

# ГІРНИЧІ МАШИНИ ТА ОБЛАДНАННЯ

УДК 622.794.2

## СПОСОБИ І ЗАСОБИ ОБРОБКИ РОБОЧОЇ РІДИНИ ГІДРОСИСТЕМ ГІРНИЧИХ МАШИН

*О. М. Терентьев, канд. техн. наук, О. А. Можаровська, асп., А. В. Ворфоломеев, студ. (НТУУ «КПІ»)*

*Выполнен качественный и количественный анализ существующих способов и средств очистки водной среды. Подробно рассмотрен способ очистки рабочей жидкости гидросистем горных машин путем магнитной обработки водной среды. Проведен анализ средств магнитной обработки водных сред. Разработаны рекомендации по проектированию устройства магнитной обработки водной среды.*

*The quality and quantity analysis of existing methods and means for water purification is carried out. The method of purification working liquid of hydraulic systems in mining machines by means of water magnetic treatment is considered. Analysis of means for water magnetic treatment is conducted. Design recommendations for means of water magnetic treatment are developed.*

**Вступ.** Основне призначення робочої рідини гідравлічної системи – передача механічної енергії від її джерела до місця споживання. До робочої рідини гірничих машин ставляться такі вимоги: негорючість, високі змащувальні властивості, стабільність (здатність зберігати свої властивості при експлуатації та зберіганні під дією механічних та фізико-хімічних факторів), протикорозійні властивості, інертність (рідина не повинна впливати на матеріали, з яких виготовлено гідросистему), відсутність стійкої піни, нетоксичність, низька вартість [1].

Всім цим вимогам відповідає негорюча водяна емульсія. Вона являє собою колоїдну систему, виготовлену таким чином, що в середовищі однієї рідини (води) знаходяться в завислому стані краплі іншої рідини – емульгатора. Як емульгатор використовується мінеральне масло з антикорозійними та поверхнево-активними речовинами (1...5 %) [1]. Основні фізичні властивості емульсії відповідають властивостям води [1].

Велике значення для підвищення якості водяної емульсії має якісне очищення водного середовища [1].

**Аналіз способів очистки водного середовища.** Водні системи в природному середовищі завжди містять домішки, які вступають у взаємодію з водою і змінюють її властивості. Фазово-дисперсний стан домішок з урахуванням їх хімічної природи зумовлює їх поведінку в процесах обробки водного середовища.

Домішки розділяють на чотири групи [2]:

- завислі у воді речовини ( $10^{-7} \dots 10^{-5}$  м);
- гідрофільні та гідрофобні колоїдні системи ( $10^{-8} \dots 10^{-7}$  м);
- високомолекулярні речовини ( $10^{-9} \dots 10^{-8}$  м);
- електроліти, дисоційовані в воді на іони ( $10^{-10} \dots 10^{-9}$  м).

Способи обробки води поділяють на фізичні та хімічні (до яких відносяться і біологічні способи). Фізичні способи обробки води та водних систем здійснюються зовнішніми силовими полями, без додавання в робочий об'єм хімічних речовин. Використання хімічних способів пов'язано з використанням дорогих реагентів та складного устаткування з високими масогабаритними показниками. Фізичні способи обробки води сприяють вивільненню внутрішньої енергії води. Класифікація фізичних способів обробки водного середовища представлена на рис. 1.

