальних хімреагентів та тривалого часу для їх руйнації; підвищують капілярні явища; значно знижують продуктивність свердловин.

Вивченням впливу технологічних рідин на фільтраційно-ємнісні характеристики продуктивних пластів займалися багато вітчизняних і світових науковців, цій проблематиці присвячено безліч наукових статей, праць і монографій [1, 2]. Але майже всі вони націлені на вивчення впливу завислих часток (бариту та глинистих мінералів), в той час як вплив саме полімерного забруднення пластів досконало не досліджено.

Тому актуальною задачею є вивчення механізму полімерного забруднення продуктивних пластів і розробка нових ефективних, екологічно безпечних реагентів для його руйнування.

Всі вживані полімерні складові технологічних рідин є високомолекулярними органічними сполуками, добре розчинними в воді (оксигетилцелюлоза (ОЕЦ), поліаніонна целюлоза (ПАЦ), карбоксиметилцелюлоза (КМЦ), поліакриламід (ПАА), біополімери та модифікований крохмаль) [3, 4]. Їх гідрофільна та гідрофобна частини складаються з окремих груп, рівномірно розподілених у молекулі [5].

Відзначено, що полімери впливають на структуру водної молекули: після їх взаємодії відбуваються значні зміни в будові «чистої» води, а саме її руйнація та структурування гідрофільними фрагментами, специфічне перегрупування води навколо молекул полімерів з утворенням тиксотропних, гелеутворюючих систем [6]. Таким чином, введення полімерів надає воді властивостей іонно-молекулярної рідини. Приєднані невластиві воді іони потім взаємодіють з поровим простором, флюїдом пласта, при цьому змінюючи фільтраційно-ємнісні властивості пластів [5].

Полімерні складові технологічних рідин впливають на процеси змочування в продуктивних колекторах. Це пов'язано з їх адсорбцією на межі розділу фаз (полімер - поровий простір пласта - флюїд). Важливою характеристикою для полімерів є також поверхневий натяг, який залежить від хімічної будови молекул полімерів.

Адсорбційна здатність полімерів визначає фізико-хімічні процеси змочування, диспергування, утворення плівок.

Таким чином, враховуючи вище наведені фактори можна зазначити, що вплив різних типів полімерів (ОЕЦ, КМЦ, ПАЦ, ПАА, біополімерів та модифікованого крохмалю) на фільтраційно-ємнісні характеристики пласта буде дещо різним.

Довготривалими дослідженнями підтверджено, що на продуктивні пласти максимально впливають фільтрати полімерних розчинів, які насичують їх, навіть в концентраціях 0,01-0,50 %. З метою підтвердження негативного впливу полімерних розчинів на фільтраційні характеристики порового простору в лабораторних умовах на реальних кернових матеріалах (теригенного типу) родовищ ДДз досліджено вплив розчинів найбільш вживаних полімерів різної концентрації, що використовують для структурування технологічних рідин.

Лабораторні експериментальні дослідження проводилися на установці (УДПК-1М) на кернових матеріалах колекторів Ланівського родовища ДДз згідно стандартної методики [7]. Через зразок керну почергово фільтрували газ - азот, пластову воду з родовищ ДДз та конденсат Кавердинського родовища, при цьому фіксували зміни фазових проникностей. Далі фільтрували водний полімерний розчин концентрацією 0,01-0,20 % та зворотнім промиванням прокачували конденсат. Коефіцієнт відновлення проникності визначали шляхом порівняння двох фазових проникностей за конденсатом.

Нижче наведено результати досліджень для теригенного типу колектора в графічному вигляді - залежності зміни проникності кернового матеріалу для різного типу полімеру та концентрації його у водному розчині (рис. 1).

