

## Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

**Іукурідзе Елдар Жораевич** – кандидат технических наук, доцент, кафедра технологи вина и энологии, Одесская национальная академия пищевых технологий, ул. Канатная, 112, г. Одесса, Украина, 65039; e-mail:

**Іукурідзе Елдар Жораевич** – кандидат технічних наук, доцент, кафедра технології вина та енології, Одеська національна академія харчових технологій, вул. Канатна, 112, м. Одеса, Україна, 65039; e-mail: [office@shabo.ua](mailto:office@shabo.ua).

**Iukuridze Eldar** – PhD in technical science, Department of Technology wine and Oenology, Odessa National Academy of Food Technologies, 112, Kanatnaya str., Odessa, 65039, Ukraine; e-mail: [office@shabo.ua](mailto:office@shabo.ua).

**Ткаченко Оксана Борисовна** – доктор технических наук, доцент, кафедра безопасности, экспертизы и товароведения, Одесская национальная академия пищевых производств, ул. Канатная, 112, г. Одесса, Украина, 65039; e-mail: [obtkachenko@gmail.com](mailto:obtkachenko@gmail.com).

**Ткаченко Оксана Борисовна** – доктор технічних наук, доцент, кафедра безпеки, експертизи і товарознавства, Одеська національна академія харчових технологій, вул. Канатна, 112, м. Одеса, Україна, 65039; e-mail: [obtkachenko@gmail.com](mailto:obtkachenko@gmail.com).

**Tkachenko Oksana** – Doctor of Technical Science, Assistant Professor, Department of Security, Examination and Commodity, Odessa National Academy of Food Technologies Kanatna str., 112, Odessa, Ukraine, 65039

**Кисельов Сергій Вікторович** – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри технології ресторанного і оздоровчого харчування, Одеська національна академія харчових технологій, вул. Канатна, 112, м. Одеса, Україна, 65039; e-mail: [sergei.kiselev@gmail.com](mailto:sergei.kiselev@gmail.com).

**Kiselev Sergiy Viktorovich** – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры технологии ресторанного и оздоровительного питания, Одесская национальная академия пищевых технологий, ул. Канатная, 112, г. Одесса, Украина, 65039; e-mail: [sergei.kiselev@gmail.com](mailto:sergei.kiselev@gmail.com).

**Kyselov Sergii** – PhD in technical sciences, senior lecturer of Department of Technology of Restaurant and Healthy Nutrition, Odessa National Academy of Food Technologies, Kanatnaya str. 112, Odessa, Ukraine, 65039

УДК 532.546

**С. Ю. ГАСЫМОВ, Р. С. МАМЕДОВ**

### ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФИЛЬТРАЦИИ ГАЗА И ВОДЫ НА ОСНОВЕ РАЗНОСТНО-ИТЕРАЦИОННОГО МЕТОДА В ПОДВИЖНЫХ СЕТКАХ

Как известно, одномерные и двумерные задачи вытеснения газа водой или воды газом с учетом капиллярных сил и относительных фазовых проницаемостей, ранее исследовались во многих работах [1–4]. Но в этих работах не учитывались некоторые важные свойства газа, а именно- сверхсжимаемость газа, эффект проскальзывания и зависимости вязкости газа от давления. В связи с этим численное исследование таких задач имеет важный теоретический и практический интерес.

**Ключевые слова:** капиллярные силы, многофазная фильтрация, подвижная сетка, эффект проскальзывания, закон Дарси, метод прогонки, метод Ньютона, газо-водяная смесь.

Як відомо, одновимірні і двовимірні завдання витіснення газу водою або води газом з урахуванням капілярних сил і відносних фазових проницаемостей, раніше досліджувалися у багатьох роботах [1–4]. Але в цих роботах не враховувалися деякі важливі властивості газу, а саме-сверхсжимаемость газу, ефект прослизання і залежності в'язкості газу від тиску. У зв'язку з цим чисельне дослідження таких задач має важливе теоретичне і практичне інтерес.

**Ключові слова:** капілярні сили, багатофазна фільтрація, рухлива сітка, ефект прослизання, закон Дарсі, метод прогін, метод Ньютона, газо-водний суміш.

As is known, one-dimensional and two-dimensional problems of gas displacement by water or water displacement by gas taking into account capillary forces and relative phase permeabilities previously studied in many works [1–4]. But in these works were not taken into account some important properties of the gas namely super compressibility of gas, slipping effect and dependence of gas viscosity on pressure.