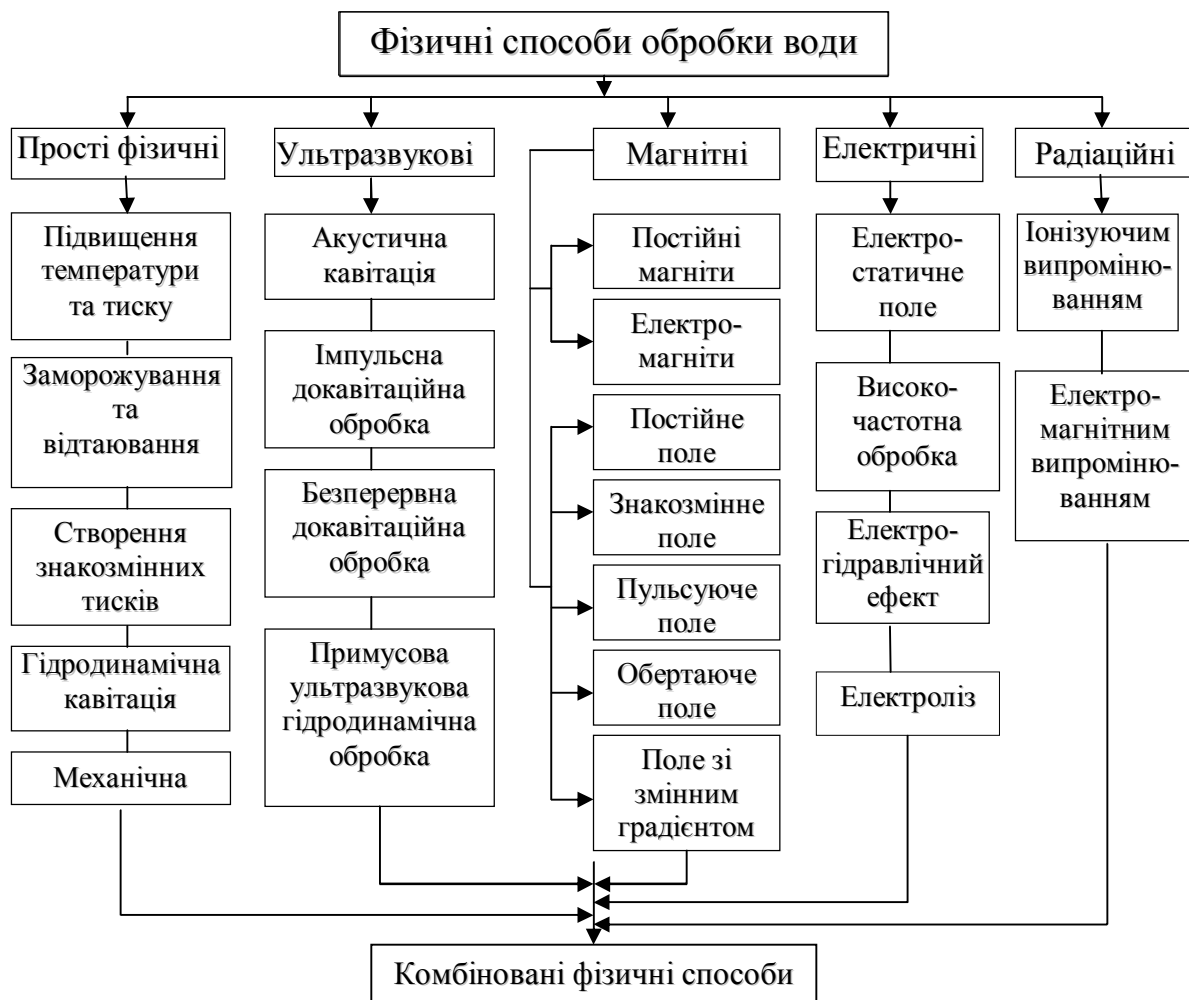


Рис. 1. Класифікація фізичних способів обробки водного середовища

Наведені на рис. 1 способи обробки водного середовища позначені таким чином: 1 – підвищення температури та тиску; 2 – заморожування та відтаювання; 3 – створення знакозмінних тисків; 4 – гідродинамічна кавітація; 5 – механічна; 6 – постійне поле; 7 – знакозмінне поле; 8 – пульсуюче поле; 9 – обертаюче поле; 10 – поле зі змінним градієнтом; 11 – акустична кавітація; 12 – імпульсна докавітаційна обробка; 13 – безперервна докавітаційна обробка; 14 –

примусова ультразвукова гідродинамічна обробка; 15 – електростатичне поле; 16 – високочастотна обробка; 17 – електрогідралічний ефект; 18 – електроліз; 19 – іонізуючим випромінюванням; 20 – електромагнітним випромінюванням.

За допомогою методу граф на рис. 2, 3 зображено можливі комбінації використання фізичних способів обробки водного середовища.