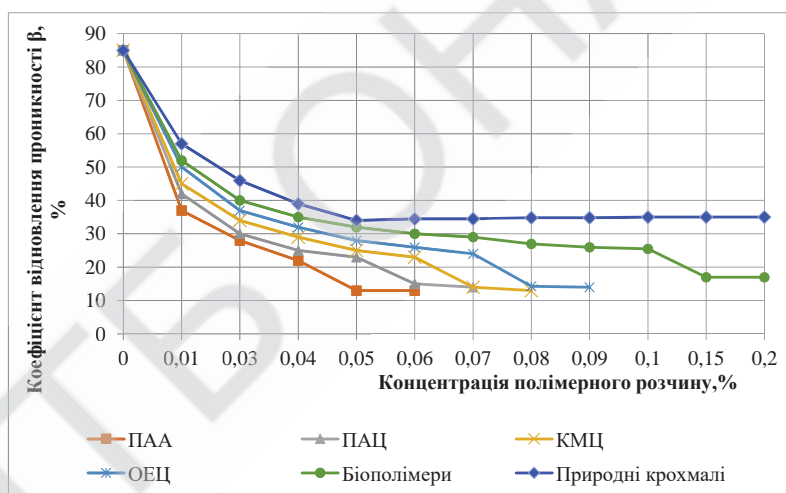


Рис. 1 – Залежність коефіцієнту відновлення проникності порового простору теригенного колектора (пористість - 5,4-8,7%, проникність - 3,2-6,5 мД) від типу введеного полімеру та його концентрації

Проаналізувавши дослідження, що подані на рис. 1, можна зробити висновок: за силою полімерного кольматаційного впливу полімери розміщуються в наступній послідовності: ПАА => ПАЦ => КМЦ => ОЕЦ => біополімери => природні крохмалі. Зі збільшенням молекули полімеру збільшується блокуючий вплив на поровий простір пласта. Отже, ПАА значно знижують фільтрацію вуглеводнів вже при застосуванні їх у концентрації 0,05%, ПАЦ

та КМЦ - 0,06%, ОЕЦ – вище 0,075%, біополімери вище 1,15%, природні крохмалі - лише тимчасово погіршують фільтраційно-ємнісні характеристики пластів на 2,3-6,5%, при цьому не знижують коефіцієнт відновлення проникності нижче 57%.

Серед проаналізованих полімерів найбільшими кольматантами порового простору для теригенного типу колектора визнано ПАА та прослідковується така закономірність: зі зростанням молекулярної маси поліакриламідів (ПАА) вплив на привибійну зону пласта (ПЗП) буде значно зростати. Слід відмітити, що ПАА утворюють стійкі комплекси, що тяжко зруйнувати в пластових умовах. Це актуально для теригенних колекторів, діаметр пор яких близький до розміру молекул ПАА.

Таким чином, продуктивна частина пласта найбільше блокується полімервмісними складовими технологічних розчинів. Навіть мінімальна глибина полімерного кольматаційного шару (5,0-40,0 мм) призводить до повної закупорки порових каналів пласта і як результат - зниження фільтраційно-ємнісних характеристик продуктивних колекторів на 40,0-65,0 %.

Авторами додатково проведено експериментальні дослідження в лабораторних умовах на насипних моделях з використанням реального кернового матеріалу теригенного типу (подрібненого пісковику Ланнівського родовища) з вивчення зміни швидкості фільтрації пластової води після полімерного впливу ПАА різної концентрації (0,01-0,20 %) (таблиця 1).

Методика досліджень наступна: попередньо підготовлений до аналізу подрібнений, просіяний та зважений керновий матеріал вносили в ділильну лійку, заповнюючи її наполовину. Почергово фільтрували пластову воду родовищ ДДз до стабілізації фільтрації (кожен раз - об'ємом 50 мл), водні розчини ПАА марки А-1020 (середньої молекулярної маси) концентрацією 0,01-0,20 % (об'ємом 20 мл) та знову пластову воду (об'ємом 50 мл). При цьому фіксували час та об'єми проходження реагентів (τ) через «умовний пласт».

Далі визначали наступні показники: Δt , ΔV , v та коефіцієнт β :

- Δt – різниця часу проходження досліджуваного реагенту через «умовний пласт» між двома проведеними дослідженнями, в секундах: $\Delta t = \tau_2 - \tau_1$;
- ΔV – різниця між вхідним ($V_{вх.}$) і вихідним ($V_{вих.}$) об'ємами досліджуваного реагенту, в міліметрах: $\Delta V = V_{вх.} - V_{вих.}$;
- v - швидкість фільтрації досліджуваного реагенту, мл/с: $v = \frac{V_{вих.}}{\tau}$;
- β – коефіцієнт зміни проникності, відносні одиниці.

