

(19) **KG** (11) **290** (13) **C2**(51)⁷ **C 22 B 11/00, 3/24**

ГОСУДАРСТВЕННОЕ АГЕНТСТВО
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
ПРИ ПРАВИТЕЛЬСТВЕ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ (КЫРГЫЗПАТЕНТ)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

к патенту Кыргызской Республики

(21) 960363.1

(22) 20.03.1996

(31) 9300987

(32) 21.09.1993

(33) BE

(46) 30.09.2000, Бюл. № 3

(86) PCT/EP 94/03091 (15.09.1994)

(71)(73) Ю Эм Инжиниринг С.А. (BE)

(72) Харвей Сара, Ван Льерде Андре, Луи Пьер Эдуард (BE)

(56) Патент US № 4208378, 1980

Телегина Л.Е., Давыдова Л.А. Современное состояние сорбционной технологии извлечения золота из руд за рубежом, вып.2. - М., 1983. - С. 7

Меретуков М.А., Стрижко Л.С. Современное состояние производства золота за рубежом, вып. 5. - М., 1985. -31 с. Патент US № 3920403, 1975

(54) Способ элюирования драгоценных металлов, адсорбированных на активированном угле

(57) Изобретение относится к отделению золота и серебра от руды с помощью способа, в котором драгоценные металлы добываются как соединения с цианидом, который затем отделяется от раствора адсорбцией на активированном угле. Способ по изобретению обеспечивает уменьшение продолжительности и/или температуры элюирования драгоценных металлов, достигаемых за счет добавления восстановителя, например, моногидрата гидразина, борогидрида натрия, сернокислого гидразина, хлоргидрат гидраксиламина или формальдегида, в элюентный раствор. 6 н.п. 22 з.п. ф-лы, 9 ил. 3 табл.

Изобретение относится к отделению золота и серебра от руды с помощью способа, в котором драгоценные металлы добываются как соединения с цианидом, который затем отделяется от раствора адсорбцией на активированном угле. В частности, изобретение относится к способу элюирования золота и/или серебра, адсорбированных на активированном угле, путем прямого элюирования или путем элюирования с предварительным замачиванием, где указанное прямое элюирование включает в себя воздействие на уголь элюентным раствором, содержащим цианид и/или основание и, факультативно, органический растворитель в условиях, обеспечивающих, по меньшей мере, частичное десорбирование угля, с получением, таким образом, золотосодержащего и/или серебросодержащего элюата, а указанное элюирование с предварительным замачиванием включает в себя воздействие на уголь раствором для предварительного замачивания, содержащим цианид и/или основание и, факультативно, органический растворитель, с получением, таким образом, предварительно замоченного угля, более пригодного для элюирования, и использованного раствора для предварительного замачивания, и затем воздействие на

предварительно замоченный уголь водным или органическим элюентом в условиях, обеспечивающих, по меньшей мере, частичное десорбирование "угля, с получением, таким образом, золотосодержащего и/или серебросодержащего элюата, при этом присутствие цианида в элюентном растворе или в растворе для предварительного замачивания является обязательным в том случае, когда необходимо элюировать серебро.

В практике известны многие технологические пробы такого типа, в частности, Задра-процесс, Задра-процесс под давлением, и Задра-процесс с использованием органических растворителей, которых реализуется принцип прямого элюирования, а также технологические процессы AARL и Micron Research, в которых перед элюированием используется предварительное замачивание.

В Задра-процессе (Дж. Б. Задра (J.B. Zadra) и др. "Способ извлечения золота и серебра из активированного угля выщелачиванием и электролизом." - Питтсбург: Бюро горнодобывающей промышленности США, 1952. - Материалы исследований № 4843. - с. 32) элюентный раствор содержит приблизительно 10 г/л NaOH и 1 г/л NaCN, однако эти значения концентраций могут варьироваться от установки к установке. Температура элюирования варьируется между 80 и 97 °С, а длительность процесса варьируется между 48 и 70 часами. Преимуществом этого процесса является его реализация в условиях атмосферного давления при относительно умеренных температурах без использования каких-либо воспламеняющихся растворителей. Большим недостатком процесса является его чрезмерная продолжительность.

В Задра-процессе под давлением (Дж. Р. Росс (J.R. Ross) и др. "Десорбция золота из активированного угля под давлением". Ежегодная конференция общества горных инженеров АИМЕ. - Чикаго, 26.02 - 01.03.1973. - Доклад, 14 с.) температурный режим элюирования, превышающий 100 °С, и соответствующее давление позволяют сократить продолжительность цикла элюирования до 24 или даже до 10 часов. Однако и эта длительность элюирования все еще сравнительно велика.

Что касается Задра-процесса с использованием органических растворителей, нижеприводимые условия могут рассматриваться как идеальные:

Задра-раствор NaCN-NaOH для элюирования с 20 % об. спирта, например, этанола, продолжительность от 6 до 8 часов, температура от 80 до 90 °С (см. патент US № 4208378, кл. C01G 3/00, 17.06.1980.; и Х. Дж.Хейнен (H.J. Heinen) и др. "Десорбция золота из активированного угля щелочным спиртовым раствором". / Под ред. А. Вайса (A. Weiss) Современные технологии в горнорудной и металлургической промышленности, т. 1, гл. 33. АИМЕ. - Нью-Йорк, с. 551-564). В этом процессе замещение этанола менее воспламеняющимся гликолем сопровождается ощутимым увеличением продолжительности элюирования (Дж. Л. Фаст (J.L. Fast) "Десорбция гликолем: работоспособный вариант для извлечения золота из угля." - Горно-инженерный журнал, 1987 - С. 48-49). К числу других растворителей, которые могут быть использованы, принадлежат ацетон и ацетонитрил (Ф. Эшпиль (F. Espiell) и др. "Десорбирование золота из активированного угля разведенными NaOH - органическими сольвентными смесями." - Гидрометаллургия, 19, с. 321-323).

В процессе AARL уголь замачивается в течение 30 минут в растворе, содержащем 2-3 % NaCN и 2 % NaOH, а само элюирование осуществляется с помощью мягкой воды особо высокого качества при 110 °С. Полный цикл занимает от 10 до 11 часов (Р. Дж. Девидсон (R.J. Davidson) и др. "Десорбирование золота из активированного угля деионизированной водой". - Журнал Южно-Африканского института минералогии и металловедения, №12. - 1977. - С. 254-261 и Р. Дж. Девидсон и др. "Дальнейшие исследования десорбции золота из активированного угля с использованием воды в качестве элюента". - Журнал Южно-Африканского института минералогии и металловедения, № 19. - 1979. - С. 437-495).

В процессе Micron Research уголь предварительно замачивают в растворе, содержащем 5 % NaCN и 1 % NaOH (объем от 0.5 до 1 высоты слоя), после чего добавляют чистый метанол (объем 0.5 высоты слоя), который прогоняют в режиме дефлегмации через слой угля для элюирования золота (Д. М. Мюир (D.M. Muir) и др. "Элюирование золота из углерода методикой дистилляции растворителя Micron". Гидрометаллургия, № 14. - 1985. - С. 151-169).

Другие известные способы прибегают к использованию элюентных растворов и растворов для предварительного замачивания типа NaCN-NaOH с низким содержанием спирта, например, 3 % (см. патент US № 4968346, кл. C22B 11/04, 1990 и EP № 0010367, кл. C22B 3/00, 11/04, 15/12, 23/04, 1980).

Очевидным является желание добиться сокращения продолжительности и/или снижения температурного режима элюирования в каждом из указанных технологических процессов.

Целью изобретения является создание способа, определенного выше, который удовлетворял бы поставленным требованиям.

Для достижения поставленной цели, по изобретению, при работе в цикле прямого элюирования соответствующее количество соответствующего восстановителя добавляется в элюентный раствор или в часть этого раствора так, чтобы придать указанному раствору или указанной его части такой уровень восстановительной активности, чтобы потенциал элюата был, по меньшей мере, на 50 мВ, предпочтительно на 150 мВ, ниже величины контрольного (опорного) потенциала, за который принимается потенциал, измеряемый в элюате, получаемом без добавления указанного восстановителя в исходный элюентный раствор, а при работе в цикле элюирования с предварительным замачиванием соответствующее количество соответствующего восстановителя добавляется в раствор для предварительного замачивания таким образом, чтобы придать указанному раствору такой уровень восстановительной активности, чтобы потенциал использованного раствора для предварительного замачивания был, по меньшей мере, на 100 мВ, предпочтительно на 250 мВ, ниже величины контрольного (опорного) потенциала, за который принимается потенциал, измеряемый в использованном растворе для предварительного замачивания, получаемом без добавления указанного восстановителя в исходный раствор для предварительного замачивания.