In this connection, numerical investigation of such problems has an important theoretical and practical interest. In this work, the numerical simulation of the process of gas and water filtration on the basis of the difference-iterative method in moving grids taking into account capillary forces, super compressibility of gas, slipping effect and dependence of gas viscosity on pressure is investigated. The numerical algorithm for investigation of influence of the factors mentioned above on the filtration process was developed.

**Keywords:** capillary forces, multiphase filtration, moving mesh (grid), slipping effect, Darcy's law, tridiagonal matrix algorithm, Newton's method, gas-water mixer.

**Введение.** Как известно, при течение газов через пористые материалы возникает явление проскальзывания газа вдоль стенок пор, в результате которого проницаемость зависит от давления [2]

$$K = K_0 \left(1 + \frac{B}{P_1}\right) \quad (1)$$

где  $K_0$  – проницаемость породы по отношению к слабосжимаемой жидкости,  $P_1$  – давление в газовой фазе,

$B$  – некоторая константа, выражающаяся характеристиками газа и пористой среды.

Кроме того, задачи многофазной фильтрации обладают рядом специфических особенностей (например, учет капиллярных сил и относительных фазовых проницаемостей, сверхсжимаемости газа, зависимости вязкости газа от давления и т.д.), что зачастую не позволяют при численном решении использовать традиционные конечно – разностные методы.

Поэтому появляются необходимость в разработке разностных схем в адаптивных сетках [1], позволяющих учитывать особенность решения.

**Постановка задачи.** Пусть в круговом пласте с радиусом  $L$  с непроницаемой кровлей и подошвой происходит фильтрация газа-водяной смеси. Предположим, что пласт вскрыт одной центральной эксплуатируемой скважиной с радиусом  $r_c$ , вода и газ взаимно не растворимы, вязкость воды постоянна, плотность является линейной функцией давления и для каждой из фаз справедлив обобщенный закон Дарси. Тогда распределения давлений воды и газа,

а также капиллярного давления описывается системой уравнений

$$\frac{\partial}{\partial r} \left( r \lambda_1 \frac{\partial P_1}{\partial r} \right) = mr \left[ C_{11}(P_1, S) \frac{\partial P_1}{\partial t} + C_{12}(P_1, S') \frac{\partial P_k}{\partial t} \right] \quad (2)$$

$$\frac{\partial}{\partial r} \left( r \lambda_2 \frac{\partial P_2}{\partial r} \right) = rm \left[ C_{12}(S, \rho_2') \frac{\partial P_2}{\partial t} + C_{22}(S', \rho_2) \frac{\partial P_k}{\partial t} \right] \quad (3)$$

$$P_1 - P_2 = P_k(S), \quad S \equiv S_2, S_1 + S_2 = 1, \\ (r, t) \in \Omega_t = \{(r, t) : r_c < r < L, 0 < t \leq T\}.$$

Здесь

$$\lambda_1 = \lambda_1(P_1, S, B) = K(r) \frac{f_1(S)(P_1 + B)}{\mu_1(P_1)Z(P_1)},$$

$$\lambda_2 = \lambda_2(P_2, S) = K(r) \frac{f_2(S)\rho_2(P_2)}{\mu_2},$$

$$C_{11}(P_1, S) = \frac{1-S}{Z^2(P_1)} (Z(P_1) - P_1 Z'(P_1)),$$

$$C_{12}(P_1, S') = -\frac{P_1}{Z(P_1)} S', \quad C_{21} = S \rho_2', \quad C_{22} = S' \rho_2,$$

$$S' = \frac{dS}{dP_k}, \quad \rho_2 = a p_2 + b,$$

$P_2$  – давление в водяной фазе,  $S$  – водонасыщенность,  $P_k(S)$  – капиллярное давление,  $Z(P_1)$  – коэффициент сверхсжимаемости газа,  $m$  – пористость,  $\mu_1$  и  $\mu_2$  – динамические вязкости газа и воды,  $f_1(S)$  и  $f_2(S)$  – относительные фазовые проницаемости,  $\rho_2$  – плотность воды.