Після стабілізації показників фільтрації пластової води останнє значення приймали за початковий коефіцієнт зміни проникності $\beta_1 = 1$.

Потім зі співвідношення: $\frac{v_2}{v_1} = \frac{\beta_2}{\beta_1}$, визначали коефіцієнт β_2 - після фільтрації

полімеру через «умовний пласт» (таблиця 1).

Оскільки, $\beta_1 = 1$, то співвідношення для дослідів №1 буде мати вигляд:

$$\frac{0,030}{0,051} = \frac{X}{1}, \text{ то } X = 0,59, \text{ тобто коефіцієнт } \beta_2 = 0,59 \text{ (відн. од.)}.$$

Таким чином, визначали й інші коефіцієнти зміни проникності після внесення полімеру для дослідів №2-5 та вносили в таблицю 1.

Наведеними дослідженнями з вивчення полімерної кольматації теригенних колекторів підтверджено, що всі полімери, які використовують для приготування технологічних рідин, навіть концентраціях 0,01-0,05% суттєво знижують проникність порового простору колектора. За робочих концентрацій до 0,1% коефіцієнт відновлення проникності β знаходиться в межах 36-59%; при збільшенні концентрації полімеру в розчині до 0,2% - значення β знижується до 21-28%. Така полімерна блокада порового простору пласта потребує спеціальних реагентів для відновлення фільтраційно-ємнісних характеристик колектора та, відповідно, значних економічних витрат.

Таблиця 1 - Результати лабораторних досліджень з вивчення полімерного забруднення насипного теригенного пласта для водних розчинів ПАА (марки А-1020)

№ дослідю	Концентрація полімеру (ПАА, марки А-1020 у воді, %)	Параметри						Коефіцієнт зміни проникності (β), відн. од.
		V _{вх.} , мл	V _{вих.} , мл	τ, с	Δτ, с	ΔV, мл	v, мл/с	
1	0	50,0	46,3	945	23	-3,7	0,049	-
	0	50,0	47,6	964	19	-2,4	0,049	-
	0	50,0	49,5	972	8	-0,5	0,051	1,0
	0,01	20,0	16,7	557	415	-3,3	0,030	0,59
2	0	50,0	44,9	1067	17	-5,1	0,042	-
	0	50,0	46,8	1082	15	-3,2	0,043	-
	0	50,0	49,2	1093	11	-0,8	0,045	1,0
	0,05	20,0	17,4	916	177	-2,6	0,019	0,42
3	0	50,0	46,5	870	16	-3,5	0,053	-
	0	50,0	48,3	882	12	-1,7	0,055	-
	0	50,0	49,9	899	17	-0,1	0,056	1,0
	0,1	20,0	18,1	905	6	-1,9	0,020	0,36
4	0	50,0	45,7	722	14	-4,3	0,063	-
	0	50,0	47,0	741	19	-3,0	0,063	-
	0	50,0	49,4	762	21	-0,6	0,065	1,0
	0,15	20,0	16,2	900	138	-3,8	0,018	0,28
5	0	50,0	46,1	856	17	-3,9	0,054	-
	0	50,0	48,0	878	22	-2,0	0,055	-
	0	50,0	49,5	884	6	-0,5	0,056	1,0
	0,2	20,0	11,9	992	108	-8,1	0,012	0,21

Отже, експериментальні дослідження наведених в роботі розкрили механізм блокування порового простору полімервмісними складовими технологічних розчинів, що полягає в наступному. Гідрофобні молекули полімерів у водному розчині, шляхом взаємного відштовхування, збільшують свою площинну поверхню, а зростаючі електронні сили зв'язку утримують великі молекулярні структури від розриву, що й забезпечує "довговічність" полімерних з'єднань [5].