Заявителю удалось установить, что в действительности существенное увеличение восстановительной способности, как это изложено выше, элюентного раствора и раствора для предварительного замачивания, использовавшихся в современной технологической практике, заметно повышает кинетику элюирования золота и серебра, как это будет показано ниже.

Способ по изобретению может быть, таким образом, легко реализован на установках, где используются известные на сегодня технологии. Например, при необходимости реализации способа по изобретению на существующей установке, работающей на Задра-технологии, где элюирование осуществляется, к примеру, раствором с 20 г/л NaOH и 3 г/л NaCN при 90 °С, достаточно измерить потенциал элюата и затем определить характер и количество восстановителя, который следует добавить в элюентный раствор для падения потенциала элюата на, по меньшей мере, 50 мВ, и продолжать эксплуатацию установки на элюентном растворе с увеличенной восстановительной способностью в технологических режимах, конечно, учитывающих увеличенную восстановительную способность элюентного раствора. Само собой разумеется, что потенциал элюата должен всегда измеряться при одной и той же температуре, например, при 20 °С, и при одной и той же величине pH. Под термином "потенциал", используемым здесь, следует подразумевать окислительно-восстановительный потенциал.

В качестве восстановителя могут использоваться борогидрит натрия, серноокислый гидразин, хлоргидрат гидроксилamina и формальдегид. Однако предпочтение отдается гидразину, который обычно выпускается в форме моногидрата, поскольку этот реактив дает наилучшие результаты, как это видно по серии сравнительных испытаний, результаты которых изложены в нижеприводимой таблице 1. Эти испытания осуществлялись для угля, насыщенного в лабораторных условиях 0.4 % золота, в условиях, имитирующих загрузку в Задра-процессе, а именно 15 г угля на 100 мл раствора, содержащего 5 г/л NaCN, нагрев в режиме дефлегмации при перемешивании до 100 °С, выдержка в течение 1 часа, начиная с момента закипания, с однократным введением всей порции указанного реактива в начале испытания.

Таблица 1

Сравнение различных восстановителей

Испыт. №	NaCN, г/л	Другой реактив			Выход Au, %
		Название	Формула	Содержание, г/л	
1	5				20.1
2	5	Моногидрат гидразина	$N_2H_4 \cdot H_2O$	0.5	39.4
3	5	- '- -		1.0	46.2

4	5	Борогидрид натрия _“_	NaBH_4	5	36.4
5	5			1	31.3
6	5	Сернокислый Гидразин	$\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{SO}_4$	1	22.4
7	5	_“_		5	29.8
8	5	Хлоргидрат Гидроксиламина	$\text{H}_2\text{NOH} \cdot \text{HCl}$	5	30.6
9	5	_“_		1	21.2
10	5	Формальдегид	HCHO	1	14.8
11	5	_“_		5	26.2
12	0	Гидроксид натрия	NaOH	5	15.6

Вообще прямое элюирование выполняется пропусканием соответствующего количества объемов "по высоте слоя" элюентного раствора через слой угля, подлежащего десорбционной обработке и содержащегося в колонке, и сбором элюата на выходе из этой колонки, как это обычно осуществляется в известных в практике технологических процессах прямого элюирования. При работе в таком цикле может оказаться полезным уменьшать концентрацию восстановителя в элюентном растворе в функциональной зависимости от времени и, возможно, исключить добавление восстановителя в заключительных порционированных объемах растворителя, имея в виду конечную цель снижения расхода восстановителя. Может также оказаться полезным рециклировать порции элюата, имеющие низкое содержание золота и/или работоспособное содержание восстановителя, имея в виду возможное дополнительное сокращение расхода восстановителя и получение элюата с более высоким содержанием золота. Однако может также оказаться целесообразным повысить концентрацию восстановителя в элюентном растворе в функциональной зависимости от времени и, возможно, исключить добавление восстановителя в начальных порционированных объемах растворителя, особенно в случае, когда важно, чтобы элюат всегда имел в существенной степени один и тот же уровень содержания драгоценных металлов. Температура элюентного раствора также может быть повышена в функциональной зависимости от времени для той же цели, факультативно в комбинации с увеличением концентрации восстановителя.

При работе в цикле прямого элюирования, когда обрабатываемый уголь содержит золото, но не содержит серебра, может использоваться элюентный раствор, содержащий кроме восстановителя, только небольшое количество OH^- , предпочтительно не более, чем 4.25 г/л OH^- , в форме NaOH , KOH или эквивалентного основания;

однако может оказаться полезным добавить в этот раствор небольшое количество CN^- , предпочтительно не более, чем 2.70 г/л CN^- , в форме NaCN , KCN или эквивалентного цианида.

Когда подлежащий обработке уголь содержит золото и серебро, возможно использование элюентного раствора, содержащего, кроме восстановителя, только некоторое количество CN^- , составляющее, по меньшей мере, 1.00 г/л, и некоторое количество OH^- , не превышающее 4.25 г/л, с предпочтительным содержанием CN^- и OH^- , соответственно, 2.65 и <2.13 г/л.

Следует, однако, заметить, что в целях безопасности величина pH в присутствие цианидов должна равняться, по меньшей мере, 9.

Когда элюентный раствор содержит цианид, особенно, >2.65 г/л CN^- , серебро обычно элюируется легче, чем золото, т.е. при более низкой температуре и/или с использованием элюентного раствора с меньшей величиной восстановительной способности. Поэтому возможно осуществлять элюирование золота и серебра избирательно за счет регулирования величины восстановительной способности и/или температуры элюентного раствора в функциональной зависимости от времени таким образом, чтобы собирать большую часть серебра в начальных порционированных объемах элюента, и большую часть золота в остальных порционированных объемах элюента. Это облегчит последующее извлечение этих металлов, например, извлечение серебра в форме Ag_2S , и извлечение золота в форме осадка на катоде.

Избирательное элюирование серебра может факультативно выполняться без добавления восстановителя в элюентный раствор.

Когда подлежащий обработке уголь содержит оксидные примеси и/или радикалы, может оказаться полезным, прежде всего "нейтрализовать" эти включения с помощью недорогого

восстановителя, например, формальдегида или сульфита натрия, перед осуществлением элюирования и предварительного замачивания раствором, содержащим более дорогостоящий восстановитель, такой как моногидрат гидразина.

В первом варианте осуществления способа по изобретению используется стандартный NaCN-NaOH элюентный раствор Задра-типа, в который добавляется от 0.05 до 10 г/л, предпочтительно 0.1-1 г/л моногидрата гидразина, и элюирование осуществляется под давлением при температуре 110-130 °С.

Во втором варианте осуществления способа по изобретению используется раствор по первому варианту, однако элюирование осуществляется при атмосферном давлении при температуре 40-100 °С, и наиболее предпочтительно при 80-100 °С.

В третьем варианте осуществления способа по изобретению используется NaCN-NaOH-спиртовой (этаноловый, бутаноловый и т.п.) элюентный раствор Задра-типа с органическими растворителями, в который добавляется от 0.05 до 10 г/л, предпочтительно 0.1-0.5 г/л моногидрата гидразина, и элюирование осуществляется при 80-90 °С.

В указанных трех вариантах осуществления концентрация гидразина в элюентном растворе может варьироваться в функциональной зависимости от времени, и добавление гидразина может факультативно исключаться либо в исходных порционированных по высоте слоя объемах растворителя, либо в его заключительных объемах.

В четвертом варианте осуществления способа по изобретению используется NaCN-NaOH-раствор для предварительного замачивания AARL-типа или Micron Research-типа, в который добавляется 5-20 г/л моногидрата гидразина, и предварительное замачивание и элюирование осуществляются в соответствии с технологией AARL или Micron Research.

Следует отметить, что присутствие гидразина в элюате не препятствует последующему извлечению золота налипанием его на порошок цинка, но, напротив, позволяет ограничить расход порошка цинка.

Альтернативная форма осуществления способа по изобретению заключается в том, что вместо добавления восстановителя в элюентный раствор или в раствор для предварительного замачивания, элюирование или предварительное замачивание осуществляется в катодном отделении электролизной ванны, содержащей диафрагмы, где восстановительный потенциал, равный потенциалу, создаваемому указанным добавлением, обеспечивается регулированием интенсивности тока, проходящего через указанную ванну.

Преимущества способа по изобретению далее иллюстрируются описанием двух серий сравнительных испытаний раствора периодической подачи. Эти испытания основаны на стандартной ACIX тест-методике, традиционно используемой в ЮАР для определения пригодности насыщенного угля для обработки элюированием в промышленной Задра-установке. Эта тест-методика заключается в том, что 1 г насыщенного угля подвергается выщелачиванию при 100 °С в режиме дефлегмации в течение одного часа с помощью 200 мл раствора, содержащего 5 г/л NaCN.