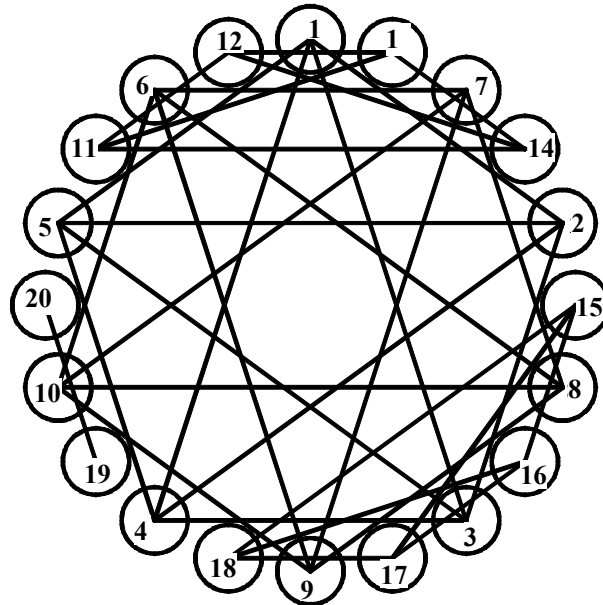


Рис. 2. Схема можливих комбінацій фізичних способів обробки водного середовища, що входять до однієї підгрупи

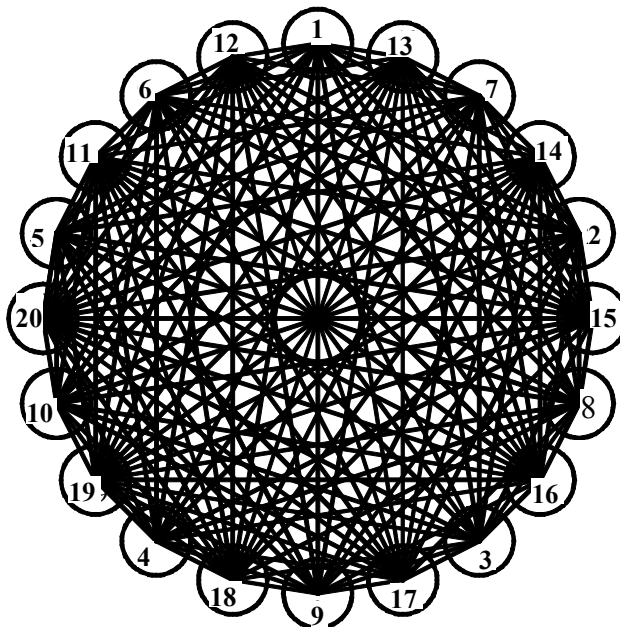


Рис. 3. Схема можливих комбінацій фізичних способів обробки водного середовища без використання більш як одного способу з однієї підгрупи

Фізичні способи обробки розташовані симетрично відносно деякої точки і позначені колами з відповідною нумерацією. За допомогою з'єднувальних ліній показані можливі способи комбінування способів.

Загальна кількість можливих комбінацій фізичних способів обробки  $C_n = 2^n = 2^{20} = 1048576$ , де  $n = 20$  – загальна кількість способів. На рис. 2 представлено невраховані комбінації способів однієї підгрупи, на рис. 3 – кількість можливих комбінацій без використання більш як одного способу однієї підгрупи.

Таким чином, кількість можливих комбінацій способів очистки водного середовища без використання більш як одного способу з однієї підгрупи

$$C'_n = C'_5 + C'_4 + C'_3 + C'_2 + C'_1 = 800 + 1120 + 602 + 157 + 20 = 2699;$$

$$C'_5 = C_5^1 \cdot C_4^1 \cdot C_5^1 \cdot C_4^1 \cdot C_2^1 = 5 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 4 \cdot 2 = 800;$$

$$C'_4 = C_5^1 \cdot C_4^1 \cdot C_5^1 \cdot C_4^1 + C_5^1 \cdot C_4^1 \cdot C_5^1 \cdot C_2^1 + C_5^1 \cdot C_4^1 \cdot C_2^1 \cdot C_4^1 + C_5^1 \cdot C_2^1 \cdot C_5^1 \cdot C_4^1 + \\ + C_2^1 \cdot C_4^1 \cdot C_5^1 \cdot C_4^1 = 5 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 4 + 5 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 2 + 5 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 4 + 5 \cdot 2 \cdot 5 \cdot 4 + 2 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 4 = 1120,$$

