

В.П. НАДУТЫЙ, д-р техн. наук,

В.В. ЧЕЛЫШКИНА, канд. техн. наук

(Украина, Днепропетровск, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины)

ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ МАГНИТНЫХ ГИДРОСЕПАРАТОРОВ МГС В ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕНИЯ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД

Операция дешламации слива гидроциклонов применяется практически на всех железорудных фабриках. Она обеспечивает 20-30% общего прироста железа в концентрате и, по сравнению с магнитной сепарацией, более эффективно выводит из промпродукта мелкие и тонкие нерудные фракции.

Для повышения эффективности этой операции на базе обычных дешламаторов типа МД были созданы магнитные гидросепараторы МГС [1, 2]. Эти аппараты конструктивно отличаются от МД тем, что в них постоянные магниты размещены не только в питающем баке, но и в самой ванне дешламатора в виде пространственно-разветвленной магнитной системы из постоянных магнитов. Кроме того, в ванне размещены конструктивные элементы для корректировки гидродинамики.

На Полтавском и Лебединском ГОКах все дешламаторы типа МД-5 и МД-9 переоборудованы в МГС-5 и МГС-9, причем на ПГОКе – с магнитной системой пластинчатого типа, на Лебединском ГОКе – с более совершенной магнитной системой в виде балочных элементов.

Длительный опыт эксплуатации МГС на ПГОКе и ЛГОКе позволил выявить их характерные отличия от обычных дешламаторов МД. Они касаются, во-первых, качества продуктов разделения (песков и слива), во-вторых, крупности (ситовки) продуктов, в-третьих, режимных параметров (нагрузки по питанию и плотности питания и песков).

Целью работ, отраженных в данной статье, являлось обобщить особенности эксплуатации МГС и выполнить прогноз эффективности их применения в технологии, например, СевГОКа для оценки влияния на конечные результаты обогащения.

Рассмотрим различия показателей работы МД и МГС на примере первой стадии дешламации, наиболее чувствительной к изменению режимных параметров (табл. 1).

Как известно, управление работой дешламаторов, в том числе МГС, осуществляется регулировкой песковой разгрузки, то есть уплотнением песков: чем плотнее пески, тем выше прирост железа в операции (однако наряду с этим растет и содержание железа в сливе). И наоборот, слив можно получить чистым по железу, но прирост при этом будет потерян. В этом плане МГС решает задачу получения более низкого содержания железа в хвостах при сохранении высокого прироста железа в операции.

Такой результат иллюстрируют данные табл. 1, из которой видно, что при

Магнітна і електрична сепарація

одинаковом выходе хвостов, МГС по сравнению с МД обеспечивает снижение содержания железа в хвостах: общего на 4,1%, магнитного – на 1%.

Таблиця 1

Показатели дешламации 1 стадии в МД и МГС (ЛГОК, ЦО-3, схема 2:1:1)