Все испытания выполнялись с промышленным углем, насыщенным 0.445 % золота и 0.37 % серебра.

В первой серии испытаний кинетика элюирования золота и серебра определялась с использованием стандартного раствора с содержанием 5 г/л NaCN, раствора, содержащего 5 г/л NaCN и 0.5 г/л $N_2H_4 \cdot H_2O$, и раствора, содержащего 5 г/л NaCN и 0.2 г/л $N_2H_4 \cdot H_2O$. Уголь и раствор нагреваются вместе в режиме дефлегмации, и продолжительность испытаний отсчитывается от момента достижения точки кипения.

Рабочие условия и результаты этих испытаний приведены в таблице 2.

Таблица 2

Испытания, имитирующие Задра-процесс

Масса угля, г	Продолжительность, мин	Элюентные растворы			Выход	
		Объем, мл	NaCN, г/л	$N_2H_4 \cdot H_2O$, г/л	Au, %	Ag, %
1	10	200	5	0	37.5	63.4
	20				44.8	71.1
	30				61.7	82.5

	40				59.6	84.4
	50				64.4	90.1
	60				77.0	91.4
	90				80.2	100
1	10	200	5	0.5	71.7	87.6
	15				74.4	93.9
	20				82.8	93.9
	30				87.6	98.3
	40				92.8	100
	60				97.6	100
1	10	200	5	0.2	57.0	81.2
	20				64.9	87.6
	30				72.3	88.2
	40				87.6	97.7
	50				89.7	100
	60				98.6	100

Эти результаты четко показывают, что добавление гидразина существенно улучшает элюирование золота: после десятиминутного элюирования выход золота реально изменяется от 37.5 до 57.0 % и 71.7 %, соответственно, в зависимости от того, сколько составляла добавка моногидрата гидразина - 0.2 или 0.5 г/л; после 60 минут элюируется более 97.5 %, тогда как без гидразина выход золота не превышает 80.2 % после 90 минут.

В кинетике элюирования серебра также имеет место существенный выигрыш.

Во второй серии сравнительных испытаний определялось влияние добавки гидразина на стадии предварительного замачивания.

Предварительное замачивание выполнялось в течение 15 минут при температуре окружающей среды с использованием 75 мл раствора на 15 г угля. Элюирование затем выполнялось с помощью 100 мл раствора, содержащего 5 г/л NaCN, в течение 1 часа с кипением в режиме дефлегмации.

В таблице 3 приводятся рабочие режимы и результаты этих испытаний. В таблице они сравниваются с испытаниями способа прямого элюирования, без предварительного замачивания, с помощью раствора, содержащего 5 г/л NaCN.

Таблица 3

Испытания элюирования с предварительным замачиванием

Вес угля, г	15	15	15	15	15
Раствор для предварительного замачивания NaCN, г/л	нет	5.0	5.0	5.0	5.0
N ₂ H ₄ ·H ₂ O,		0.0	0.8	2.7	8.0
Элюирование					
Объем, мл	100	100	100	100 5.0	100
NaCN, г/л	5.0	5.0	5.0		5.0
Выход, % Au	15.2 51.9	16.2	20.4	30.9	50.5
Ag		53.2	59.1	69.3	85.5

Эти испытания показывают, что предварительное замачивание раствором, содержащим только цианид, не позволяет достичь сколько-нибудь существенного улучшения в показателях выхода золота и серебра. С другой стороны, когда раствор для предварительного замачивания также содержит моногидрат гидразина, элюирование становится все более продуктивным по мере увеличения концентрации N₂H₄ · H₂O.

Преимущества способа по изобретению дополнительно иллюстрируются изложением результатов пяти серий сравнительных испытаний элюирования на колонке.

Эти испытания выполнялись при следующих общих условиях:

- колонка с рабочим объемом 1 л (диаметр 66 мм, высота 292 мм);
- влажный уголь объемом 1 л;

- скорость прохождения раствора 2 л/ч, что соответствует двум объемам высоты слоя в час. Первая серия испытаний осуществлялась с промышленным углем, насыщенным 500 ‰ (промилле) Au и 620 ‰ Ag с помощью элюентного раствора, содержащего 10 г/л NaOH, 5 г/л NaCN и от 0 до 1 г/л моногидрата гидразина. Два испытания осуществлялись при атмосферном давлении при температуре около 85-100 °С, а два других выполнялись под давлением 1.4 бар при температуре около 106-110 °С, соответственно в отсутствие и в присутствии 1 г/л моногидрата гидразина.

Выход элюированием Au определялся как функция от числа порционированных по высоте слоя объемов раствора, и потенциал каждого порционированного объема элюата измерялся при 20 °С.

Изменение количества выхода Au при элюировании показано на фиг. 1, а изменение потенциала показано на фиг. 2.

Вторая серия испытаний выполнялась при атмосферном давлении при температуре около 81-99 °С с углем, насыщенным 3300 ‰ Au и 860 ‰ Ag, и с элюентным раствором, указанные для первой серии.

Определение выхода Au и измерение потенциала выполнялись, как и для первой серии испытаний; изменение количественного выхода Au показано на фиг. 3, а изменение потенциала показано на фиг. 4.

Третья серия испытаний выполнялась с промышленным углем, насыщенным 500 ‰ Au и 620 ‰ Ag, с помощью элюентного раствора с изменяемыми величинами содержания NaOH и NaCN и с содержанием моногидрата гидразина 0 или 1 г/л в ходе прохождения первых шести порционированных объемов раствора. Эти пять испытаний осуществлялись при атмосферном давлении при температуре около 85-100 °С. Величины выхода элюированием Au и Ag определялись как функция от числа порционированных по высоте слоя объемов раствора. Результаты испытаний показаны на фиг. 5 и 6.

Четвертая серия испытаний выполнялась с промышленным углем, насыщенным 3300 ‰ Au и 860 ‰ Ag. Элюирование осуществлялось при температуре около 80-95 °С при атмосферном давлении с помощью элюентного раствора с изменяемыми величинами содержания NaOH и NaCN и с содержанием моногидрата гидразина 0 или 2 г/л при прохождении первого порционированного объема и 3 г/л при прохождении последующих двух порционированных объемов раствора.

Величины выхода элюированием Au и Ag определялись так же, как и в третьей серии испытаний, и эти результаты показаны на фиг. 7 и 8.

Пятая серия испытаний выполнялась с промышленным углем, насыщенным 3500 ‰ Au и 850 ‰ Ag. Четыре испытания были проведены при атмосферном давлении: два при температуре около 50-75 °С, и еще два при температуре около 80-95 °С, с использованием элюентного раствора, содержащего 10 г/л NaOH, 5 г/л NaCN и содержащего 0 или 2 г/л моногидрата гидразина в ходе прохождения первого порционированного объема раствора и 3 г/л в ходе прохождения двух последующих порционированных объемов раствора.

Выход элюированием Au определялся как функция от числа порционированных по высоте слоя объемов раствора. Результаты показаны на фиг. 9.

Эти результаты еще раз иллюстрируют преимущества добавления моногидрата гидразина в элюентный раствор. Такое добавление более эффективно при пониженном температурном режиме, где восстанавливающая способность раствора выше. В присутствии серебра предпочтительно использовать элюентные растворы с низким содержанием NaOH, предпочтительно растворы с величиной pH около 9.

Формула изобретения

1. Способ элюирования адсорбированного на активированном угле золота методом прямого элюирования, включающий воздействие на уголь элюентным раствором, содержащим цианид и/или основание и, факультативно, органический растворитель в условиях, обеспечивающих, по меньшей мере, частичное десорбирование угля с получением золотосодержащего элюата, отличающийся тем, что в элюентный раствор или в часть это» раствора добавляют соответствующее количество соответствующего восстановителя таким образом, чтобы придать, указанному раствору или указанной части раствора такой уровень восстановительной активности, чтобы потенциал элюата был, по меньшей мере, на 50 мВ, предпочтительно на 150 мВ, ниже величины контрольного потенциала, за

который принимают потенциал, измеряемый в элюате без добавления указанного восстановителя в исходный элюентный раствор.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что в качестве восстановителя используются моногидрат гидразина, борогидрид натрия, сернокислый гидразин, хлоргидрат гидроксиламина или формальдегид.

3. Способ по п.2, отличающийся тем, что в нем используется раствор, не содержащий органических растворителей, и элюирование осуществляется при атмосферном давлении при 40-100 °С, предпочтительно при 80-100 °С.

4. Способ по п.1, отличающийся тем, что в нем используется элюентный раствор, содержащий 0.05-10 г/л, предпочтительно 0.1-1 г/л моногидрата гидразина.