Згідно з другим законом термодинаміки, при зменшенні ентропії в системі виникають сили, направлені в сторону їх збільшення, що й призводить до структуривання та утворення комплексів гідрофобних молекул. В свою чергу, розміри полімерних комплексів зростають зі збільшенням розмірів молекул полімеру, що використовують для структуривання технологічних розчинів та зменшується ентропія розчинення полімерних комплексів у водних розчинах, посилюється гідрофобна взаємодія до того часу, поки вона не зрівняється за інтенсивністю з електростатичною взаємодією молекул. Таким чином, гідрофобна взаємодія здійснює значний вплив на обидва компоненти системи (поровий простір пласта та флюїд), завдяки чому й пояснюється виняткова роль цих систем [8].

Полімери здатні накопичуватися та згущуватися на поверхні розділу фаз й утворювати шар підвищеної концентрації (адсорбційний шар).

Таким чином, авторами в статті наведено дослідження з кольматації колекторів полімервмісними складовими технологічних розчинів з застосуванням різного типу полімерів. Дослідження проведено на реальних ядерних матеріалах теригенного колектора. Розкрито механізм блокування порового простору полімерами та встановлено, що полімерна блокада колектора відбувається за рахунок утворення стійкого полімерного шару, що призводить до звуження провідних каналів фільтрації та перешкоджає руху пластових флюїдів. Значне закупорювання проникних ділянок продуктивного колектора відбувається вже при мінімальній глибині кольматаційного шару в 5,0-40,0 мм, що в подальшому впливає на недоотримання вуглеводневої продукції через зниження фільтраційно-емісійних

характеристик продуктивных коллекторов на 40,0-65,0%.

В промысловій практиці можна спостерігати багато випадків, коли нафтогазові свердловини не виходять на робочі режими після буріння та КРС в умовах полімерної кольтатації, хоча геологічні, фільтраційно-ємнісні показники є задовільними, а отже потребують проведення додаткових робіт з очищення привибійних зон продуктивних колекторів.

Список літератури

1. Опробование коллекторов нефти и газа трещинного типа (материалы семинара, проведенного в г. Мозыре в мае 1970 г.). - М.: ВНИГНИ, 1971. - 121 с.
2. Хайрединов Н.Ш. Влияние молекулярно-поверхностного взаимодействия пластовых флюидов с трещиновато-поровым коллектором на результаты определения его фильтрационно-емкостных и петрофизических параметров // Хайрединов Н.Ш., Губайдуллин А.А., Юдинцев Е.А. и др. / Мат. VI Всесоюз. совещ. Львов, 22-24.09.1987 г. - Львов: УкрНИГРИ, 1988. - С.100.
3. Білецький В.С. Мала гірнича енциклопедія. /В 3-х томах за ред. В.С. Білецького. - Донецьк: Донбас, 2004. - 365 с.
4. Тугов И.И. Химия и физика полимеров / Тугов И. И., Костыркина Г. И. Учебное пособие для вузов. - М.: Химия, 1989. - 432 с.
5. Іванків О. О. Вплив складових промивальних рідин на фільтраційні властивості пісковиків // Іванків О.О., Ахметова В.М. - Збірник наукових праць УкрДГРІ. 2009. № 1-2. - С. 122-125.
6. Грей Дж. Р. Состав и свойства буровых агентов (промывочных жид- костей) / Грей Дж. Р., Дарли Г.С.Г. - М.: Недра, 1985. - 509 с.
7. Подгорнов В. М. Практикум по заканчиванию скважин / Подгорнов В. М., Ведищев И. А. Учебное пособие для вузов. - М.: Недра, 1985. - 256 с.
8. Исэ Н. Полимеры специального назначения / Исэ Н., Табуси И. Под редакцией Б. А. Розенберга. - М.: Мир, 1983. - 75 с.

УДК 621.643

ПОСТРОЕНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ НЕФТЕБАЗ ПРИ ПАРАЛЛЕЛЬНОМ СОЕДИНЕНИИ НАСОСОВ МЕТОДОМ ХАРДИ КРОССА

Бузовский В.П., к.т.н., ассистент, Кологривов М.М., к.т.н., доцент
Одесская национальная академия пищевых технологий

Рассматривается способ построения гидравлической характеристики насосной станции при параллельном соединении насосов. При параллельной схеме соединения двух насосов их производительности q_1 и q_2 суммируются, а напор, создаваемый каждым насосом, один и тот же:

$$\begin{cases} Q = q_1 + q_2 \\ H = H_1 = H_2 \end{cases}, \quad (1)$$

где q_1 и q_2 – производительность первого и второго насосов соответственно; H_1 и H_2 – полный напор первого и второго насосов соответственно.

