

Зарегистрирован
в Госкоминформ политики,
телевидения и радиовещания Украины
КВ № 6985 от 18 февраля 2003 года
Издается с июня 1993 года

Рекомендован к печати Ученым советом
Физико-технологического института
металлов и сплавов НАН Украины

Журнал входит в Перечень научных
профессиональных изданий Украины,
рекомендованных для публикации трудов
соискателей кандидатских и докторских степеней

№9'2015
(268)

МЕТАЛЛ ЛИТЬЕ Украины

наука техника технология бизнес

Учредитель: Физико-технологический институт металлов и сплавов Национальной академии наук Украины

Издатели: Физико-технологический институт металлов и сплавов Национальной академии наук Украины

Донецкий национальный технический университет

Институт черной металлургии Национальной академии наук Украины

Ассоциация литейщиков Украины

Украинская ассоциация сталеплавильщиков

Коновалов Ю. В., Маншилин А. Г., Коренко М. Г.

Сортовые литейно-прокатные агрегаты для ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог». 3

Бубликов В. Б., Берчук Д. Н., Зелёная Л. А., Овсянников В. А.

Влияние кремния и магния на структуру высокопрочного чугуна модифицированного
в предкристаллизационном периоде. 14

Дорошенко В. С., Шинский В. О.

Особенности литья высокопрочного чугуна в вакуумируемые формы. 18

Лысенко Т. В., Ясюков В. В., Гладаренко Д. О.

Физико-химические процессы на поверхности стальных отливок при литье в керамизи-
рованные формы. 22

Ясюков В. В., Солоненко Л. И., Цыбенко О. В.

Композиционные вставки пресс-форм литья под давлением. 26

Воронова О. И., Лысенко Т. В., Ясюков В. В.

Легкоотделяемые приливы для отливок пресс-форм литья под давлением. 30

Шалевская И. А., Мусбах Д. И., Шинский В. О.

Интенсификация процессов затвердевания крупногабаритных отливок из железоуглеродистых
сплавов при литье по газифицированным моделям. 34

Петрищев А. С.

Развитие исследований качественных характеристик шламов от обогащения урановых руд
для дальнейшего их использования в качестве железосодержащего вторичного сырья. 38

редакционная коллегия

Найдек В. Л.	главный редактор, д-р техн. наук, проф., акад. НАН Украины, Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев
Дубоделов В. И.	зам. главного редактора, д-р техн. наук, проф., акад. НАН Украины, Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев
Минаев А. А.	зам. главного редактора, д-р техн. наук, чл.-кор. НАН Украины, Донецкий национальный технический университет, Донецк
Бойченко Б. М.	д-р техн. наук, проф., Национальная металлургическая академия Украины, Днепропетровск
Борисов Г. П.	д-р техн. наук, проф., чл.-кор. НАН Украины, Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев
Бубликов В. Б.	д-р техн. наук, Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев
Величко А. Г.	д-р техн. наук, проф., чл.-кор. НАН Украины, Национальная металлургическая академия Украины, Днепропетровск
Гасик М. И.	д-р техн. наук, проф., акад. НАН Украины, Национальная металлургическая академия Украины, Днепропетровск
Кириевский Б. А.	д-р техн. наук, проф., Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев
Коновалов Ю. В.	зам. главного редактора, д-р техн. наук, проф., Донецкий национальный технический университет, Донецк
Ладохин С. В.	д-р техн. наук, проф., Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев
Лихошва В. П.	д-р техн. наук, проф., Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев
Лобанов М. М.	акад. НАН Украины, Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, Киев
Мазур В. Л.	д-р техн. наук, проф., чл.-кор. НАН Украины, Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев
Ноговицин А. В.	д-р техн. наук, Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев
Петренко В. А.	д-р техн. наук, акад. АИН Украины, засл. деятель науки и техники Украины, Национальная металлургическая академия Украины, Днепропетровск
Смирнов А. Н.	д-р техн. наук, проф., Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев
Тарасевич Н. И.	зав. редакцией, д-р техн. наук, Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев
Шинский О. И.	д-р техн. наук, проф., президент Ассоциации литейщиков Украины, Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев

редакция



Редактор
Ольга Олеговна Токарева

Корректор
Валентина Александровна Лихошва



Макет
Сергей Анатольевич Цихмайстренко
Лилия Викторовна Школяренко



Верстка
Ольга Викторовна Клименко

адрес редакции и типографии

Украина, 03680, г. Киев-142, ГСП, бул. Вернадского, 34/1
Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины
Телефон: (044) 424-04-10, 424-34-50, факс (044) 424-35-15
E-mail: mlu@ptima.kiev.ua

Информация о журнале на сайте: www.ptima.kiev.ua

Мнение редакции не всегда совпадает с мнением автора. Ответственность за достоверность представленных материалов несут авторы статей.
За рекламную информацию отвечают рекламодатели.

Сдано в набор 30.06.15. Подписано в печать 10.08.15. Формат 60x84/8. Бумага офсетная № 1. Печать на ризографе.
Уч.-изд. л. – 6,45. Усл.-печ. л. – 5,81. Усл. кр.-от. – 6,5. Тираж – 150. Отпечатано ООО «Наш формат», просп. Мира, 7.

Развитие исследований качественных характеристик шламов от обогащения урановых руд для дальнейшего их использования в качестве железосодержащего вторичного сырья

Исследована микроструктура и химический состав шламов от обогащения урановых руд в целом и отдельных его частиц с применением растровой электронной микроскопии и рентгеновского микроанализа. Проведён анализ возможности и целесообразности использования данного вида техногенных отходов после предварительной обработки как вторичного железосодержащего сырья для сталеплавильного производства.

Ключевые слова: шлам, техногенные отходы, микроструктура, химический состав, утилизация, вторичное сырьё

Повышение цен на мировом рынке на железный лом [1, 2] приводит к необходимости поиска новых, более доступных источников восполнения железосодержащего сырья для электрометаллургического производства. Актуальным на сегодняшний день является направление ресурсосбережения и утилизации железосодержащих отходов [3, 4]. Одним из видов железосодержащих отходов являются хвосты шламов от обогащения урановых руд.

Цель данной работы – разработка оптимальных технологических параметров переработки шламов от обогащения урановых руд с получением железосодержащего сырья для металлургического производства, а конкретные задачи настоящих исследований заключались в изучении микроструктуры и химического состава шлама в целом и отдельных его частиц.

Микроструктуру образцов исследовали на растровом электронном микроскопе, оснащённом системой рентгеноспектрального энергодисперсионного микроанализа по описанной в работе [5] методике. Работу выполнили при ускоряющем напряжении 15 кВ и диаметре электронного зонда 4 нм, при этом диаметр зоны возбуждения рентгеновского излучения составлял порядка 1 мкм. Определение состава фаз выполнили безэталонным методом расчёта фундаментальных параметров: расчётом поправочных коэффициентов отражения электронов зонда, поглощения характеристического рентгеновского излучения и флуоресценции. Определение химического состава фаз выполнено на участках, отмеченных соответствующими условными обозначениями.

По результатам микроструктурных исследований выявлено, что шламовые отходы обогащения урановых руд в большей мере состоят из мелкодисперсных частиц размерами 10-40 мкм, которые не закреплены относительно друг друга. Реже встречаются частицы размерами до 150-200 мкм. Рентгеновский микроанализ двух исследованных участков (рисунок, табл.1) показал высокую кон-