5. Способ по п.4, отличающийся тем, что указанный активированный уголь содержит оксидные примеси и/или радикалы и что на указанный активированный уголь перед осуществлением прямого элюирования воздействуют восстановителем иным, нежели моногидрат гидразина.

6. Способ по п.5, отличающийся тем, что на указанный активированный уголь воздействуют раствором формальдегида или сульфата натрия.

7. Способ по п.1, отличающийся тем, что указанный активированный уголь в существенной степени свободен от серебра и что в нем используется элюентный раствор, содержащий, кроме восстановителя, только небольшое количество OH^- , предпочтительно не превышающее 4.25 г/л OH^- , в форме NaOH , KOH или эквивалентного основания.

8. Способ по п.7, отличающийся тем, что в элюентный раствор добавляется небольшое количество CN^- , предпочтительно не превышающее 2.70 г/л CN^- , в форме NaCN , KCN или эквивалентного цианида.

9. Способ по п.1, отличающийся тем, что указанный активированный уголь содержит золото и серебро и что в нем используется элюентный раствор, содержащий, кроме восстановителя, только небольшое количество OH^- , предпочтительно не превышающее 4.25 г/л в форме NaOH , KOH или эквивалентного основания и, по меньшей мере, 1.00 г/л CN^- в форме NaCN , KCN или эквивалентного цианида, причем предпочтительные уровни содержания составляют, соответственно, ≤ 2.13 г/л OH^- и ≥ 2.65 г/л CN^- .

10. Способ по п.9, отличающийся тем, что величина рН элюентного раствора, по меньшей мере, равняется 9.

11. Способ по п.1, отличающийся тем, что прямое элюирование выполняется пропусканием соответствующего количества элюентного раствора через слой угля, содержащегося в колонке, и сбором элюата на выходе из указанной колонки.

12. Способ по п. 11, отличающийся тем, что концентрация восстановителя в указанном элюентном растворе варьируется в функциональной зависимости от времени.

13. Способ по п. 12, отличающийся тем, что концентрация восстановителя в указанном элюентном растворе равна нулевой либо на начальной стадии, либо на заключительной стадии элюирования.

14. Способ элюирования адсорбированного на активном угле золота методом прямого элюирования, включающий воздействие на уголь элюентным раствором, содержащим цианид и/или основание и, факультативно, органический растворитель в условиях, обеспечивающих, по меньшей мере, частичное десорбирование угля с получением золотосодержащего элюата, отличающийся тем, что элюирование осуществляется в катодном отделении электролизной ванны, содержащей диафрагмы, где восстановительный потенциал, равный потенциалу, создаваемому указанным добавлением восстановителя, обеспечивается регулированием интенсивности тока, проходящего через указанную ванну.

15. Способ элюирования адсорбированного на активированном угле золота методом элюирования с предварительным замачиванием, включающий воздействие на уголь раствором для предварительного замачивания, содержащим цианид и/или основание и, факультативно, органический растворитель, с получением таким образом предварительно замоченного угля, более пригодного для элюирования, и использованного раствора для предварительного замачивания, отличающийся тем, что проводят воздействие на указанный предварительно замоченный уголь водным или органическим элюентом в условиях, обеспечивающих, по меньшей мере, частичное десорбирование указанного предварительно замоченного угля, с получением золотосодержащего элюата, при этом в указанный раствор для предварительного замачивания добавляют соответствующее количество соответствующего восстановителя таким образом, чтобы придать

указанному раствору такой уровень восстановительной активности, чтобы потенциал указанного использованного раствора для предварительного замачивания был, по меньшей мере, на 100 мВ, предпочтительно на 250 мВ, ниже величины контрольного потенциала, за который принимают потенциал, измеряемый в использованном растворе для предварительного замачивания, получаемом без добавления указанного восстановителя в исходный раствор для предварительного замачивания.

16. Способ по п. 15, отличающийся тем, что в качестве восстановителя используется моногидрат гидразина, борогидрид натрия, серноокислый гидразин, хлоргидрат гидроксилamina или формальдегид.

17. Способ по п. 16, отличающийся тем, что в нем используется раствор, не содержащий органических растворителей и элюирование осуществляется при атмосферном давлении при 40-100 °С, предпочтительно при 80-100 °С.

18. Способ по п. 15, отличающийся тем, что в нем используется элюентный раствор, содержащий 0.05-10 г/л, предпочтительно 0.1-1 г/л моногидрата гидразина.

19. Способ по п. 18, отличающийся тем, что указанный активированный уголь содержит окисные примеси и/или радикалы и что на указанный активированный уголь перед осуществлением предварительного замачивания воздействуют восстановителем иным, нежели моногидрат гидразина.

20. Способ по п. 19, отличающийся тем, что на указанный активированный уголь воздействуют раствором формальдегида или сульфата натрия.

21. Способ по п. 15, отличающийся тем, что указанный активированный уголь в существенной степени свободен от серебра и что в нем используется элюентный раствор, содержащий, кроме восстановителя, только небольшое количество OH^- , предпочтительно не превышающее 4.25 г/л OH^- , в форме NaOH , KOH или эквивалентного основания.

22. Способ по п.21, отличающийся тем, что в элюентный раствор добавляется небольшое количество CN^- , предпочтительно не превышающее 2.70 г/л CN^- , в форме NaCN , KCN или эквивалентного цианида.

23. Способ по п.15, отличающийся тем, что указанный активированный уголь содержит золото и серебро и что в нем используется элюентный раствор, содержащий, кроме восстановителя, только небольшое количество OH^- , предпочтительно не превышающее 4.25 г/л, в форме NaOH , KOH или эквивалентного основания и, по меньшей мере, 1.00 г/л CN^- в форме NaCN , KCN или эквивалентного цианида, причем, предпочтительные уровни содержания составляют, соответственно, ≤ 2.13 г/л OH^- и ≥ 2.65 г/л CN^- .

24. Способ по п.23, отличающийся тем, что величина pH элюентного раствора, по меньшей мере, равняется 9.

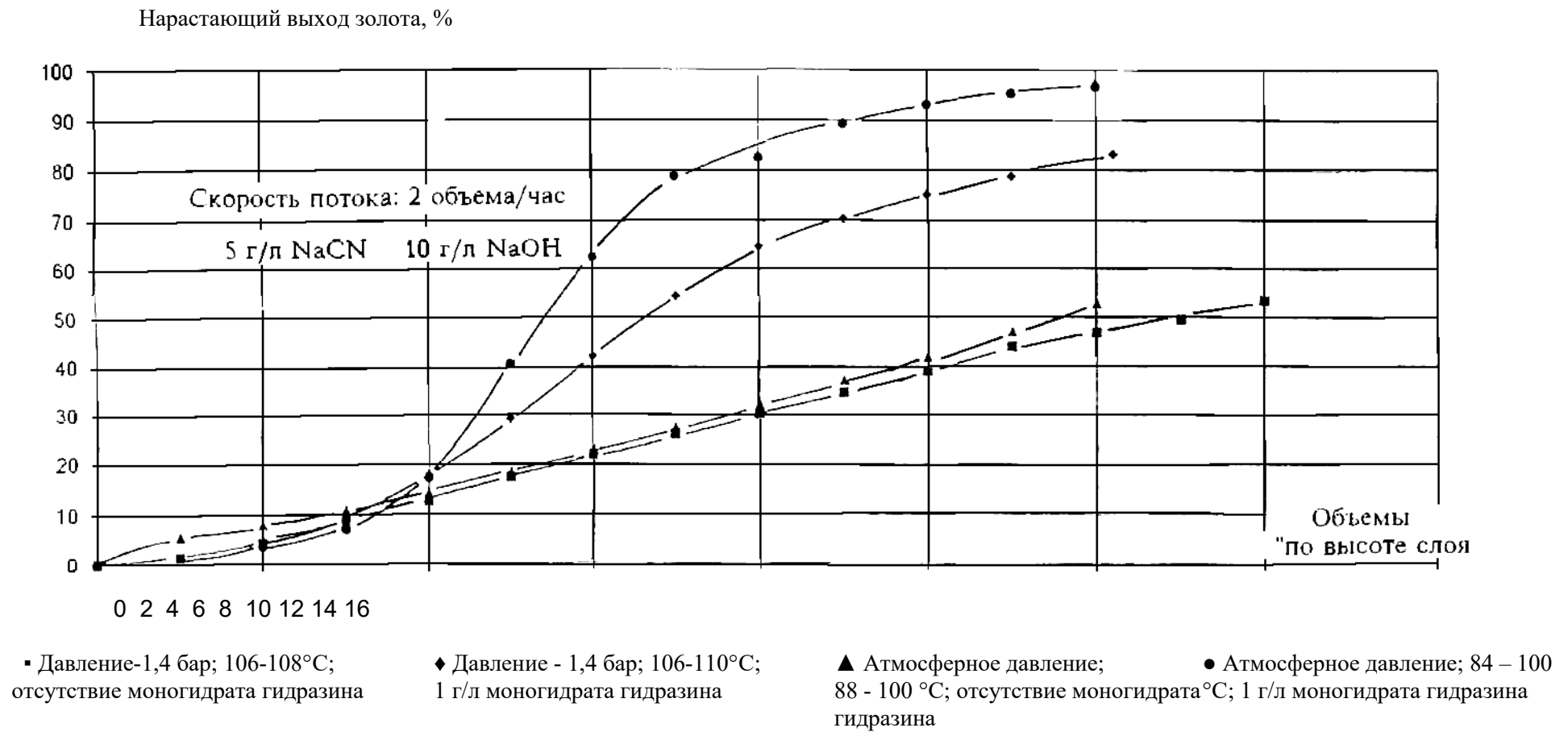
25. Способ по п.15, отличающийся тем, что в нем используется раствор для предварительного замачивания, содержащий 5-20 г/л моногидрата гидразина.