Напорные характеристики насосов в аналитическом виде представляют в виде квадратичной функции:

$$H(Q) = a - b \cdot Q^2, \quad (2)$$

где Q – объёмная производительность; a, b – эмпирические коэффициенты.

ЗАСТОСУВАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ <i>Волчок В.О., Власов О.К.</i>	65
БУРЯКОВА ВІНАСА ЯК СИРОВИНА ДЛЯ ОТРИМАННЯ БІОГАЗУ ТА ДОБРІВ <i>Іванова Т.С., Кулічкова Г.І., Сивак В.О., Володько О.І., Лукашевич К.М., Циганков С.П.</i>	67
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТРАБОТАННЫХ УГОЛЬНЫХ ШАХТ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ «МАГНЕГАЗА» <i>Комарова-Ракова Я. О., Королев А.В.</i>	70
ЗМЕНШЕННЯ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ ВІТРОДВИГУНА КОЛИВАЛЬНОГО РУХУ <i>Медвідь А. М., Панченко В. О.</i>	72
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ ВЕТРОВЫХ ПОТОКОВ МАЛОЙ МОЩНОСТИ <i>Бошков Л.З., Филипенко А.А.</i>	77
ВОЗДУШНАЯ КОМПРЕССОРНАЯ ТЕПЛОВАЯ УСТАНОВКА (ВКТУ) <i>Хлебников И.</i>	80
БУРЯКОВА ВІНАСА ЯК ДЖЕРЕЛО ЕНЕРГЕТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИРОБНИЦТВА БІОЕТАНОЛУ <i>Циганков С.П., Іванова Т.С.</i>	83
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ФІЛЬТРАТИВ ПОЛІМЕРВМІСНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІДИН НА ФІЛЬТРАЦІЙНО-ЄМНІСНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕРИГЕННОГО КОЛЕКТОРА <i>Ахметова В.М., Іванків О.О., Світлицький В.М.</i>	85
ПОСТРОЕНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ НЕФТЕБАЗ ПРИ ПАРАЛЛЕЛЬНОМ СОЕДИНЕНИИ НАСОСОВ МЕТОДОМ ХАРДИ КРОССА <i>Бузовский В.П., Кологривов М.М.</i>	89
ПІДВИЩЕННЯ ВИДОБУВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАФТОГАЗОВИХ СВЕРДЛОВИН ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ХІМІЧНИХ МЕТОДІВ ВПЛИВУ <i>Ковальчук Ю.І., Світлицький В.М., Іванків О.О.</i>	91
ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА НА ТРУБОПРІВІДНИЙ ТРАНСПОРТ ПРИРОДНОГО ГАЗУ <i>Кологривов М. М., Гнатовський А. С.</i>	94
АНАЛІЗ ВПЛИВУ ВИСОТИ НАЛИВУ НАФТИ ПРИ ЗБЕРІГАННІ В РЕЗЕРВУАРАХ НА ВТРАТИ ВІД ВИПАРОВУВАННЯ <i>Сагала Т.А., Овезов Аман, Дорошенко В.М.</i>	97

Наукове видання

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

за матеріалами
XVIII Всеукраїнської науково-технічної
онлайн-конференції

«АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГЕТИКИ ТА ЕКОЛОГІЇ»

29-30 вересня 2020 року

(українською, російською, англійською мовами)

Підписано до друку 6.10.2020
Формат 60×84/16. Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman.
Друк офсетний. Ум. др. арк. 16,27. Наклад 100 прим.
Зам № 231120/2

Надруковано з готового оригінал-макету у друкарні «Апрель»
ФОП Бондаренко М.О.
65045, м. Одеса, вул. В.Арнаутська, 60
тел.: +38 048 700 11 55
www.aprel.od.ua

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до державного реєстру видавців ДК № 4684 від 13.02.2014 р.