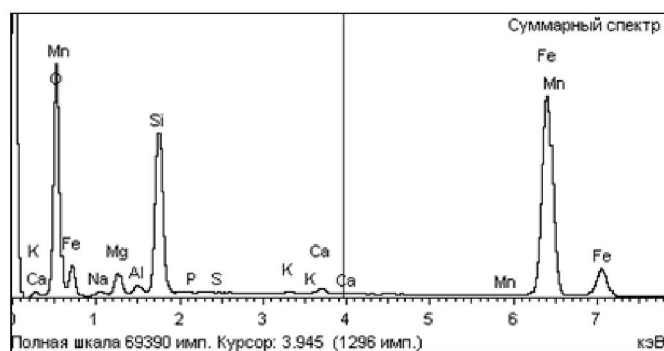
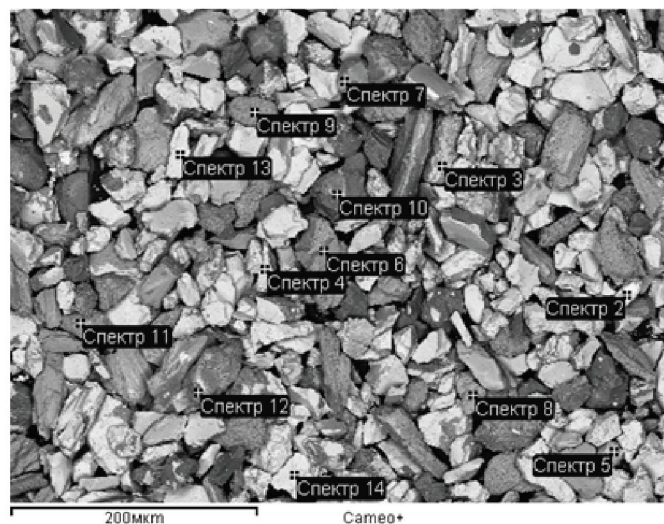
центрацию железа (51,09-52,56 %) и кислорода (30,76-31,73 %), что может указывать на преобладание в шламе оксида железа. Остальное в шламе – сопутствующие примеси Si, Ca, Mg, Al, Mn, K, Na, которые также предположительно входят в состав оксидов. Сопутствующие вредные примеси S и P, обнаружены лишь на участке (а) в количестве 0,06 и 0,07 % соответственно.

Изучение распределения химических элементов в материале (рисунок, табл. 2, 3) дало более полную информацию о природе исследованных шламов. Видно, что большую площадь исследованных участков занимают частицы с преобладанием железа и кислорода (табл. 2, спектры 4,13; табл. 3, спектр 8). Некоторые частицы содержат преобладающее количество кремния (табл. 2, спектры 10; табл. 3, спектр 3). Примеси Ca, Mg, Al, Mn, K, Na, Cr сосредоточены в основном в комплексе с кремнием и железом. Частицы, содержащие S, P и Zr, были обнаружены на участке (а) (табл. 2, спектры 2-4), что совместно с выполненным микрорентгеноспектральным анализом участков в целом (рисунок) указывает на единичные случаи присутствия данных частиц. Низкое содержание вредных примесей является одним из благоприятных условий для использования шламов обогащения урановых руд для производства железосодержащего материала для производства стали.

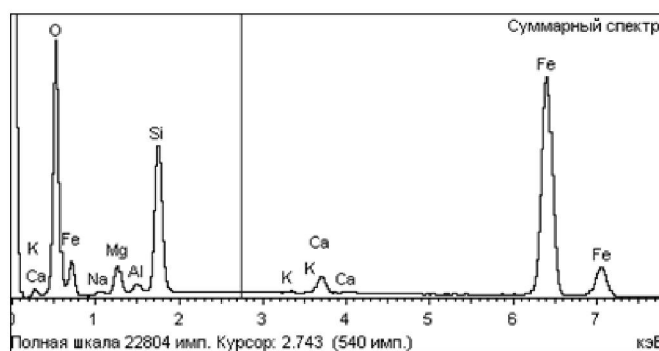
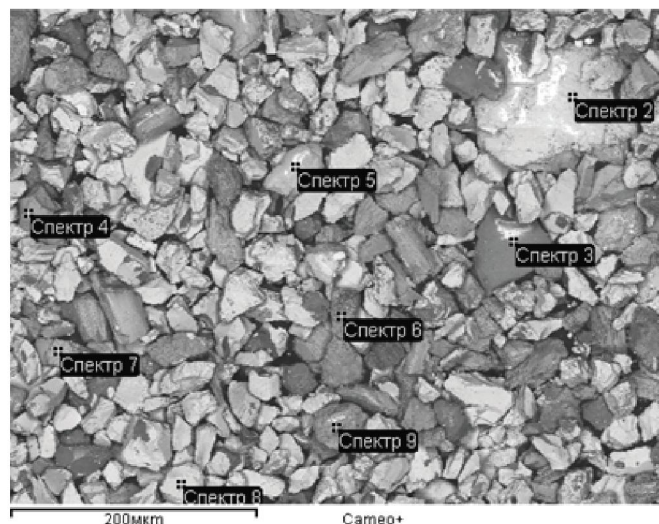
Из результатов исследований выявлено, что использование шламовых отходов обогащения урановых руд для получения вторичного сырьевого железосодержащего материала прямого восстановления для производства стали является целесообразным [6, 7]. На это указывают следующие факторы:

- радиационное γ -излучение в пределах допустимых значений;

- высокое содержание железа – 51,09-52,56 %, определяющее возможность получения высококачественного железосодержащего материала для прямого восстановления;



а



б

Микрофотографии образцов шламов обогащения урановых руд, результаты полученных максимумов рентгеновского микроанализа двух различных участков (а, б). Изображение получено в режиме отражённых электронов (атомарный контраст)

Таблица 1

Результаты рентгеновского микроанализа участков образцов (а, б) шламов обогащения урановых руд соответственно рисунку

Образцы									
а					б				
элемент	весовой %	атомный %	соединение %	формула	элемент	весовой %	атомный %	соединение %	формула
Na K	0,73	0,90	0,98	Na ₂ O	Na K	0,57	0,71	0,76	Na ₂ O
Mg K	2,38	2,78	3,95	MgO	Mg K	2,95	3,50	4,89	MgO
Al K	0,66	0,70	1,25	Al ₂ O ₃	Al K	0,67	0,72	1,27	Al ₂ O ₃
Si K	12,48	12,63	26,71	SiO ₂	Si K	10,82	11,13	23,15	SiO ₂
P K	0,07	0,06	0,15	P ₂ O ₅	K K	0,16	0,11	0,19	K ₂ O
S K	0,06	0,06	0,16	SO ₃	Ca K	1,51	1,09	2,12	CaO
K K	0,12	0,09	0,15	K ₂ O	Fe K	52,56	27,19	67,62	FeO
Ca K	0,53	0,37	0,74	CaO	O	30,76	55,54		
Mn K	0,15	0,08	0,19	MnO	Итоги	100,00			
Fe K	51,09	25,99	65,72	FeO					
O	31,73	56,34							
Итоги	100,00								

– низкая концентрация вредных примесей S и P в пределах до 0,07 %, позволяющая применять полученный материал по действующим технологическим нормам;

– дисперсная структура, обеспечивающая возможность тепловой обработки без необходимости предварительного измельчения;

– повышенное содержание оксидных кремнийсодержащих частиц на основе SiO₂ указывает на целесообразность использования вторичного железосодержащего сырья прямого восстановления на основе шламов обогащения урановых руд в сталеплавильном производстве с применением «кислой» футеровки. Это позволит минимизировать реакции, приводящие к её разъеданию.

Таблица 2

Результаты микрорентгеноспектрального анализа отдельных частиц соответственно рисунку, а.

Спектр	O	Na	Mg	Al	Si	P	S	K	Ca	V	Mn	Fe	Zr	Итого
Суммарный спектр	33,95	0,70	2,29	0,64	12,01	0,06	0,06	0,12	0,51		0,14	49,51		100,00
Спектр 2	48,19		1,34	0,83	12,51							3,66	33,47	100,00
Спектр 3	38,07				3,30	9,79			31,83			17,02		100,00
Спектр 4	36,62		0,26		1,79		22,91		0,68			37,73		100,00
Спектр 5	42,16		1,18	2,10	15,59				21,28	0,96		16,72		100,00
Спектр 6	12,69		1,14	1,30	10,26			1,69			1,25	71,66		100,00
Спектр 7	53,21		0,68	9,69	16,19				0,86		0,38	18,98		100,00
Спектр 8	48,88		2,25	7,68	15,63			1,79	0,48			23,30		100,00
Спектр 9	49,69	8,03	0,76	0,15	22,25				0,26			18,85		100,00
Спектр 10	55,68				43,70							0,62		100,00
Спектр 11	55,66		5,68		21,15				0,44			17,07		100,00
Спектр 12	61,60		11,29	0,57	20,53			0,29				5,73		100,00
Спектр 13	30,11											69,89		100,00
Спектр 14	26,73				0,30							72,97		100,00
Максимум	61,60	8,03	11,29	9,69	43,70	9,79	22,91	1,79	31,83	0,96	1,25	72,97	33,47	
Минимум	12,69	0,70	0,26	0,15	0,30	0,06	0,06	0,12	0,26	0,96	0,14	0,62	33,47	

Параметры обработки: выполнен анализ всех элементов (нормализован); все результаты в %мас.