**Начальные условия:** считается, что до начала вытеснения фазы находятся в состоянии капиллярно-равновесия:

$$P_1(r, 0) = P_1^0(r), \quad P_2(r, 0) = P_2^0(r), \quad r_c \leq r \leq L \quad (4)$$

**Граничные условия:** при  $r = L$  предполагаем, что в пласт поступает только вода и поток газа отсутствует:

$$\begin{cases} \lambda_1 \frac{\partial P_1}{\partial r} = 0, \\ P_2 = \phi(t), \quad r = L, \quad 0 < t \leq T \end{cases} \quad (5)$$

Здесь  $q(t) = \frac{Q(t)}{S \cdot H}$  ( $Q(T)$  – суммарная скорость

отбора),  $S$  – площадь поперечного сечения пласта при  $r = r_c$ ,  $H$  – мощность пласта.

На эксплуатационной скважине предполагаем, что отбирается газ-водяная смесь, причем газ и вода отбираются в отношении пропорциональном их подвижности

$$\begin{cases} (\lambda_1 + \lambda_2) \frac{\partial P}{\partial r} = q(t), \\ \frac{\partial P_k}{\partial r} = 0, \quad r = r_c, \quad 0 < t \leq T. \end{cases} \quad (6)$$

В качестве искоемых функций выберем  $P(r, t) \equiv P_2(r, t)$  и  $P_k(r, t)$ . После введение безразмерных величин задачу (2) – (6) можно записать так:

$$\begin{cases} \frac{\partial}{\partial r} \left[ r \lambda_1 \left( \frac{\partial P}{\partial r} + \frac{\partial P_k}{\partial r} \right) \right] = rm \left[ C_{11} \frac{\partial P}{\partial t} + (C_{11} + C_{12}) \frac{\partial P_k}{\partial t} \right], \\ \frac{\partial}{\partial r} \left[ r \lambda_2 \frac{\partial P}{\partial r} \right] = rm \left[ C_{21} \frac{\partial P}{\partial t} + C_{22} \frac{\partial P_k}{\partial t} \right]. \end{cases} \quad (7)$$

$$(r, t) \in \Omega_t = \{(r, t) : r_c < r < L, 0 < t \leq T\} \quad (8)$$

$$P(r, 0) = P_r^0, \quad P_k(r, 0) = P_k^0(r), \quad t = 0, \quad r_c \leq r \leq L$$

$$\begin{cases} (\lambda_1 + \lambda_2) \frac{\partial P}{\partial r} = q(t), \\ \frac{\partial P_k}{\partial r} = 0, \quad r = r_c, \quad 0 < t \leq T. \end{cases} \quad (9)$$

$$\begin{cases} \lambda_1 \left( \frac{\partial P}{\partial r} + \frac{\partial P_k}{\partial r} \right) = 0, \\ P = \phi(t), \quad r = L, \quad 0 < t \leq T. \end{cases} \quad (10)$$

Предполагая существование и единственности решения задачи (7) – (10), для её численного решения применяем разностно – итерационный метод в подвижных сетках [1]. С этой целью в области  $\Omega_t$  введем подвижную пространственно-временную сетку

$$\begin{aligned} \hat{\omega}_{i,n} &= \{(r_{i,n}, t_n) : r_{i,n} = r_{i-1,n} + h_{i,n}, \quad i = \overline{1, m-1}, \\ r_{0,n} &= r_c, \quad r_{m,n} = L; \\ t_n &= t_{n-1} + \tau_n, \quad t_0 = 0, \quad t_N = T, \quad n = \overline{1, N}\} \end{aligned}$$

На сетке  $\hat{\omega}_{i,n}$  с помощью неявной консервативной схемой задачу (7)–(10) аппроксимируем следующей разностной задачей:

$$\begin{cases} \left[ \left( r \hat{\lambda}_1^{(-)} \hat{P}_r \right)_r + \left( r \hat{\lambda}_1^{(-)} \hat{P}_{k,r} \right)_r \right]_r = \hat{m} \left[ C_{11} \hat{P}_t + (C_{11} + C_{12}) \hat{P}_{k,t} \right]_{k,\bar{r}}, \\ \left[ r \hat{\lambda}_1^{(-)} \hat{P}_r \right]_r = \hat{m} \left[ C_{21} \hat{P}_t + C_{22} \hat{P}_{k,t} \right]_{k,\bar{r}}, \end{cases} \quad (11)$$

$$1 \leq i \leq m-1, \quad 1 \leq n \leq N-1$$

$$P(r_i, 0) = P_i^0, P_k(r_i, 0) = P_{k,i}^0, 0 \leq i \leq m, n = 0 \quad (12)$$

$$\begin{cases} [(\lambda_1 + \lambda_2) \hat{P}_r]_0 = \hat{q} \\ (\hat{P}_{k,r})_0 = 0, i = 0, 0 < n \leq N - 1 \end{cases} \quad (13)$$

$$\begin{cases} \lambda_1 (\hat{P}_r + \hat{P}_{k,r})_m = 0 \\ \hat{P}_m = \hat{\phi}, i = m, 0 < n \leq N - 1 \end{cases} \quad (14)$$