Q, на один аппарат, т/час	Питание			Пески			Прирост Δ .Fe, %	Слив			
	р, г/л	Fe общ.	Кл. -44 мкм	р, г/л	Fe общ.	Кл. -44 мкм		Fe общ.	Fe магн.	Выход в опер.	Извл. Fe
МД-9											
203	1100	59,15	92,2	1900	63,80	92,80	4,7	9,24	1,86	8,5	1,3
247	1160	58,75	75,4	1650	64,20	74,7	5,5	14,21	2,16	10,9	2,6
226	1150	59,42	81,4	1540	64,09	79,80	4,7	11,33	2,30	8,9	1,7
243	1140	59,34	79,6	1980	63,61	75,8	4,3	13,91	2,56	8,6	2,0
259	1120	58,94	88,8	1610	63,84	83,3	4,9	14,72	3,2	10,0	2,5
251	1100	58,10	81,8	1485	63,68	82,4	5,6	13,17	2,86	11,0	2,5
238	1128	58,95	83,2	1694	63,87	81,5	4,9	12,76	2,49	9,65	2,11
МГС-9											
259	1175	61,02	75,6	2168	66,13	76,7	5,1	10,77	2,73	9,2	1,6
230	1156	56,29	73,7	2068	63,38	75,3	7,1	9,15	1,02	13,1	2,1
224	1108	56,98	76,4	1638	62,47	75,3	5,5	8,98	2,86	10,3	1,6
242	1093	59,70	95,7	1677	64,34	96,5	4,6	9,78	3,46	8,5	1,4
223	1080	58,50	97,0	1560	65,55	96,6	7,1	6,47	1,44	11,9	1,3
230	1090	57,82	91,6	1820	63,63	91	5,8	7,24	1,5	10,3	1,3
223	1130	58,36	87,5	1945	62,93	87,8	4,6	6,70	1,02	8,1	0,9
253	1090	57,63	87,2	1860	63,33	86,9	5,7	7,84	1,68	10,3	1,4
235	1115	58,29	85,59	1842	63,97	85,76	5,7	8,37	1,96	10,2	1,47
МГС-9 при повышенной производительности секции											
279	1255	59,7	85,8	2025	64,14	84,9	4,4	10,41	1,0	8,2	1,4
272	1253	58,2	83,2	1633	62,61	81,3	4,4	9,33	0,54	8,2	1,3
236	1195	60,7	90,9	1900	66,58	90,0	5,9	8,99	1,02	10,2	1,5
281	1218	58,4	90,5	1643	63,03	89,2	4,6	6,90	0,97	8,2	1,0
250	1295	58,1	93,5	2203	63,66	96,0	5,6	7,54	0,78	9,9	1,3
275	1315	60,2	84,4	1933	63,82	84,1	3,6	8,87	0,33	6,6	1,0
315	1420	56,0	68,8	2000	61,88	73,1	5,9	8,49	0,7	11,0	1,7
265	1320	57,3	93,7	1900	62,41	96,2	5,1	10,98	2,82	10,0	1,9
272	1284	58,58	86,35	1905	63,52	86,85	4,9	8,94	1,02	9,04	1,38
Среднее											
МД-9	1128	58,95	83,2	1694	63,87	81,5	4,92	12,76	2,49	9,6	2,1
МГС-9	1200	58,43	86,0	1873	63,74	86,3	5,31	8,65	1,49	9,6	1,4

Для магнитного железа этот эффект вполне объясним: разветвленные магнитные системы группируют во флокулы магнетитовые частицы и удерживают их от выноса в слив. Снижение содержания железа общего в сливе МГС не так очевидно, хотя экспериментально доказано, что общее железо в промпродуктах всегда коррелирует с железом магнитным. Теоретически механизм снижения содержания общего железа в сливе МГС связывают с несколькими явлениями. Это происходит, во-первых, за счет изменения электромагнитных свойств суспензии в слабых магнитных полях и наведения поверхностного магнетизма на слабомагнитных окислах железа [3]. Во-вторых, за счет флокуляции и изменения гидравлической крупности частиц при вытеснении, как из тела флокул, так и из уплотненной в зоне магнитных систем суспензии, крупных нерудных час-

Магнітна і електрична сепарація

тиц и бедных сростков при стесненном падении [4]. Очевидно, что имеет место вклад каждого из этих явлений в снижение содержания железа общего в хвостах МГС.

В целом, по результатам сравнительных испытаний МД и МГС на ЛГОКе и ПГОКе, получено снижение содержания железа в хвостах МГС: общего на 3-4%, магнитного на 1-2%, что подтверждено актами промышленных испытаний.

Вторым характерным отличием МГС является специфика крупности продуктов. Так, для обычных дешламаторов слив всегда получается тоньше, чем пески. Для МГС наблюдается обратная тенденция – пески становятся тоньше питания, а слив, соответственно, грубее (табл. 2).