$$C'_3 = C_5^1 \cdot C_4^1 \cdot C_5^1 + C_5^1 \cdot C_4^1 \cdot C_4^1 + C_5^1 \cdot C_4^1 \cdot C_2^1 + C_5^1 \cdot C_5^1 \cdot C_4^1 + C_5^1 \cdot C_5^1 \cdot C_2^1 + \\ + C_4^1 \cdot C_5^1 \cdot C_4^1 + C_4^1 \cdot C_5^1 \cdot C_2^1 + C_5^1 \cdot C_4^1 \cdot C_2^1 + C_5^1 \cdot C_4^1 \cdot C_2^1 + C_4^1 \cdot C_4^1 \cdot C_2^1 = \\ = 5 \cdot 4 \cdot 5 + 5 \cdot 4 \cdot 4 + 5 \cdot 4 \cdot 2 + 5 \cdot 5 \cdot 4 + 5 \cdot 5 \cdot 2 + \\ + 4 \cdot 5 \cdot 4 + 4 \cdot 5 \cdot 2 + 5 \cdot 4 \cdot 2 + 5 \cdot 4 \cdot 2 + 4 \cdot 4 \cdot 2 = 602;$$

$$C'_2 = C_5^1 \cdot C_4^1 + C_5^1 \cdot C_5^1 + C_5^1 \cdot C_4^1 + C_5^1 \cdot C_2^1 + C_4^1 \cdot C_5^1 + \\ + C_4^1 \cdot C_4^1 + C_4^1 \cdot C_2^1 + C_5^1 \cdot C_4^1 + C_5^1 \cdot C_2^1 + C_4^1 \cdot C_2^1 = \\ = 5 \cdot 4 + 5 \cdot 5 + 5 \cdot 4 + 5 \cdot 2 + 4 \cdot 5 + 4 \cdot 4 + 4 \cdot 2 + 5 \cdot 4 + 5 \cdot 2 + 4 \cdot 2 = 157;$$

$$C'_1 = C_{20}^1 = 20,$$

$$\text{де } C_5^1 = \frac{5!}{1!(5-1)!} = 5; C_4^1 = \frac{4!}{1!(4-1)!} = 4; C_2^1 = \frac{2!}{1!(2-1)!} = 2; C_{20}^1 = \frac{20!}{1!(20-1)!} = 20.$$

Магнітна обробка водного середовища має ряд переваг порівняно з іншими фізичними способами, а саме: діє на всі чотири групи домішок відповідно до їх фазово-дисперсного стану; впливає як на хімічні, так і на фізичні процеси в водному середовищі. Головною перевагою магнітної обробки при очищенні водного середовища від іонів домішок є можливість керування рухом іонів у магнітному полі, а отже, безпосереднього видалення іонів домішок з потоку.

**Аналіз засобів магнітної обробки води.** Магнітна обробка середовища знайшла своє застосування в багатьох галузях промисловості. Це пов'язано зі створенням високоенергетичних магнітів, які на порядок перевершують за своїми властивостями магніти, що застосовувалися для цих цілей раніше.

На цей час випускають два типи апаратів для магнітної обробки води – з постійними магнітами і електромагнітами. Пристрої магнітної обробки води

складаються з кількох пар постійних магнітів або електромагнітів, між полюсами яких протікає вода.

**Пристрої магнітної обробки води з використанням постійних магнітів.** В [3] описано пристрій для магнітної обробки водного середовища на основі постійних магнітів, розроблений Державним інститутом азотної промисловості. За рахунок конструктивних властивостей пристрою вода багаторазово змінює напрямок руху: в аксіальному напрямку вона рухається по кільцевій камері та центральному каналу, в радіальному напрямку – по отворах між магнітними кільцями. Це сприяє збільшенню часу перебування частинок домішок під дією магнітного поля, проте підвищує гідравлічний опір пристрою. Головним недоліком пристрою є те, що він не забезпечує видалення домішок з водного середовища.

В [3] представлено також пристрій ПМУ-1, що складається з 3...5 типових послідовно з'єднаних секцій. Принцип роботи пристрою аналогічний описаному вище. Головна перевага – можливість змінювати активну довжину магнітного поля за рахунок секціонування пристрою.