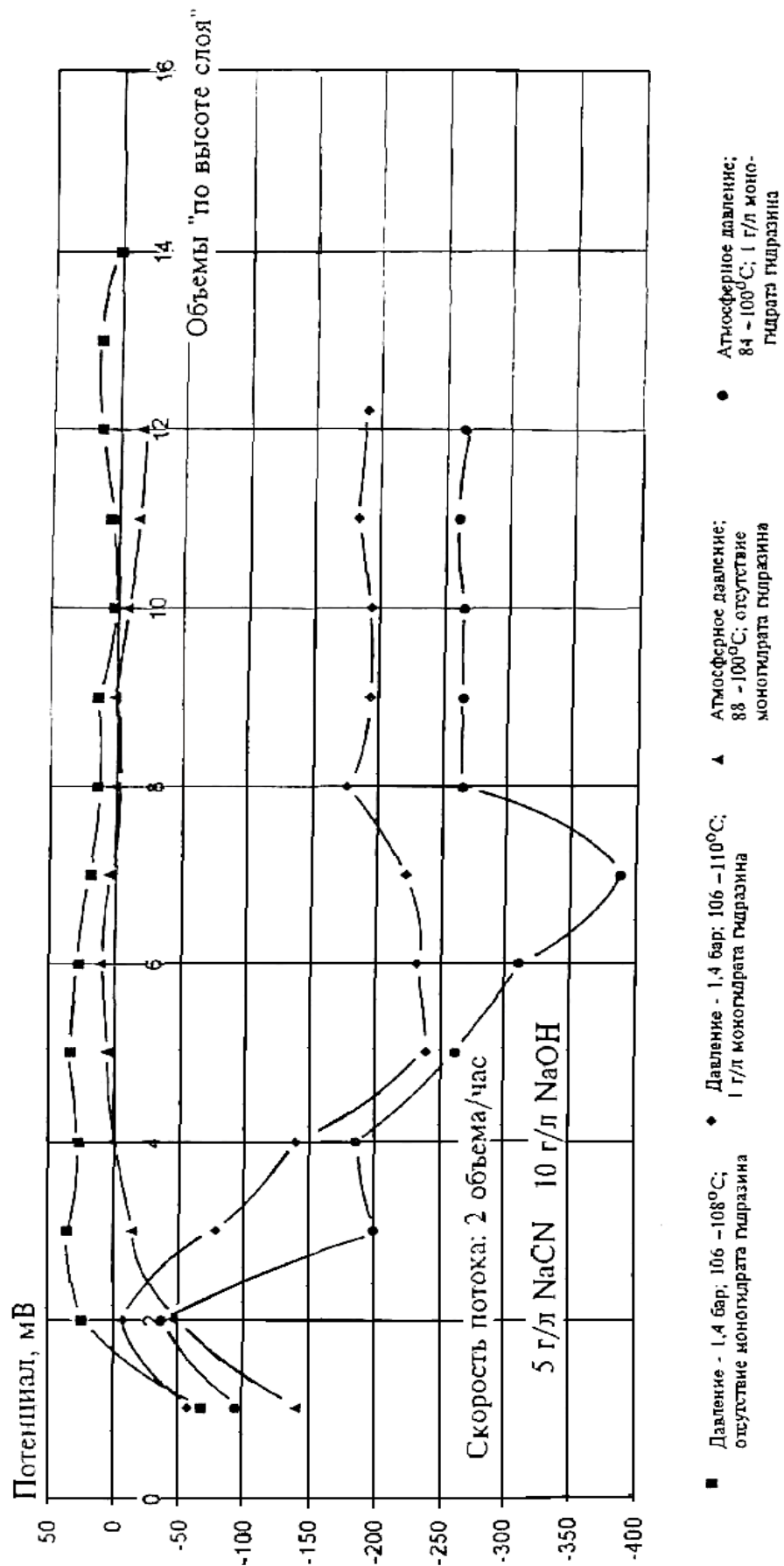
26. Способ элюирования адсорбированного на активированном угле золота методом элюирования с предварительным замачиванием, включающий воздействие на уголь раствором для предварительного замачивания, содержащим цианид и/или основание и, факультативно, органический растворитель, с получением таким образом предварительно замоченного угля, более пригодного для элюирования и использованного раствора для предварительного замачивания, отличающийся тем, что предварительное замачивание осуществляется в катодном отделении электролизной ванны, содержащей диафрагмы, где восстановительный потенциал, равный потенциалу, создаваемому указанным добавлением восстановителя, обеспечивается регулированием интенсивности тока, проходящего через указанную ванну.

27. Способ элюирования адсорбированного на активированном угле серебра методом прямого элюирования, включающий воздействие на уголь элюентным раствором, содержащим цианид и, факультативно, основание и/или органический растворитель в условиях, обеспечивающих, по меньшей мере, частичное десорбирование угля с получением серебросодержащего элюата, отличающийся тем, что в элюентный раствор или в часть этого раствора добавляют соответствующее количество соответствующего восстановителя таким образом, чтобы придать указанному раствору или указанной части раствора такой уровень восстановительной активности, чтобы потенциал элюата был, по меньшей мере, на 50 мВ,

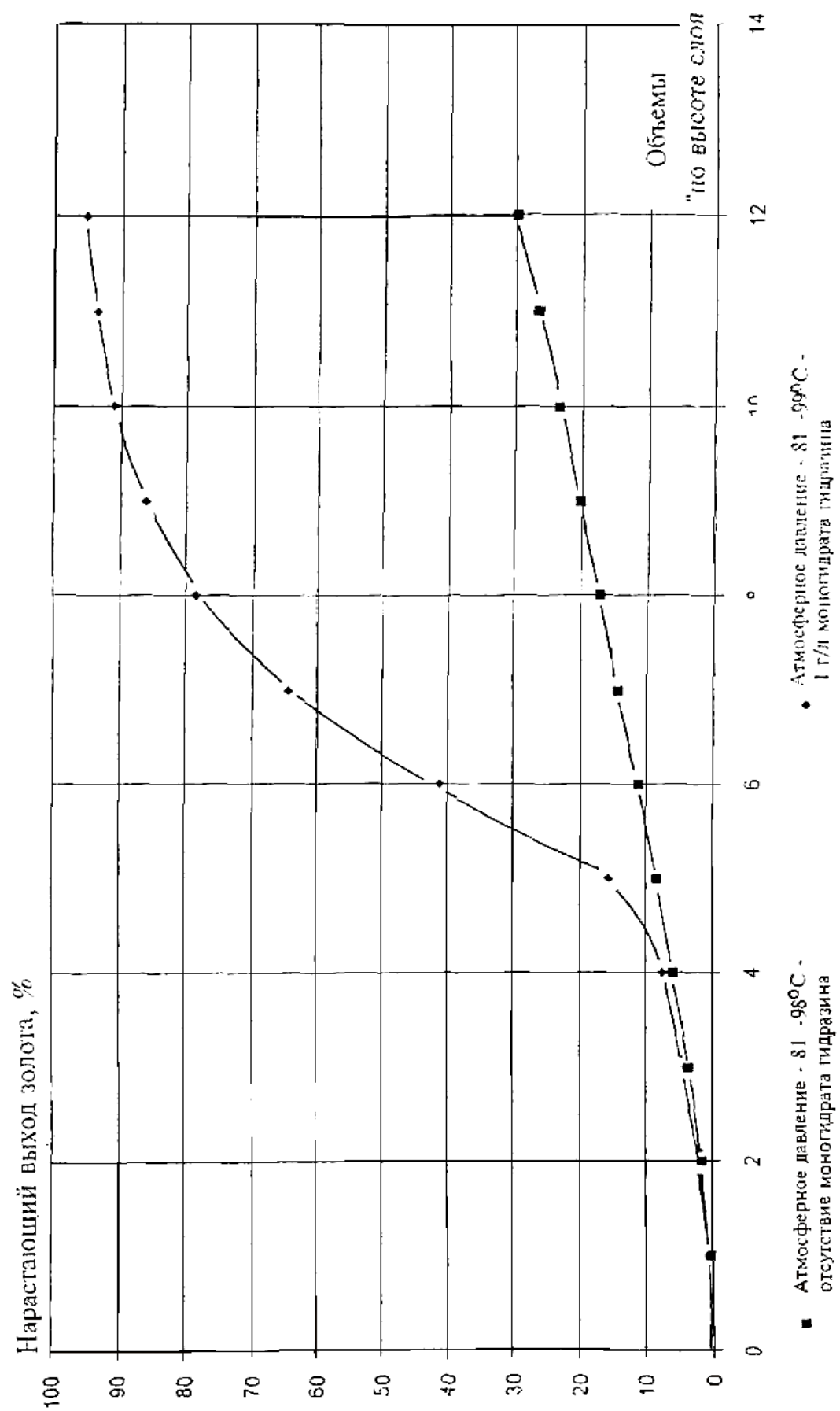
предпочтительно на 150 мВ, ниже величины контрольного потенциала, за который принимают потенциал, измеряемый в элюате, получаемом без добавления указанного восстановителя в исходный элюентный раствор.