Таблица 2

Содержание классов -44мк в продуктах МГС № 6-52 и 6-54, работающих одновременно в приеме слива гидроциклонов 2 стадии измельчения (ЛГОК, ЦО-1)

Пита- ние	Пески				Слив			
	МГС 6-52	МГС 6-54	МГС 6-52	МГС 6-54	МГС 6-52	МГС 6-54	МГС 6-52	МГС 6-54
			Измене- ние	Измене- ние			Измене- ние	Измене- ние
95,6	95,3	95,4	-0,3	-0,2	98,35	97,5	2,75	1,9
95,4	96,3	95,5	0,9	0,1	85,3	93,81	-10,01	-1,59
98,7	99	99	0,7	0,7	92,4	91,59	-6,3	-7,11
97,8	98	98	0,2	0,2	85,32	87,13	-12,48	-10,67
98,6	98,7	98,8	0,1	0,2	96,33	94,88	-2,27	-3,7
Среднее								
97,22	97,46	97,34	0,32	0,20	91,54	92,98	-8,30	-4,25

Данные таблиц 1 и 2 свидетельствуют, что поскольку содержание готового класса -44 мкм в песках МГС выше, чем в питании, то МГС способствуют удалению в слив относительно крупных нерудных классов и бедных сростков, и на последующую магнитную сепарацию поступает более тонкий продукт, чем слив гидроциклонов. Ситовые характеристики продуктов МГС, приведенные в табл. 2, подтверждают, что аппараты МГС, в принципе, работают как обычные магнитные сепараторы, то есть сбрасывают в хвосты более грубый и бедный продукт по сравнению с питанием и магнитным продуктом.

Вывод в операции дешламации МГС в отвальные хвосты относительно крупных классов с низким содержанием железа позволяет без переизмельчения всего промпродукта повышать содержание готового класса в концентрате и снижать удельную нагрузку на последующее оборудование.

Анализ влияния управляющих технологических параметров – плотности питания и песков – на показатели работы МГС показывает, что в отличие от МД МГС, во-первых, мало чувствителен к плотности питания и нагрузке по твердому, во-вторых, работает на более плотных песках без завышения содержания железа в сливе (табл. 1). Так для МГС, работающих вместо дешламаторов 2-й стадии на ПГОКе и ЛГОКе, установлено, что колебания режимных параметров (плотности питания в диапазоне 1100-1250 г/л, плотности песков 1500-1900 г/л)

Магнітна і електрична сепарація

слабо влияют на изменение технологических показателей в операции при использовании как одного, так и двух аппаратов МГС в приеме. Даже на очень тонком и очень богатом питании (69% Fe, ЦО-4, ЛГОК) аппараты МГС обеспечивают достаточно высокие приросты Fe в песках (около 1%) при низком содержании железа в хвостах (11,0/2,5% $Fe_{\text{общ}}/Fe_{\text{маг}}$), причем, эти показатели устойчивы при плотности песков вплоть до 2800 г/л и нагрузке по питанию до 250 т/ч на один аппарат.

Устойчивые технологические показатели в операции магнитной гидросепарации при колебаниях режимных параметров объясняются тем, что создание пространственно-разветвленной магнитной системы в чане дешламаторов позволяет, несмотря на колебания режимов, поддерживать стабильный устойчивый уровень магнетита в рабочей зоне, обеспечивающий эффективность разделительных процессов.

Данные табл. 1 были положены в основу расчета проектов технологических схем обогащения с МГС (в статье приведен расчет технологии СевГОКа) для оценки изменения показателей и технико-экономического обоснования модернизации дешламации. То есть в основу расчета положен тот факт, что при примерно одинаковом приросте железа в операции МГС по сравнению с МД обеспечивают более низкое содержание железа в хвостах.