Для магнітних апаратів застосовуються постійні магніти з магнітожорстких матеріалів, зокрема з фериту барію. Недоліком цього матеріалу є те, що з часом він втрачає свої властивості – через 4...5 років експлуатації магнітні властивості зменшуються на 30...40 % [4]. Найбільш «сильними» є рідкоземельні магніти на основі сплавів системи неодим–залізо–бор. Ці матеріали майже не втрачають своїх властивостей з часом (2...3 % за 100 років), а також при нагріванні до 135 °С [4].

Високоенергетичні магніти із сплавів неодим–залізо–бор (Nd–Fe–B) і самарій–кобальт (Sm–Co) мають виняткові властивості. Відносна магнітна проникність цих магнітів дорівнює одиниці не тільки в першому і другому квадрантах гістерезисної петлі, але частково і в третьому. Гістерезисні властивості є наслідком основних фізичних характеристик – високого значення магнітного моменту атомів у кристалічній решітці і надзвичайно великих значень енергії кристалографічної анізотропії. Остання властивість визначає підвищену стійкість високоенергетичних магнітів до розмагнічувальної дії зовнішніх магнітних полів. У гістерезисній петлі високоенергетичних магнітів спостерігається практично повний збіг ліній повернення на характеристиці  $B(H)$  з граничною кривою розмагнічування в полях, що навіть перевищують значення коерцитивної сили по індукції [5].

Кожний з перерахованих вище магнітних матеріалів має свій рівень коерцитивної сили. Отже, для створення магнітного поля однієї і тієї ж величини необхідні магніти різних розмірів. Різні розміри матимуть і пристрої, створені на їх основі.

**Пристрої магнітної обробки води з використанням електромагнітів.** В апаратах цього типу електромагніти можуть бути розташовані як усередині корпусу приладу, так і поза ним. Як правило, електромагніти живляться постійним струмом (в основному використовуються безпечні напруги), а випрямляч для регулювання напруженості магнітного поля забезпечується

спеціальним пристроєм. Самі електромагнітні котушки захищають від води діамагнітною оболонкою.

В [3] представлено пристрій, розроблений Харківським інженерно-економічним інститутом. Водне середовище протікає крізь кільцевий канал магнітного пристрою, який пронизує поперечне магнітне поле. За рахунок незмінності прохідного перерізу пристрою забезпечується сталий вплив магнітного поля як на фазово-дисперсний стан домішок, так і на рух частинок під дією магнітного поля. Електромагніти забезпечують можливість зміни магнітної індукції в залежності від умов обробки середовища. Недоліком конструкції є значні енерговитрати та обробка середовища без безпосереднього видалення домішок, що потребує додаткових заходів для очистки середовища.

**Конструктивні рішення по проектуванню магнітної аксіально-симетричної системи.** На базі існуючих пристроїв обробки середовища магнітним полем та фізико-математичної моделі [6] авторами розроблено магнітну аксіально-симетричну систему для обробки середовища постійним аксіально-симетричним поперечним магнітним полем (рис. 4).

Кільцеві магніти *1* встановлено на вал *2* з немагнітного матеріалу. Магнітне коло утворюють феромагнітні кільця *3* та корпус *4*. Вал *2* закріплено в магнітному пристрої за рахунок різьбового з'єднання гайками *5* до фіксаторів *6*, які в свою чергу фіксуються фланцем *7* та ущільнюючою прокладкою *8*. Внутрішній накопичувач *9*, виготовлений з немагнітного матеріалу, слугує попередньою ємністю для накопичення домішок водного середовища, що під дією магнітного поля будуть зміщуватись до зовнішньої поверхні кільцевого каналу й утримуватись там. Через канали відведення *10* в корпусі *4* домішки видаляються з потоку за допомогою електромагнітного клапана.