Здесь введены обозначения:

$$(r\lambda_\alpha)_i^{(-)} = r_{i-\frac{1}{2}} \lambda_{\alpha, i-\frac{1}{2}}, \hat{P}_i = P_i^{n+1}, P_i = P_i^n,$$

$$\left( (r\lambda_\alpha)_i^{(-)} P_r \right)_{r,i} = h_i^1 \left[ (r\lambda_\alpha)_{i+\frac{1}{2}} P_{r,i} - (r\lambda_\alpha)_{i-\frac{1}{2}} P_{r,i} \right]$$

$$P_{r,i} = h_i^{-1} (P_i - P_{i-1}), h_i = \frac{1}{2} (h_i + h_{i+1}),$$

$$\hat{P}_{r,i} = \frac{\hat{P}_i - P_i}{\tau_{n+1}}, \alpha = 1, 2.$$

Для линеаризации нелинейных коэффициентов применяется метод Ньютона, полученная система линейных уравнений решается методом матричной прогонки [5, 7]. Итерации продолжаются до выполнения условий

$$\begin{cases} \max_i \left| P_{i,n+1}^{(l+1)} - P_{i,n+1}^{(l)} \right| < \varepsilon_1, \\ \max_i \left| P_{k,i,n+1}^{(l+1)} - P_{k,i,n+1}^{(l)} \right| < \varepsilon_2, 0 \leq i \leq m. \end{cases}$$

где  $\varepsilon_1$  и  $\varepsilon_2$  – заданные достаточно малые положительные числа.

**Результаты численных расчетов.** В приводимых ниже результатах использованы следующие исходные данные:

$$m = 10, H = 10, r = 100, T_c = 0, \rho_0 = 10^8, \text{Вамбл}, \rho_1 = 0.063 \text{ г/см}^3, \mu_2 = 0.01, \phi = 0.1, \text{амм}, \text{амм}, = 0.103, = 0.9999, \text{гнм} 0000150000 \text{ г}^3 \text{ см}, \rho_2 = \text{гнм} / \text{см}^3, \mu_0 = 1.$$

Для оценки влияния коэффициента сверхсжимаемости газа на процесс фильтрации использовалось зависимость

$$Z(p) = \frac{1}{1 + \alpha p},$$

где коэффициент  $\alpha$  зависит от состава и температуры газа и  $\alpha \approx (185 - 0,5 T) \cdot 10^{-4} \text{ атм}^{-1}$ , T- абсолютная температура.

Для исследование влияния проскальзывания на процесс фильтрации в табл. 1 представлены распределения давления газа по пласту для значений проницаемости 25 MD и 5 MD. Здесь вариант 1- соответствует случаю  $Z=1, \mu_1 = const, B = 0, a$  вариант 2 соответствует случаю  $B \neq 0, Z = 1, \mu_1 = const$ .

Таблица 1 – Распределение давление газа по пласту

К г	25 MD		5 MD	
	1	2	1	2
0.001	0.9782	0.9815	0.7669	0.7936
0.002	0.9806	0.9836	0.7972	0.8196
0.003	0.9820	0.9849	0.8148	0.8348
0.004	0.9830	0.985	0.8272	0.8455
0.005	0.9838	0.9865	0.8366	0.8538
0.006	0.9844	0.9871	0.8443	0.8605
0.008	0.9854	0.9880	0.8562	0.8709
0.012	0.9868	0.9892	0.8726	0.8853
0.020	0.9886	0.9908	0.8926	0.9030
0.036	0.9906	0.9926	0.9149	0.9227
0.068	0.9927	0.9946	0.9382	0.9485
0.100	0.9940	0.9958	0.9521	0.9560
0.150	0.9954	0.9970	0.9662	0.9687
0.200	0.9963	0.9979	0.9758	0.9774
0.250	0.9971	0.9985	0.9827	0.9838
0.300	0.9976	0.9981	0.9881	0.9886
0.350	0.9981	0.9995	0.9922	0.9925
0.400	0.9989	0.9999	0.9954	0.9955
...	...	...	...	...
1.000	1.0003	1.0014	1.0062	1.0064