28. Способ элюирования адсорбированного на активированном угле серебра методом элюирования с предварительным замачиванием, включающий воздействие на уголь раствором для предварительного замачивания, содержащим цианид и воздействие на указанный предварительно замоченный уголь водным элюентом, отличающийся тем, что проводят воздействие на уголь раствором для предварительного замачивания, содержащим цианид и, факультативно, основание и/или органический растворитель, с получением, таким образом, предварительно замоченного угля, более пригодного для элюирования, и использованного раствора для предварительного замачивания, осуществляют воздействие на указанный предварительно замоченный уголь водным или органическим элюентом в условиях, обеспечивающих, по меньшей мере, частичное десорбирование указанного предварительно замоченного угля с получением, таким образом, серебросодержащего элюата, при этом в указанный раствор для предварительного замачивания добавляют соответствующее количество соответствующего восстановителя таким образом, чтобы придать указанному раствору такой уровень восстановительной активности, чтобы потенциал указанного использованного раствора для предварительного замачивания был, по меньшей мере, на 100 мВ, предпочтительно на 250 мВ, ниже величины контрольного потенциала, за который принимают потенциал, измеряемый в использованном растворе для предварительного замачивания, получаемом без добавления указанного восстановителя в исходный раствор для предварительного замачивания.

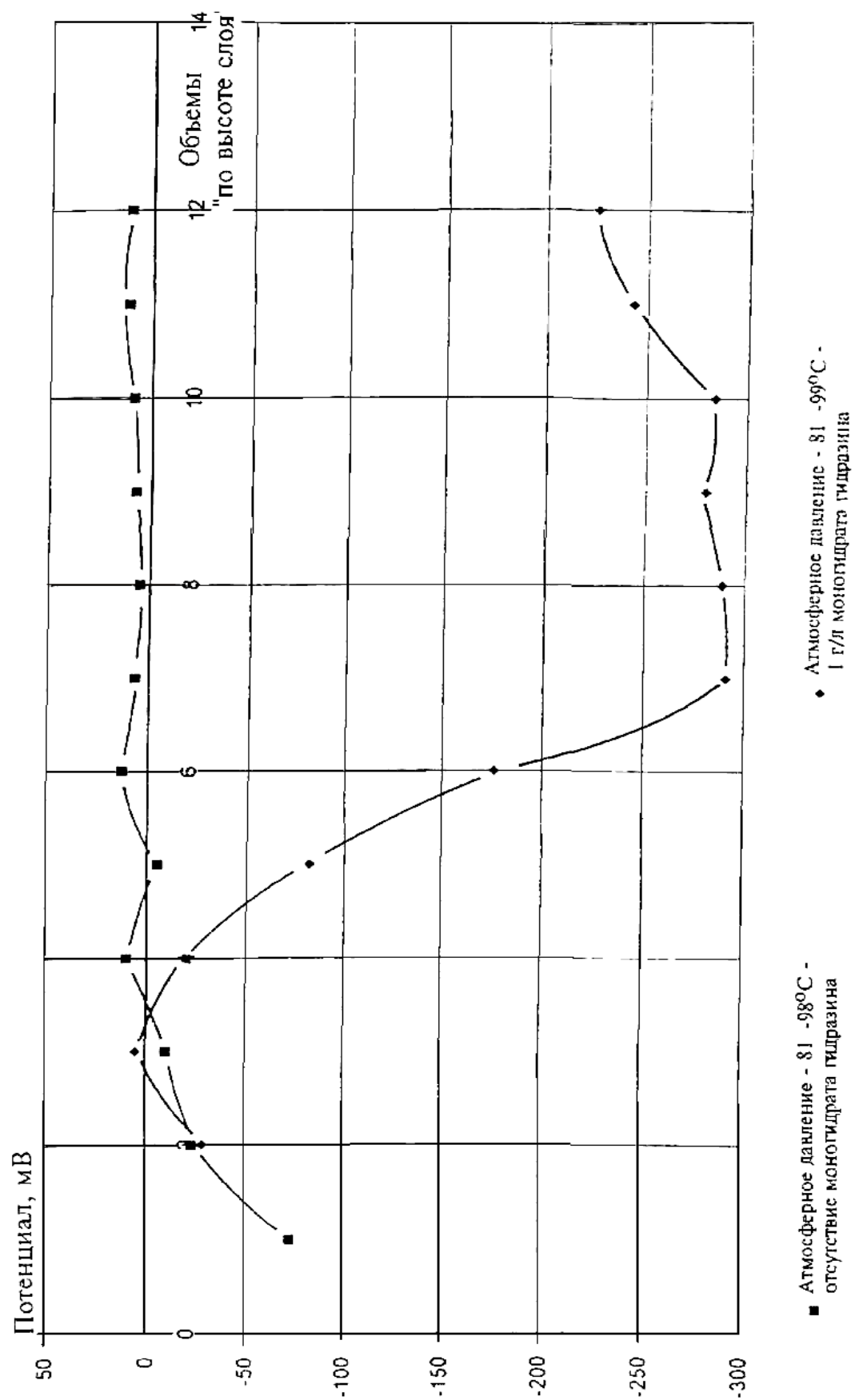




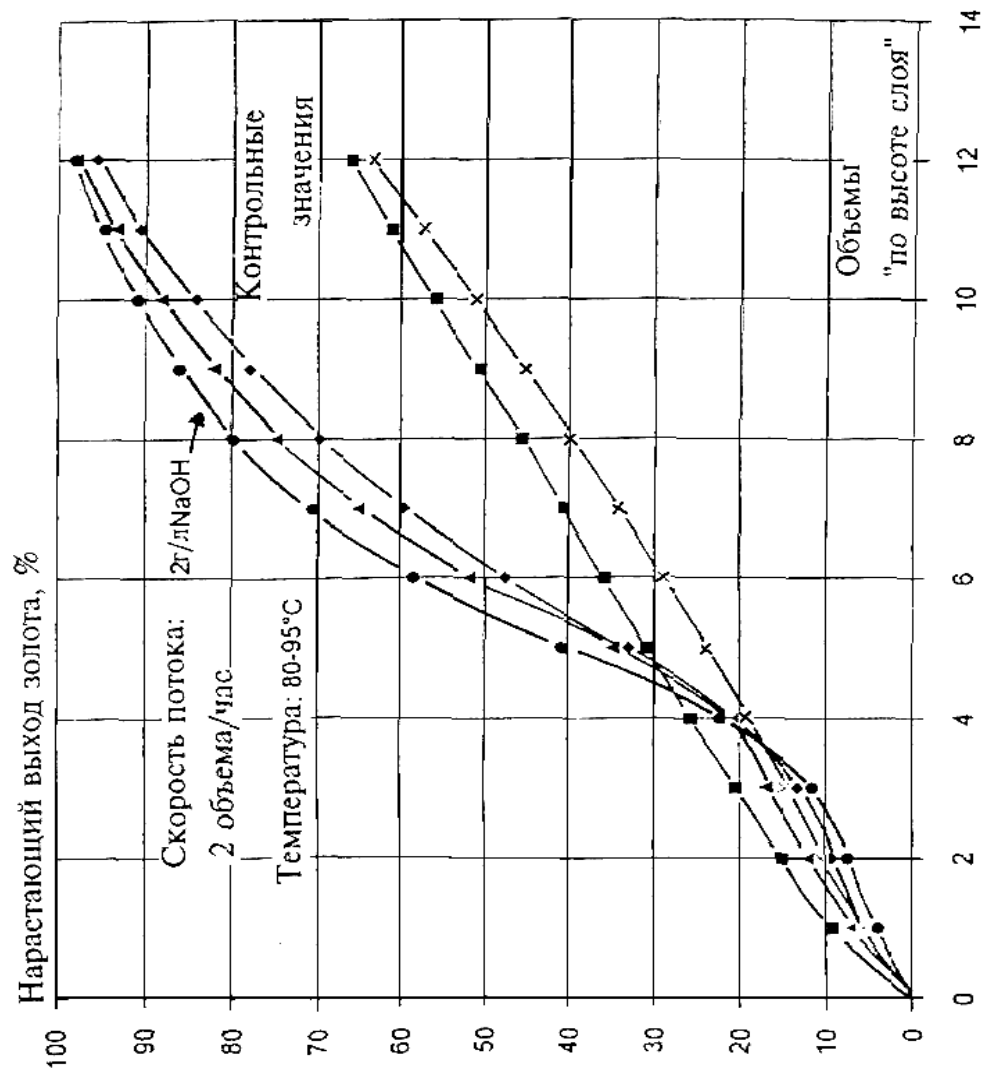
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