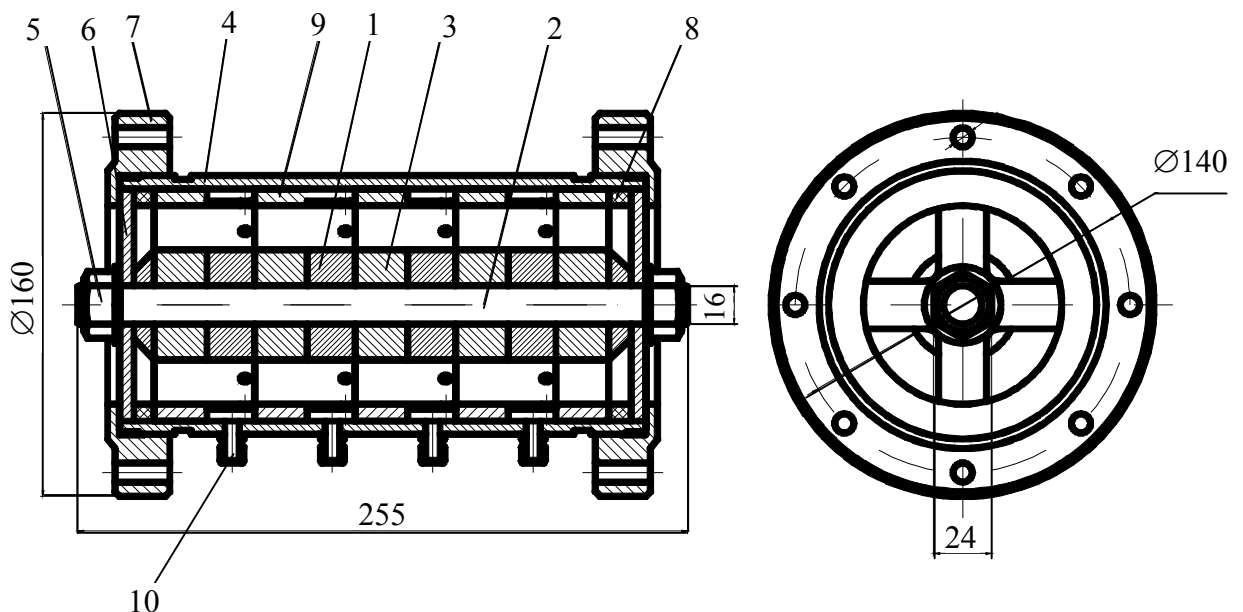


Рис. 4. Загальний вигляд пристрою обробки водного середовища постійним аксіально-симетричним поперечним магнітним полем

## Висновки

1. Фізичні способи обробки середовища сприяють вивільненню його внутрішньої енергії і не змінюють його хімічний склад. Загальна кількість можливих комбінацій фізичних способів обробки водного середовища – 1048576, кількість можливих комбінацій способів без використання однотипних способів – 2699.

2. Магнітна обробка водного середовища діє на всі чотири групи домішок відповідно до їх фазово-дисперсного стану, впливає як на хімічні, так і на фізичні процеси, що проходять у водному середовищі; головною перевагою при очищенні водного середовища від іонів домішок є можливість керування рухом іонів в магнітному полі, а отже, безпосереднього видалення іонів домішок з потоку.

3. Кращими з точки зору пожежобезпеки та енергозбереження є магнітні пристрої для обробки водних середовищ на основі постійних магнітів, в яких водне середовище проходить крізь кільцевий канал з незмінним перерізом, пересікаючи аксіально-симетричне поперечне магнітне поле.

4. Розроблено магнітну аксіально-симетричну систему, в якій використовується принцип безпосереднього та безперервного видалення іонів домішок рідинного середовища шляхом витіснення їх аксіально-симетричним постійним магнітним полем до периферії корпусу, де вони накопичуються в кільцевому каналі внутрішнього накопичувача і через отвори в корпусі видаляються за допомогою каналів відведення.

1. *Астахов А. В., Пономаренко Ю. Ф.* Гидропривод рудничных машин. – 2-е изд. – М.: Недра, 1981. – 197 с.

2. *Кульський Л. А.* Водоочистка в електромагнитном поле. – К.: Знання, 1984. – 19 с.

3. *Классен В. И.* Омагничивание водных систем. – 2-е изд. – М.: Химия, 1982. – 296 с.

4. *Захаренко-Березьянская Ю. М.* Безреагентная обработка жидкости // Водоочистка. – № 5. – 2005.

5. *Инюшин Н. В.* Аппараты для магнитной обработки жидкостей. – М.: ООО Недра-Бизнесцентр, 2001. – 144 с.

6. *Терентьев О. М., Можаровська О. А.* Фізико-математична модель руху заряджених частинок водного середовища в постійному аксіально-симетричному поперечному магнітному полі пастки. – Наукові вісті НТУУ «КПІ». – № 3/2007. – С. 94–100.