Из табл. 1 видно, что с уменьшением проницаемости влияние эффекта проскальзывания на падение давления растет. Это явление объясняется тем, что в малопроницаемых пластах нестационарный процесс

распространяется медленно, что приводит к быстрому истощению газа в окрестности скважины, т.е. уменьшению давления газа в этой окрестности, и, следовательно, увеличению эффекта проскальзывания в ней.

В табл. 2 приведенные результаты расчетов для пластов с  $k=500$  MD при  $q=10000$  м<sup>3</sup>/сут. Здесь вариант 3 соответствует случаю  $\mu_1 = const, Z = 1, B = 0$ ; а

вариант 4 –  $\mu_1 = \mu_1(P), Z = Z(P), B \neq 0$ . Сравнение результатов показывает, что в этом случае рассмотренные факторы на процесс вытеснения существенно не влияют.

Таблица 2 – Распределение водонасыщенности по пласту

t	0.12		0.24		0.48	
	3	4	3	4	3	4
1.000	0.9321	0.9320	0.9887	0.9875	0.9900	0.9900
0.980	0.9119	0.9118	0.9809	0.9795	0.9900	0.9900
0.964	0.8924	0.8924	0.9747	0.9732	0.9900	0.9900
0.932	0.8424	0.8423	0.9615	0.9597	0.9900	0.9900
0.900	0.7679	0.7672	0.9453	0.9424	0.9900	0.9900
0.850	0.2487	0.2486	0.8985	0.8939	0.9900	0.9900
0.800	0.2306	0.2306	0.8003	0.7996	0.9900	0.9900
0.750	0.2300	0.2300	0.2739	0.2681	0.9900	0.9900
0.700	0.2300	0.2300	0.2313	0.2311	0.9900	0.9881
0.650	0.2300	0.2300	0.2300	0.2300	0.9779	0.9753
0.600	0.2300	0.2300	0.2300	0.2300	0.9542	0.9530
0.550	0.2300	0.2300	0.2300	0.2300	0.8739	0.8721
0.500	0.2300	0.2300	0.2300	0.2300	0.3586	0.3147
0.450	0.2300	0.2300	0.2300	0.2300	0.2319	0.2316
0.400	0.2300	0.2300	0.2300	0.2300	0.2301	0.2300
...	...	...	...	...	...	...
0.001	0.2300	0.2300	0.2300	0.2300	0.2300	0.2300

Как показали численные расчеты, эти факторы наиболее сильно влияют на падение давления только вблизи скважины. На рис. 1 показано распределение давления газа вблизи эксплуатационной скважины в пласте с  $k = 1$  мд в момент времени  $t = 0.004$ .

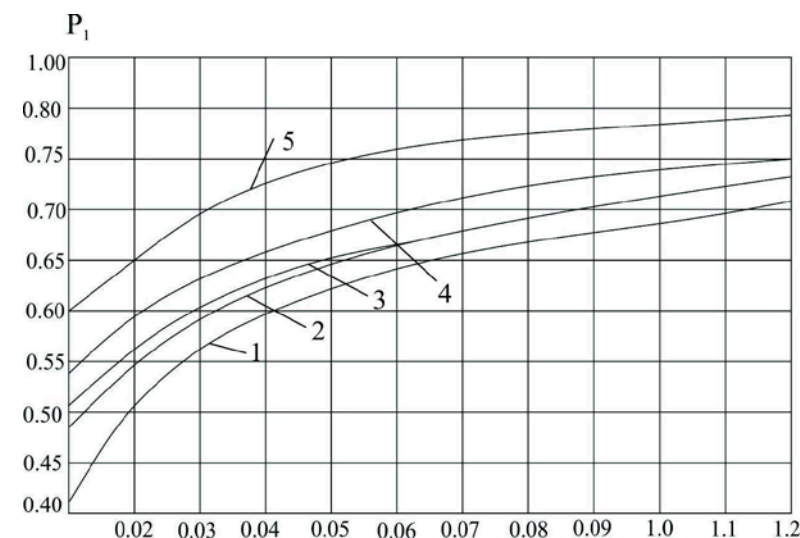


Рис. 1 – Кривые распределение давления газа для разных случаев

Из рис. 1 видно, что при прочих равных условиях учет этих факторов сильно влияет на полученный

результат (кривые 1, 5), так как на стенке скважины полученные значения давления различаются почти на 18 атм. Легко можно видеть, что учет коэффициента  $Z(p)$  уменьшает падение давления на стенке скважины на 6 атм (кривые 1, 2), зависимость  $\mu_1(p)$  – на 8 атм (кривые 1,3), а учет обоих факторов – на 12 атм (кривые 1,4).