■ 5 г/л NaCN + 10 г/л NaOH

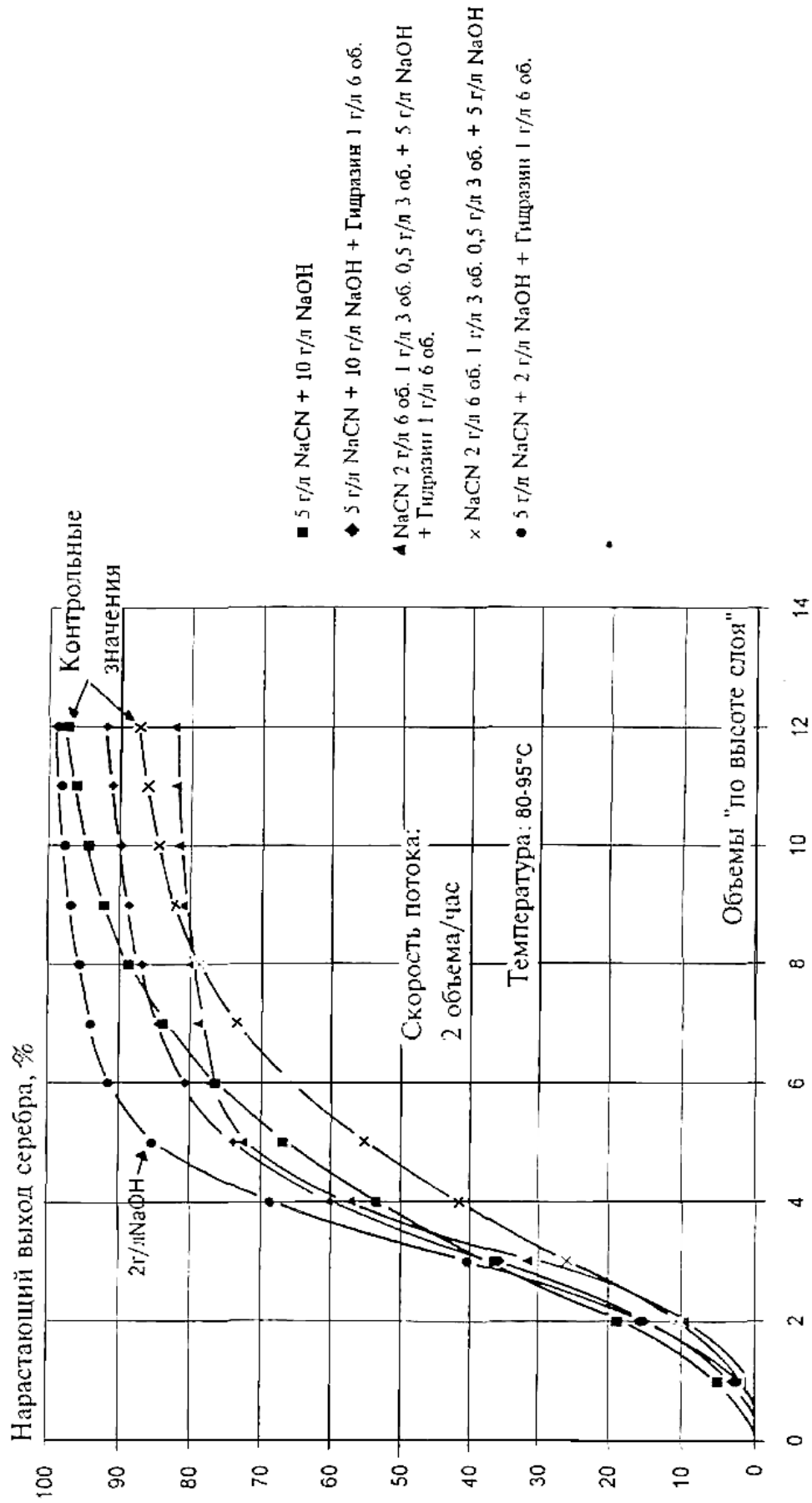
◆ 5 г/л NaCN + 10 г/л NaOH + Гидразин 1 г/л 6 об.

▲ NaCN 2 г/л 6 об. 1 г/л 3 об. 0,5 г/л 3 об. + 5 г/л NaOH + Гидразин 1 г/л 6 об.

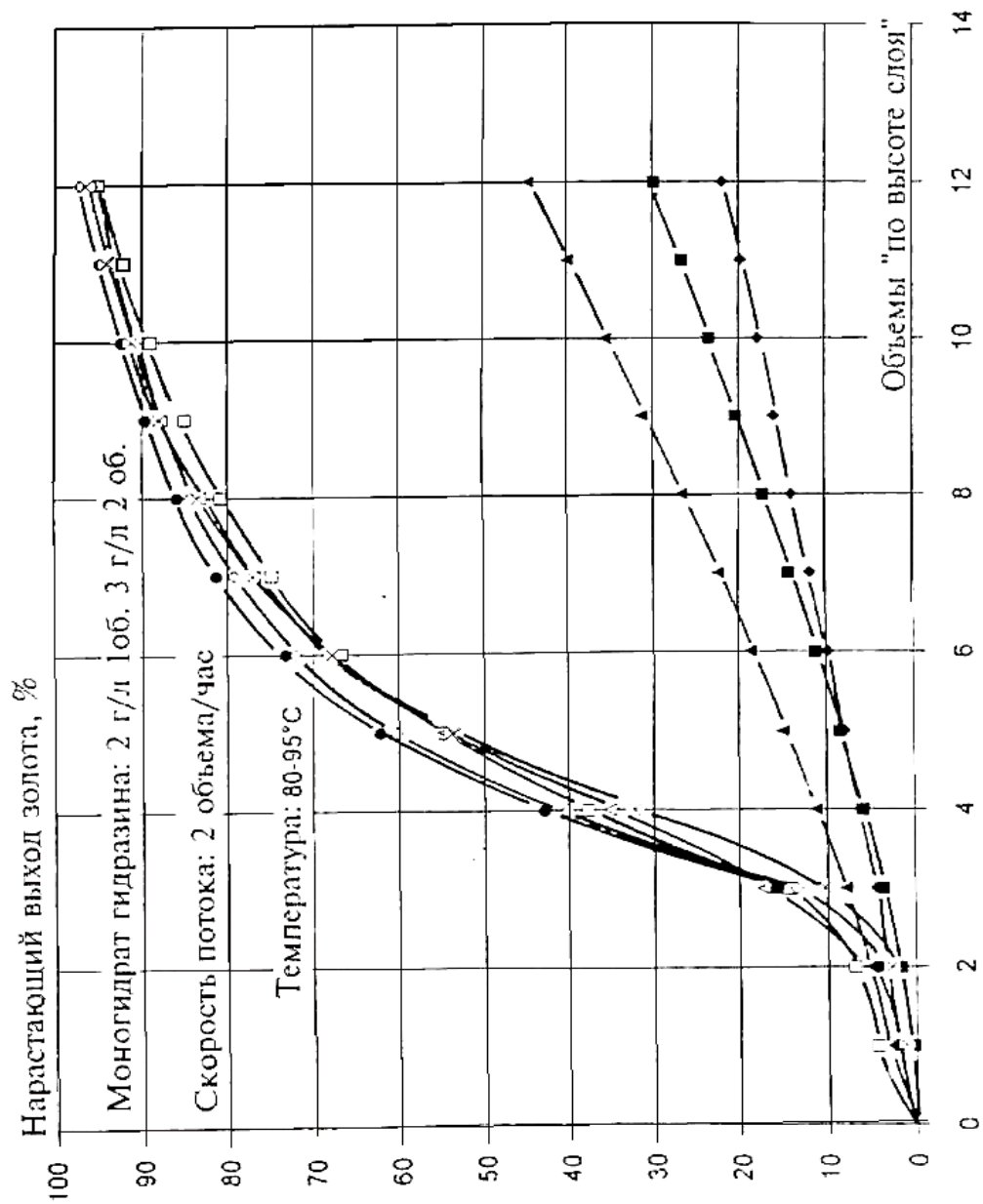
× NaCN 2 г/л 6 об. 1 г/л 3 об. 0,5 г/л 3 об. + 5 г/л NaOH

● 5 г/л NaCN + 2 г/л NaOH + Гидразин 1 г/л 6 об.