Таблица 3

Результаты микрорентгеноспектрального анализа отдельных частиц соответственно рисунку, б.

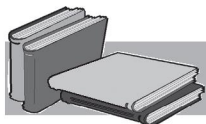
Спектр	O	Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Cr	Fe	Итого
Суммарный спектр	35,02	0,52	2,73	0,62	10,05	0,15	1,42		49,50	100,00
Спектр 2	25,63		1,70		0,47		53,81		18,40	100,00
Спектр 3	63,93				35,59				0,48	100,00
Спектр 4	57,83		1,88	8,89	16,02	0,27	0,22		14,89	100,00
Спектр 5	58,30		12,12		22,38		1,93		5,26	100,00
Спектр 6	52,86	7,16	2,05		21,48		0,21		16,24	100,00
Спектр 7	56,18	1,09	6,77	0,15	22,16		4,82		8,82	100,00
Спектр 8	30,46								69,54	100,00
Спектр 9	61,28		10,29	8,16	12,51			0,36	7,39	100,00
Максимум	63,93	7,16	12,12	8,89	35,59	0,27	53,81	0,36	69,54	
Минимум	25,63	0,52	1,70	0,15	0,47	0,15	0,21	0,36	0,48	

Параметры обработки: выполнен анализ всех элементов (нормализован); все результаты в %мас.

Выводы

По результатам микроструктурных исследований шламов обогащения урановых руд с применением рентгеновского микроанализа выявлено дисперсный характер образцов шлама с размерами большинства частиц 10-40 мкм, которые не закреплены относительно друг друга. Высокое содержание железа (51,09 - 52,52 %мас.) и кислорода (30,76-31,73 %мас.) указывает на преобладание в структуре частиц ок-

сидов железа. В меньшем количестве обнаружены кремний-кислородосодержащие частицы. Перечисленные выше свойства, а также низкая концентрация вредных примесей S и P (в пределах 0,07 %) и допустимые значения радиационного γ -излучения, определяют целесообразность использования шламов обогащения урановых руд для получения высококачественного железосодержащего материала прямого восстановления для производства стали.



ЛИТЕРАТУРА

1. Керкхофф Х. Ю. Взрыв цен на сырье – угроза экономическому подъему / Х. Ю. Керкхофф // Черные металлы. – 2010. – №10. – С. 61-66.
2. Грищенко С. Г. Мировой финансово-экономический кризис и металлургия / С. Г. Грищенко // Сталь. – 2009. – № 2. – С. 68-71.
3. Сидоров Е. В. Подготовка железосодержащих отходов для использования в качестве сырья / Е. В. Сидоров, А. Г. Валуев, Н. А. Босякова, Э. В. Степанова // Сталь. – 2009. – № 10. – С. 105-106.
4. Эндемман Г. Образование пыли, окислы и шлама и их утилизация на металлургических заводах Германии // Г. Эндемман, Х. Б. Люнген, К.-Д. Вупперман // Чёрные металлы. – 2007. – № 2. – С. 49-56.
5. Практическая растровая электронная микроскопия / Под. Ред. Дж. Гоулдстейна, Х. Яковица. – М.: Мир, 1978. – 656 с.
6. Острик П. Н. Исследование влияния вида железорудного сырья на процесс получения железного порошка / П. Н. Острик, А. Н. Попов, И. М. Бастрыга // Физико-химия прямого получения железа. – М.: Наука, 1977. – С. 31-36.
7. Некрасов З. И. Исследование процесса восстановления железорудных брикетов горячего прессования комбинированным восстановлением / З. И. Некрасов, Б. А. Нижегородова, Б. Н. Маймур // В сб. «Физико-химия прямого получения железа». – М.: Наука. – 1977. – С. 37-41.