Сравнительная оценка конечных показателей базовой (рис. 1) и новой технологии СевГОКа (рис. 2) показала следующее. При переоснащении МД в МГС за счет снижения содержания железа в хвостах операции дешламации (в 1 стадии на 3,5/1,7% $Fe_{\text{общ}}/Fe_{\text{маг}}$, во 2 стадии на 1,4/1,5% $Fe_{\text{общ}}/Fe_{\text{маг}}$) содержание железа в суммарных отвальных хвостах снизится на 0,37/0,21% $Fe_{\text{общ}}/Fe_{\text{маг}}$.

За счет такого снижения содержания железа в отвальных хвостах по новой технологии выход концентрата возрастает на 0,48% при плановом качестве и производительности секции по руде. За счет указанного увеличения выхода будет получен дополнительный концентрат, который (по истечении срока окупаемости затрат на монтаж МГС) будет являться фактически беззатратным, так как расходы на эксплуатацию аппаратов МГС остаются такими же, какими были эксплуатационные затраты для обычных дешламаторов МД.

Магнітна і електрична сепарація

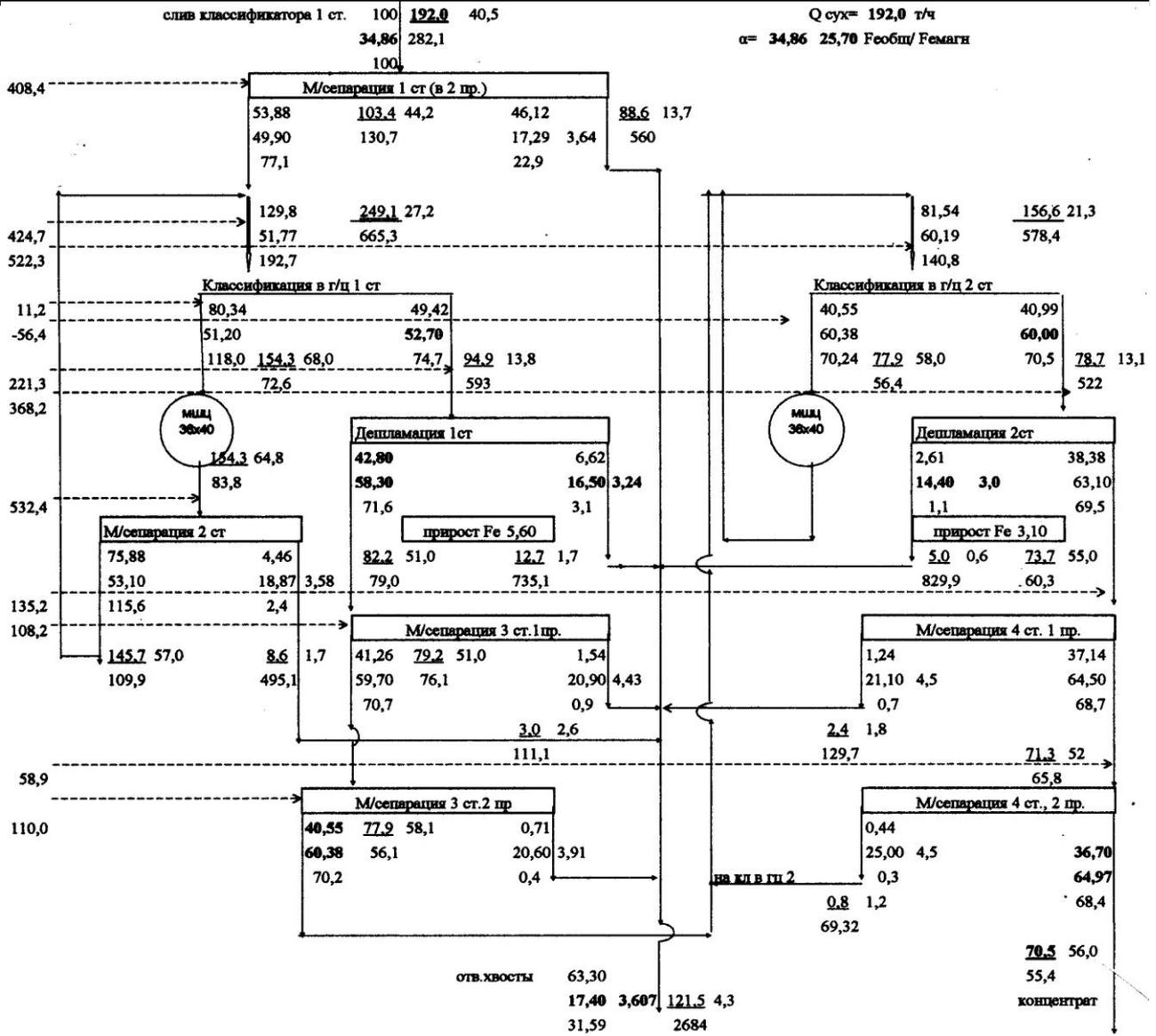


Рис. 1. Базовая технология СевГОК, РОФ-2

Магнітна і електрична сепарація

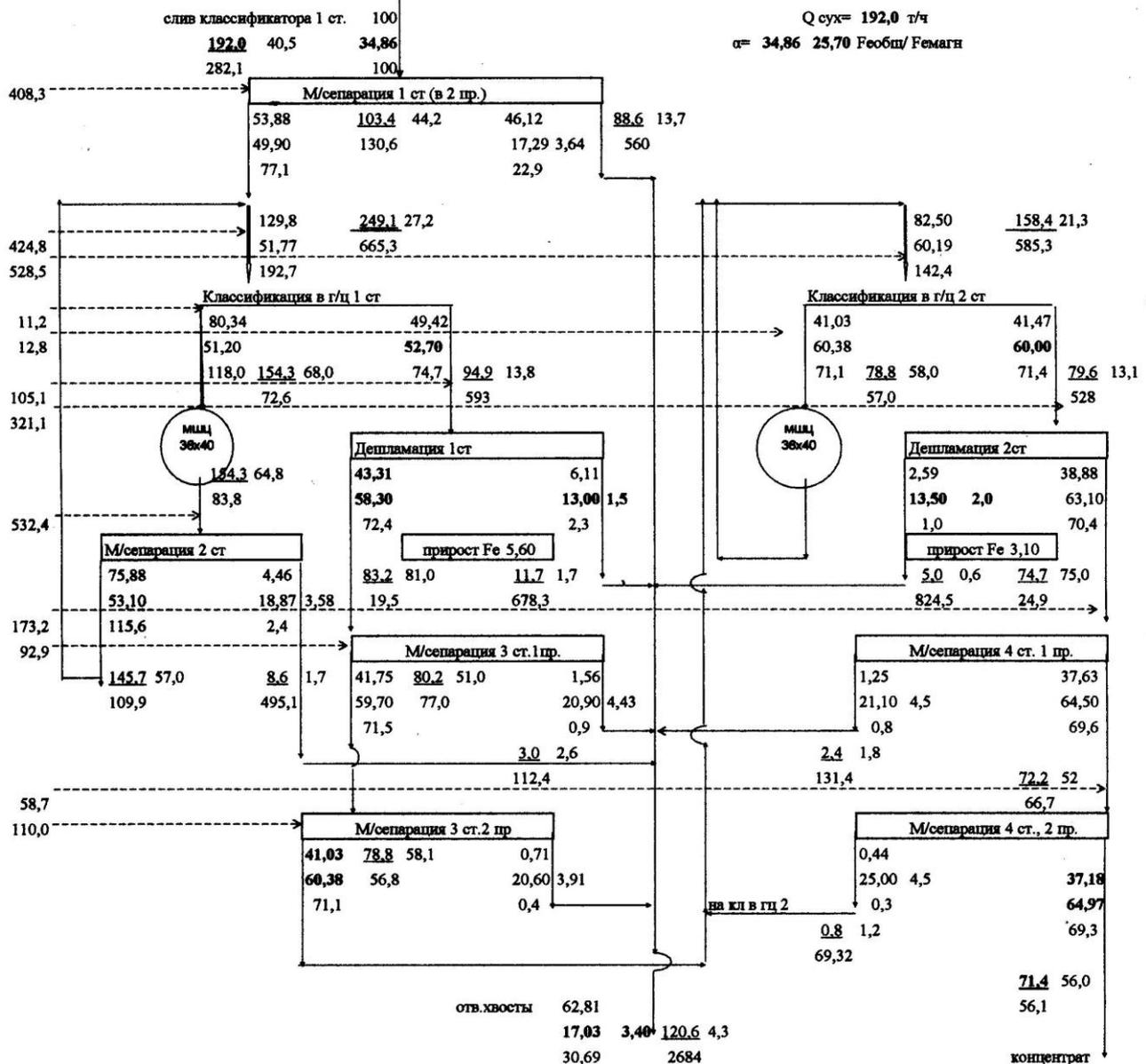


Рис. 2. Новая технология СевГОК, РОФ-2 – модернизация дешламации (МД в МГС)