**Выводы.** Целью настоящих исследований является разработка эффективных численных методов решения класса одномерных задач многофазной фильтрации на основе разностно - итерационного метода в подвижных сетках, позволяющих учитывать особенности решения и основные реальные свойства газа. Разработан вычислительный алгоритм для решения поставленной задачи. Как показали проведенные численные расчеты, эти факторы наиболее сильно влияют на падение давления только вблизи скважины. Полученные численные результаты могут быть использованы при создании и эксплуатации

подземных газохранилищ.

#### Список литературы:

1. Пирмамедов, В. Г. Об одном разностно – итерационном методе в подвижных сетках решения некоторых нелинейных задач теории фильтрации и теплопроводности [Текст] / В. Г. Пирмамедов. – Деп. в ВИНТИ, 1975. – № 2027-75.
2. Dranchuk, P. M. Non-Darcy Transient Radial Gas Flow Through Porous Media [Text] / P. M. Dranchuk, J. Flores // Society of Petroleum Engineers Journal. – 1975. – Vol. 15, Issue 02. – P. 129–139. doi: [10.2118/4595-pa](https://doi.org/10.2118/4595-pa)

3. Бабаев, Т. А. Численное моделирование процессов нестационарной фильтрации газа и воды в пористой среде [Текст] / Т. А. Бабаев, Г. М. Мусаев, В. Г. Пирмамедов // Численное решение задач фильтрации многофазной несжимаемой жидкости. – Новосибирск, 1977.
4. Мусаев, Г. М. Численное моделирование процессов двухфазной и трехфазной фильтрации на основе разностно-итерационного метода в подвижных сетках [Текст] / Г. М. Мусаев, В. Г. Пирмамедов, К. Ф. Ширинов // Динамика многофазных сред. – Новосибирск, 1983. – С. 223–227.
5. Самарский, А. А. Введение в теорию разностных схем [Текст] / А. А. Самарский. – М.: Наука, 1983.
6. Коротаев, Ю. П. Комплексная разведка и разработка газовых месторождений [Текст] / Ю. П. Коротаев, С. Н. Закиров. – М.: Недра, 1968. – 429 с.
7. Азиз, Х. Математическое моделирование пластовых систем [Текст] / Х. Азиз, Э. Сеттари. – М.: Недра, 1982. – 407 с.
8. Басниев, К. С. Подземная гидравлика [Текст] / С. Басниев, А. М. Власов, И. Н. Кочина, В. М. Максимов. – М.: Недра, 1986. – 303 с.
9. Коротаев, Ю. П. Теория и проектирование разработки газовых и газоконденсатных месторождений [Текст] / Ю. П. Коротаев, С. Н. Закиров. – М.: Недра, 1981. – 296 с.
10. Баренблатт, Г. И. Движение жидкостей и газов в природных пластах [Текст] / Г. И. Баренблатт, В. М. Ентов, В. М. Рыжик. – М.: Недра, 1984. – 211 с.