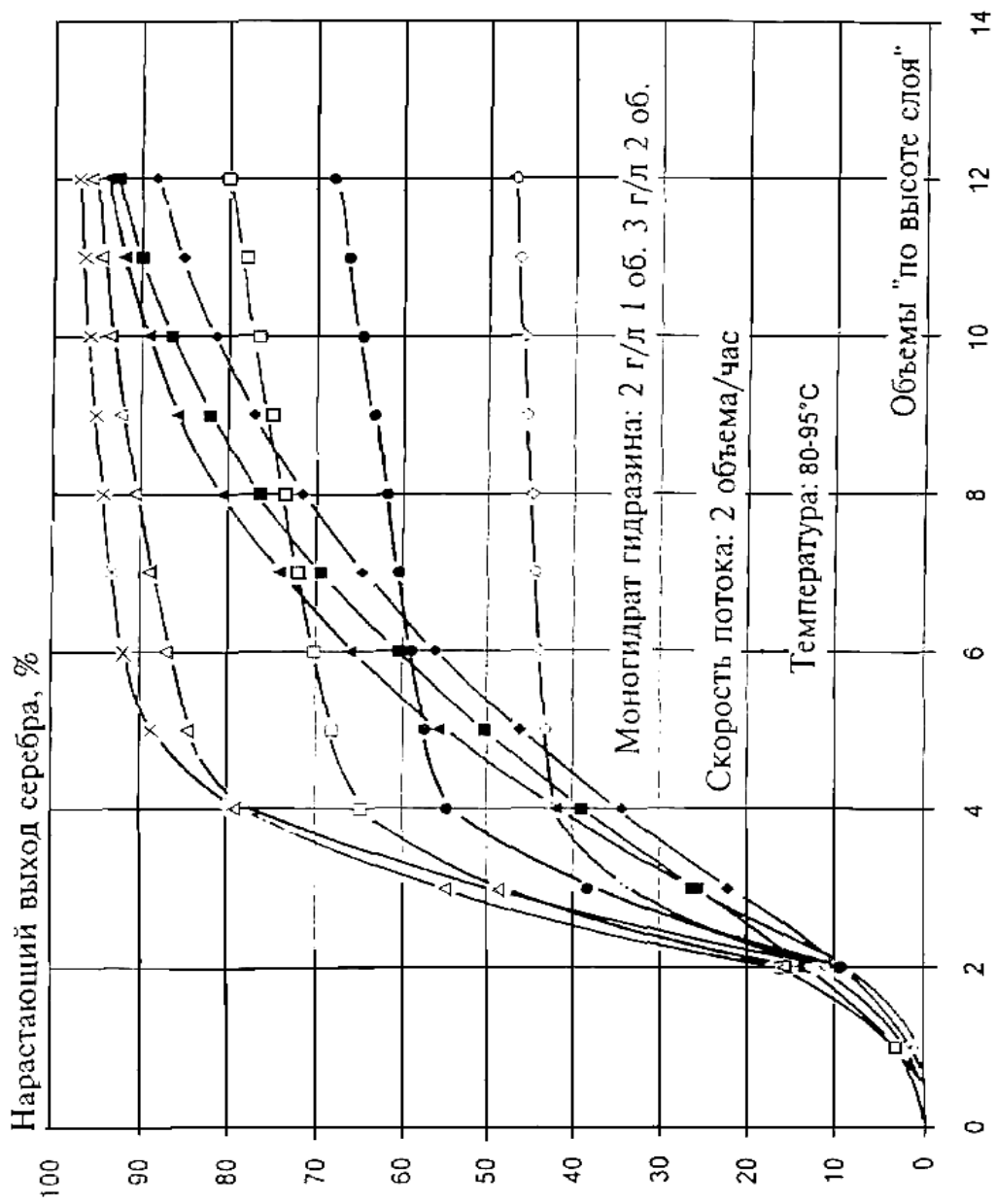
Фиг. 5



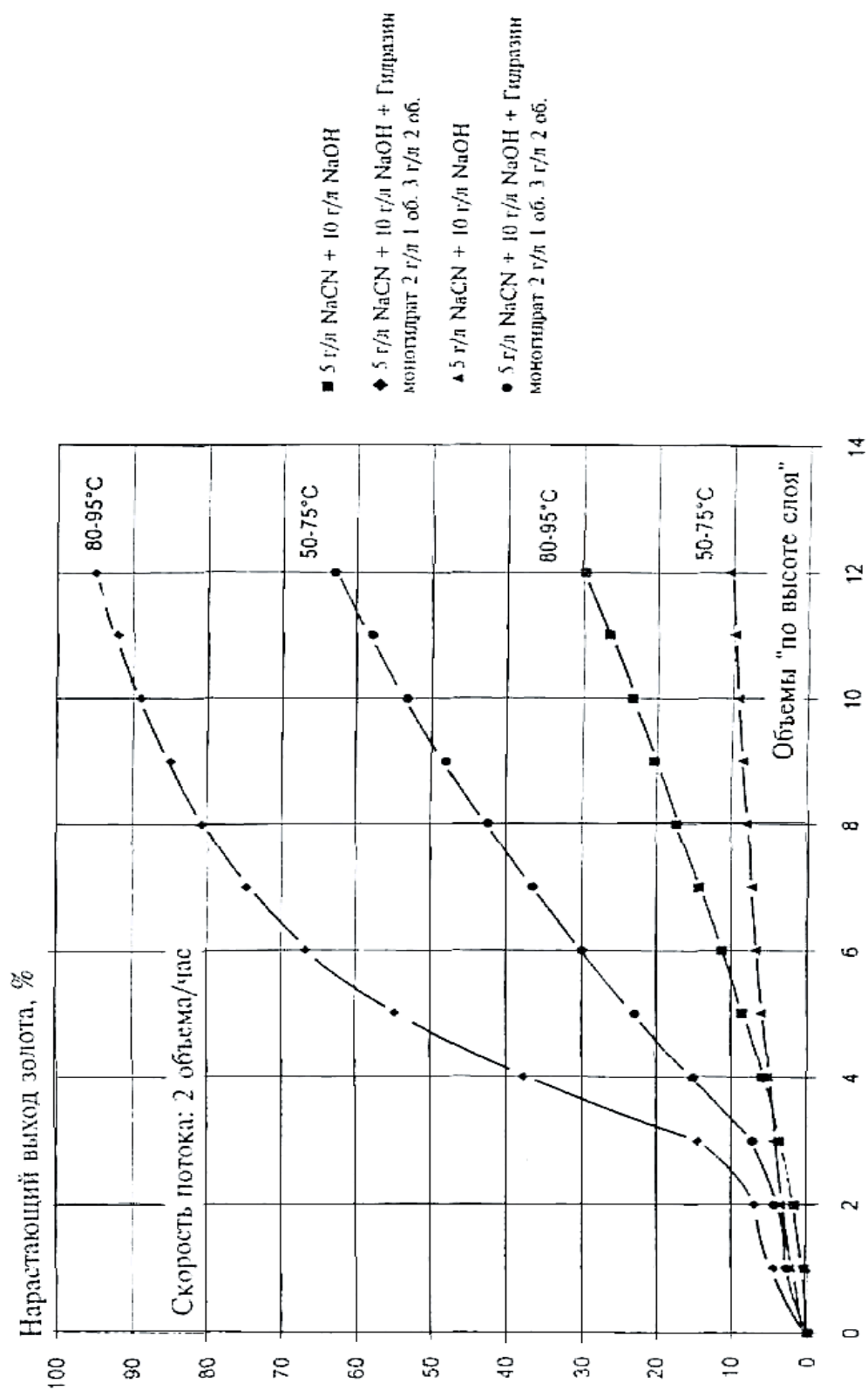
Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8



Фиг. 9

Составитель описания
 Ответственный за выпуск

Суртаева Э.Р.
 Арипов С.К.