Аналогичным образом выполнялись интерполяция и расчеты технологических схем обогащения для других фабрик, которые показали, что в результате мероприятия модернизации дешламации (переоснащения МД в МГС), за счет снижения содержания железа в хвостах, будет получено повышение выхода концентрата примерно на 0,4% (не менее, чем на 0,35% – ИнГОК), при сохранении плановых показателей качества концентрата и производительности по руде.

Выводы

Магнитные гидросепараторы МГС выполняются на базе обычных дешламаторов МД и характеризуются наличием разветвленных магнитных систем из постоянных магнитов. Опыт эксплуатации МГС на ПГОКе и ЛГОКе показыва-

Магнітна і електрична сепарація

ет, что эти аппараты без снижения прироста содержания железа в песках обеспечивают снижение содержания железа в сливе: общего на 3-4%, магнитного на 1-2%. По сравнению с МД крупность слива МГС выше, чем крупность песков. Для МГС характерна повышенная плотность песков и устойчивость показателей при изменении плотности питания. Оценка эффективности мероприятия переоснащения МД в МГС показала, что за счет использования МГС выход концентрата возрастает на 0,35-0,48% (при одинаковом приросте в операции МД и МГС, за счет более чистых по содержанию Fe отходов МГС), при этом эксплуатационные расходы на МД и МГС одинаковы.