#### Bibliography (transliterated):

1. Pirmamedov, V. G. (1975). Ob odnom raznostno – iteracionnom metode v podviznykh setkah resheniya nekotorykh nelineinykh zadach teorii fil'tracii i teploprovodnosti. Dep. v VINITI, No. 2027-75.
2. Dranchuk, P. M., Flores, J. (1975). Non-Darcy Transient Radial Gas Flow Through Porous Media. Society of Petroleum Engineers Journal, 15 (02), 129–139. doi: [10.2118/4595-pa](https://doi.org/10.2118/4595-pa)
3. Babayev, T. A., Musaev, G. M., Pirmamedov, V. G. (1977). Chislennoe modelirovanie processov nestacionarnoi fil'tracii gaza i vody v poristoi srede. Chislennoe reshenie zadach fil'tracii mnogofaznoi neszhimaemoi zhidkosti. Novosibirsk.
4. Musaev, G. M., Pirmamedov, V. G., Shirinov, K. F. (1983). Chislennoe modelirovanie processov dvuhfaznoi i trekhfaznoi fil'tracii na osnove raznostno-iteracionnogo metoda v podviznykh setkah. Dinamika mnogofaznykh sred. Novosibirsk, 223–227.
5. Samarskiy, A. A. (1983). Vvedenie v teoriyu raznostnykh skhem. Moscow: Nauka.
6. Korotaev, Yu. P., Zakirov, S. N. (1968). Kompleksnaya razvedka i razrabotka gazovykh mestorozhdeniy. Moscow: Nedra, 429.
7. Aziz, H., Settari, E. (1982). Matematicheskoe modelirovanie plastovykh sistem. Moscow: Nedra, 407.
8. Basniev, K. S., Vlasov, A. M., Kochina, I. N., Maksimov, V. M. (1986). Podzemnaya gidravlika. Moscow: Nedra, 303.
9. Korotaev, Yu. P., Zakirov, S. N. (1981). Teoriya i proektirovanie razrabotki gazovykh i gazokondensatnykh mestorozhdeniy. Moscow: Nedra, 296.
10. Barenblatt, G. I., Entov, V. M., Ryzhik, V. M. (1984). Dvizhenie zhidkostey i gazov v prirodnykh plastakh. Moscow: Nedra, 211.

Поступила (received) 06.07.2016

#### Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

**Чисельне моделювання процесу фільтрації газу і води на основі разностно-ітераційного методу в рухомих сітках/ Гасимов С. Ю., Мамедов Р. С. // Bulletin of NTU “KhPI”. Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2017. – № 20 (1242). – P.89–93. – Bibliogr.:10. – ISSN 2079-5459**

**Численное моделирование процесса фильтрации газа и воды на основе разностно-итерационного метода в подвижных сетках/ Гасимов С. Ю., Мамедов Р. С. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2017. – No 20(1242). – С.89–93. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.**

**Numerical simulation of the process of gas and water filtration on the basis of the difference - iterative method in moving grids/ Qasimov S. Y., Mammadov R. S. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2017. – No 20(1242). – С.89–93. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.**

#### Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

**Qasimov Sardar Yusub** – PhD in Physics and Mathematics. Sci., Associate Professor of the Department "General and Applied Mathematics", Azerbaijan State University of Oil and Industry, Prospect. Azadlig, 20, Baku, Azerbaijan, AZ1010, E-mail: [sardarkasumov1955@mail.ru](mailto:sardarkasumov1955@mail.ru)

**Гасимов Сардар Юсуб** – кандидат фізико-математических наук, доцент кафедри “Общая и прикладная математика”, Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности, пр-т. Азадлыг, 20, г. Баку, Азербайджан, AZ1010, e-mail: [sardarkasumov1955@mail.ru](mailto:sardarkasumov1955@mail.ru)

**Гасимов Сардар Юсубов** – кандидат фізико-математических наук, доцент кафедри "Загальна та прикладна математика", Азербайджанський державний університет Нафти і Промисловості, пр-т. Азадлыг, 20, м Баку, Азербайджан, AZ1010, e-mail: [sardarkasumov1955@mail.ru](mailto:sardarkasumov1955@mail.ru)

**Mammadov Rashad Siradj** – candidate of physical and mathematical sciences. Sci., Associate Professor of the Department "General and Applied Mathematics", Azerbaijan State University of Oil and Industry, Prospect. Azadlig, 20, Baku, Azerbaijan, AZ1010, E-mail: [Rasadmammadov@mail.ru](mailto:Rasadmammadov@mail.ru)

**Мамедов Рацад Сирадж** – кандидат фізико-математических наук, доцент кафедри “Общая и прикладная математика”, Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности, пр-т. Азадлыг, 20, г. Баку, Азербайджан, AZ1010, e-mail: [rasadmammadov@mail.ru](mailto:rasadmammadov@mail.ru)

**Мамедов Рацад Сирадж** – кандидат фізико-математических наук, доцент кафедри "Загальна та прикладна математика", Азербайджанський державний університет Нафти і Промисловості, пр-т. Азадлыг, 20, м Баку, Азербайджан, AZ1010, тел. : 050- 332 -98-18; e-mail: [rasadmammadov@mail.ru](mailto:rasadmammadov@mail.ru)