Анотація

Петрищев А. С.

Розвиток досліджень якісних характеристик шламів від збагачення уранових руд для подальшого їх використання в якості залізовмісної вторинної сировини

Досліджено мікроструктуру і хімічний склад шламів від збагачення уранових руд в цілому і окремих його часток із застосуванням растрової електронної мікроскопії і рентгенівського мікроаналізу. Проведено аналіз можливості і доцільності використання даного виду техногенних відходів після попередньої обробки як вторинної залізовмісної сировини для сталеплавильного виробництва.

Ключові слова

шлам, техногенні відходи, мікроструктура, хімічний склад, утилізація, вторинна сировина

Summary

Petryshchev A.

Development of researches of qualitative characteristics of tailings from enrichment of uranium ores for their further use in the capacity of a ferruginous secondary material

The microscopic structure and chemical compound of tailings from enrichment of uranium ores in whole and its separate corpuscles with application of a raster electronic microscopy and X-ray microanalysis are investigated. The analysis of possibility and expediency of use of the given aspect of a technogenic waste after preparative treatment as secondary ferruginous raw materials for steel-smelting manufacture is carried out.

Keywords

tailings, technogenic waste, microscopic structure, chemical compound, salvaging, secondary material

Поступила 05.06.2015

ЗМІСТ

Коновалов Ю. В., Маншилін О. Г., Коренко М. Г.	
Сортові ливарно-прокатні агрегати для ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг.	3
Бубликов В. Б., Берчук Д. М., Зелена Л. О., Овсянников В. О.	
Вплив кремнію та магнію на структуру високоміцного чавуну модифікованого в передкристалізаційному періоді.	14
Дорошенко В. С., Шинський В. О.	
Особливості лиття високоміцного чавуну в вакуумовані форми.	18
Лисенко Т. В., Ясюков В. В., Гладаренко Д. О.	
Фізико-хімічні процеси на поверхні сталевих виливків при литті у керамізовані форми.	22
Ясюков В. В., Солоненко Л. І., Цибенко О. В.	
Композиційні вставки прес-форм лиття під тиском.	26
Воронова О. І., Лисенко Т. В., Ясюков В. В.	
Надливи, що легко відокремлюються, для виливків прес-форм лиття під тиском.	30
Шалевська І. А., Мусбах Д. І., Шинський В. О.	
Інтенсифікація процесу твердіння великогабаритних виливків із залізовуглецевих сплавів при литті по моделях, що газифікуються.	34
Петрищев А. С.	
Розвиток досліджень якісних характеристик шламів від збагачення уранових руд для подальшого їх використання в якості залізовмісної вторинної сировини.	38

CONTENTS

Konovalov Yu., Manshylin A., Korenko M.	
Section casting-rolling aggregate for PJSC «ArcelorMittal Krivoy Rog.	3
Bublikov V., Berchuk D., Zelena L., Ovsyannykov V.	
Influence of silicon and magnesium on structure of ductile iron modified in subcrystallization period.	14
Doroshenko V., Shinskiy V.	
Special features of ductile iron casting into evacuated molds.	18
Lysenko T., Yasiukov V., Gladarenko D.	
Physics-chemical processes on surface of steel casts during casting into ceramized molds.	22
Yasiukov V., Solonenko L., Tsybenko O.	
Composite inserts for die casting moulds.	26
Voronova O., Lysenko T., Yasiukov V.	
Neckdown risers for die-casting mould casts.	30
Shalevskaya I., Musbah J., Shinsky V	
Intensification of solidification processes for large iron-carbon alloy castings during Lost-foam process.	34
Petryshchev A.	
Development of researches of qualitative characteristics of tailings from enrichment of uranium ores for their further use in the capacity of a ferruginous secondary material.	38

адреса редакції та друкарні

Україна, 03680, м. Київ, МСП, бул. Вернадського, 34/1
Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України
Телефон: (044) 424-04-10, факс (044) 424-35-15, e-mail: mlu@ptima.kiev.ua
Інформація про журнал на сайті: www.ptima.kiev.ua
Надруковано ТОВ «Наш формат», просп. Миру, 7.