Список литературы

1. Надутый В.П., Чельшкіна В.В. Опыт обогащения смешанных железных руд на основе способа магнитной гидросепарации // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2003. – № 2. – С. 79-81.
2. Щаденко А.А., Чельшкіна В.В., Усов О.А. Операция магнитной гидросепарации в технологии обогащения магнетитовых кварцитов // *Обогащение руд*. – 2002. – № 4. – С. 12-14.
3. Открытие №72 "Закономерность разделения частиц измельченной железной руды в токопроводящих жидкостях" / В.А. Чумаков, В.П. Мартыненко, В.Ф. Бадагов и др. (Украина); Академия естественных наук России, Международная Ассоциация авторов научных открытий, Ассоциация авторов научных открытий Украины; М. – Днепропетровск – Комсомольск; Зарег. 20.05.98; Приоритет 05.04.89. – 56 с.
4. Особенности гидродинамики магнетитовых флокул в условиях магнитно-гидравлического разделения тонких железорудных пульп / А.А. Щаденко, В.Е. Вигдергауз, В.В. Чельшкіна и др. // *Горный журнал*. – 2003. – № 1. – С. 36-38.

© Надутый В.П., Чельшкіна В.В., 2013

*Надійшла до редколегії 14.02.2013 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н. Л.М. Васильєвим*